

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Floristik  
in Schleswig-Holstein und Hamburg**

Herausgegeben von Prof. Dr. E.-W. Raabe

**Heft 13**

---

**Vegetationstypen der Küstendünen  
an der  
östlichen und südlichen Nordsee**

von

**Albert Heyken**

**Kiel 1965**





*Volker Lindemann 1965*

**Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft für Floristik  
in Schleswig-Holstein und Hamburg**

Herausgegeben von Prof. Dr. E.-W. Raabe

**Heft 13**

---

**Vegetationstypen der Küstendünen  
an der  
östlichen und südlichen Nordsee**

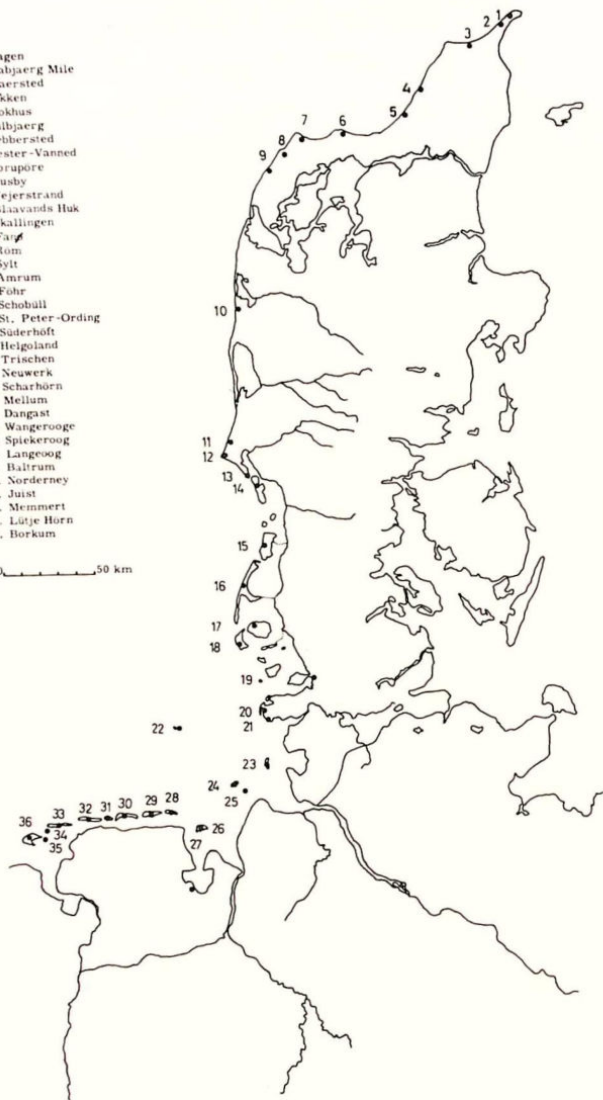
von

**Albert Heyken**

**Kiel 1965**

1. Skagen
2. Raabjaerg Mile
3. Tvaersted
4. Løkken
5. Blokhus
6. Bulbjaerg
7. Fejbersted
8. Vester-Vanned
9. Vorupore
10. Husby
11. Vejerstrand
12. Blaavands Huk
13. Skallingen
14. Fanø
15. Rom
16. Sylt
17. Amrum
18. Föhr
19. Schöbüll
20. St. Peter-Ording
21. Süderhöft
22. Helgoland
23. Trischen
24. Neuwerk
25. Scharhorn
26. Mellum
27. Dangast
28. Wangerooge
29. Spiekeroog
30. Langeoog
31. Baltrum
32. Norderney
33. Juist
34. Memmert
35. Lütje Horn
36. Borkum

0 50 km



# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung.....	5
Einleitung.....	9
I. Der Sandstrand der deutschen und jütischen Nordsee - küste.....	13
1. Die Vegetation der Spülsäume am Wattenmeer.....	14
2. Pflanzenwuchs und Dünenbildung auf gealterten Hochflutsäumen.....	18
3. <i>Cakile maritima</i> als Besiedler stark übersandeter Spülsäume des Watt- und Außenstrandes.....	21
4. Von <i>Puccinellia maritima</i> besiedelte Strandgebiete.....	25
5. Dünenbildung auf dem stark umgelagerten Außenstrand..	27
II. Die Dünengebiete an der Westküste Schleswig-Holsteins	
A. Die Nordseeinsel Sylt.....	32
1. Die Pflanzengesellschaften der Westdünen	
a. Die Sekundärdünen.....	38
b. Die Silbergrasflur.....	40
c. Die übersandete <i>Empetrum</i> -Heide.....	42
d. <i>Empetrum</i> -Heiden außerhalb des Sandablagerungsbereichs.....	46
2. Die wandernden Dünen.....	51
a. Das Sandablagerungsgebiet.....	52
b. Die Sandabtragsflächen.....	59
c. Die Wiederbesiedlung von Windmulden und die weitere Entwicklung der Vegetation an Luvhängen alter Wanderdünen.....	62
3. Die südexponierten Hänge.....	66
4. Die Kuppen west-ost gestreckter Dünenzüge.....	69
5. Die Vegetation der Dünentäler.....	72
6. Der Ellenbogen.....	77
7. Über die Verheidung der Dünen Sylts.....	79
B. Das Dünengebiet der Insel Amrum	
1. Die Vegetation der Dünen.....	81
2. Die Dünentäler.....	86
C. Die übrigen Dünengebiete an der Westküste Schleswig-Holsteins	
1. Die Insel Trischen.....	91
2. a. Die Küstendünen Eiderstedts.....	92
b. Die Dünentäler Eiderstedts.....	94

III. Die Dünengebiete an der südlichen und nordöstlichen Nordseeküste	
A. Die ostfriesischen Inseln.....	95
1. Der Dünensand der ostfriesischen Inseln.....	97
2. Die Vegetation der Sekundär- und Tertiärdünen	
a. Die Sekundärdünen.....	101
b. Das Sanddorngebüsch.....	103
c. Graudünen-Gesellschaften an vorwiegend südexponierten Dünenhängen.....	106
d. Die Vegetation der Nordhänge.....	107
e. Die Silbergrasflur und die Vegetation in alten, meistens südexponierten Dünengebieten.....	108
f. Die Besiedlung von Windmulden.....	109
3. Die Dünentäler.....	110
B. Die Dünen der jütischen Nordseeküste.....	113
1. Der Sand der jütischen Nordseedünen.....	114
2. Die Vegetation der Dünen	
a. Primär kalkhaltige Dünen im Nordteil Jütlands..	116
b. Die kalkreichen Dünen bei Tvaersted.....	118
c. Die kalkreichen Dünen am Bulbjaerg.....	119
d. Die Dünen an der südlichen Nordseeküste Jütlands	120
3. Die Dünentäler.....	121
IV. Vergleichende Betrachtungen über das Klima und die Vegetation in den untersuchten Dünengebieten.....	124
Literaturverzeichnis.....	130

## Zusammenfassung

Die Vegetation der Sandstrand- und Dünengebiete an der deutschen und jütischen Nordseeküste wurde untersucht. Die Gesellschaften der einzelnen Dünengebiete und ihre Aufeinanderfolge wurden in Tabellen dargestellt und beschrieben.

### 1. Der Sandstrand

Das Maß an Sandbewegung durch den Wind und die Menge des von hohen Fluten auf den Strand getragenen Angespüls bedingen die unterschiedliche Zusammensetzung der Vegetation des Sandstrandes.

Folgende Strandbereiche und Vegetationstypen wurden unterschieden :

a. Kaum übersandete Hochflutsäume am Sandstrand des Wattenmeeres.

Ihre Vegetation setzt sich aus einjährigen Pflanzen frischer und mehrjährigen gealterter Spülsäume zusammen. Die Primärdünenbildung auf ihnen erfolgt im wesentlichen durch *Elymus arenarius*. Auf die Bedeutung des Vorhandenseins von freiem Stickstoff im Strand- und Düensand für das Gedeihen von *Elymus arenarius* wurde hingewiesen.

b. *Cakile maritima*-reiche Gesellschaften übersandeter frischer Spülsäume des Watt- und Außenstrandes .

Je nach Stärke der Übersandung stehen sie den Gesellschaften auf reinen Flugsandgebieten des Außenstrandes oder denen auf kaum übersandeten Spülsäumen des Wattstrandes nahe.

c. Meistens durchfeuchtete und mit tonigen Substanzen durchsetzte Sandplatten des Watt- und Außenstrandes.

Sie sind mit *Puccinellia maritima* besiedelt, welcher kleine Dünen bildet. Übergänge von den Andel-Dünen zu Strandgesellschaften der Flugsandgebiete finden sich bei stärkerer Sandbewegung.

d. Reine Flugsandgebiete des Außenstrandes .

*Agropyron junceum* ist auf den an Ablagerungen von Treibgut armen und vom Winde stark umgelagerten Sanden des Außenstrandes der Erstbesiedler und Primärdünenbildner.

Als echte Primärdünenbildner werden jene mehrjährigen Pflanzen angesehen, die salzhaltige Sandstrandbereiche besiedeln, durch ihre

) "freier Stickstoff" hier und im folgenden = für die Pflanzen verfügbare Stickstoff-Verbindungen .



Wuchsweise den stäubenden Sand zu dauerhaften Dünen festigen und diese so weit über das Strandniveau erheben, daß höhere Fluten sie nicht mehr erreichen und salzempfindliche Gewächse sich auf ihnen ansiedeln können. Zu den echten Primärdünenbildnern zählen an der deutschen und jütischen Nordseeküste ausschließlich *Agropyron junceum* und, vorwiegend am Wattstrand, *Elymus arenarius*.

## 2. Die Dünen

Die Vegetation der jungen Sekundärdünen ist in den untersuchten Gebieten in ihren Hauptbestandteilen sehr ähnlich zusammengesetzt. *Amphipha arenaria* dominiert in stark übersandeten Dünen, und bei abnehmender Sandzufuhr entwickeln sich *Festuca rubra*-reiche Gesellschaften.

Der Dünen sand der einzelnen Gebiete wurde auf seine Azidität, seinen Kalkgehalt, auf Anteile an organischer Substanz und auf die Korngrößenverteilung untersucht. Es zeigte sich, daß die Beschaffenheit der Dünen sande in überwiegendem Maße die Zusammensetzung und Aufeinanderfolge der Gesellschaften älterer Dünen beeinflusst.

a. In den großen Dünengebieten an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins entwickelt sich auf den kalkfreien und schon bei geringer Humusanreicherung rasch versauernden Dünen sanden aus der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft sekundärer Dünen eine Silbergrasflur. An diese schließen sich mit Heide bedeckte Tertiärdünen an. Die Verheidung der Dünen beginnt mit *Empetrum nigrum*, und *Calluna vulgaris* besiedelt in der Regel erst humusreiche Sande alter Dünen. Die Bedeutung der in Flugsandgebieten konkurrenzkräftigen *Empetrum*-Heide für die Verheidung der Dünen wurde hervorgehoben.

Die Vegetationsdecke der alten Dünen Sylts, Amrums und Eiderstedts ist Ausdruck und Ergebnis eines langen und bis in die Gegenwart währenden Kampfes von Pflanzen gegen den wandernden Sand der großflächig umgelagerten Dünen. Die Besiedlungsfolge der Sandablagerungs- und Sandabtragsflächen wandernder Dünen und deren verhältnismäßig rasche Verheidung wurde beschrieben.

Artenreiche Graudünen-Gesellschaften entwickeln sich auf ruhenden Dünen, wo durch ungünstige Temperaturverhältnisse, durch Beweidung, Mөwendung oder Vertritt die Heide nur langsam eindringt oder zerstört wurde.

b. In kalkhaltigen Dünen südlich und nördlich angrenzender Gebiete entsteht auf den basisch bis schwach sauer reagierenden Sanden als Folge-

gesellschaft der Sekundärdünen-Vegetation ein Sanddorn-Gebüsch, das an der Westküste Schleswig-Holsteins stets fehlt. Gleichzeitig oder nach dem Absterben des Sanddorn-Gebüsches entstehen krautreiche Gesellschaften tertiärer Dünen, die bei Entkalkung und Versauerung des Sandes schließlich von der Heide abgelöst werden.

Die mehr oder minder rasche Verheidung aller untersuchten Dünengebiete erwies sich als abhängig vom anfänglichen Kalkgehalt der Sande und damit von der Geschwindigkeit ihrer Versauerung bei Humusanreicherung.

### 3. Die Dünentäler

Der Nährstoffgehalt der Täler und ihre Entfernung vom Grundwasser bestimmen die Zusammensetzung und Zonierung ihrer Vegetation.

Primär nährstoffarme Täler finden sich an der Westküste Schleswig-Holsteins und Jütlands. Sie sind von einander sehr ähnlichen Gesellschaften besiedelt, und Heiden bilden in feuchten und grundwasserferneren Lagen das Endglied der Vegetationsentwicklung.

In primär nährstoffreicheren Tälern der ostfriesischen Inseln und an der Westküste Jütlands wachsen anspruchsvollere Arten, die den oligotrophen Dünentälern Schleswig-Holsteins fehlen. Es wurde festgestellt, daß sich in den Tälern der ostfriesischen Inseln bei deren zunehmender Verarmung und Versauerung Heiden entwickeln, womit die Vegetation dieser Täler ihren Anschluß an die Klimax-Gesellschaften der oligotrophen Täler an der Nordseeküste Jütlands und Schleswig-Holsteins findet.

Die Verbreitungslücke und das Übereinandergreifen von Pflanzen verschiedener Herkunft in den einzelnen Dünengebieten ist im wesentlichen auf unterschiedliche edaphische Faktoren, sowie auf das durch die Beschaffenheit der Täler und das Relief der Dünen bestimmte Lokalklima zurückzuführen.

Die große Zahl von Arten, die in allen untersuchten Gebieten auftreten, und die ihnen gemeinsame Verheidung alter Dünen und Täler zeigen den floristisch engen Zusammenhang des Dünengürtels an der deutschen und jütischen Nordseeküste. Dieser kann jedoch durch das stärkere Hervortreten westlicher, nördlicher oder auch kontinentaler Elemente der Flora in den verschiedenen Gebieten untergliedert werden.





## Einleitung

Wo die Fluten der Nordsee an die Flachküsten des Festlandes schlagen, entstanden im Laufe vieler Jahrhunderte steter Veränderung unterworfenen Landschaften, die in unserem an Urlandschaften so verarmten mitteleuropäischen Raum trotz mancher menschlicher Eingriffe bis heute ihren ursprünglichen Charakter bewahrten :

das Wattenmeer mit seinen Marschküsten, und am Rande der offenen See Sandstrand- und Dünengebiete .

Eine vielfach unterbrochene Dünenkette umgibt von der Nordspitze Jütlands bis Holland die östliche und südliche Nordsee. Sie säumt im Nordteil der Cimbrischen Halbinsel das Festland, setzt sich dann südlich von Skallingen auf den nordfriesischen Inseln fort, berührt auf Eiderstedt noch einmal das Festland, springt von dort auf die in jüngster Zeit aus dem Meere aufgestiegenen Sände Trischen, Neuwerk, Scharhörn und Mellum über, dann auf die ost- und westfriesischen Inseln und trifft schließlich in Holland wieder auf das Festland. Außerhalb dieser Kette liegen kleine Dünen auf Helgoland und am Wattenmeer, wo die Geest bis an die Küste vordringt, bei Schöbüll ( Krs. Husum ), bei Cuxhaven und am Jadebusen bei Dangast.

Küstendünen sind Anhäufungen des vom Meere angespülten und in trockenem Zustand vom Winde vertragenen Sandes. Sie sind sehr vergänglich, wenn sie nicht von ausdauernden Gewächsen geschaffen und erhalten werden. Wohl nirgends in den deutschen Landen tritt uns das Ringen der Pflanzen um ihre Existenz so unmittelbar vor Augen wie auf dem von hohen Fluten überspülten, mit Salzwasser durchtränkten und vom Winde umgelagerten Sandstrand. Dem ständigen Kampf gegen Meer, Wind und stäubenden Sand ist nur eine sehr beschränkte Anzahl von Pflanzen gewachsen. Ihnen gelingt es, auf dem vegetationsfeindlichen Strand Fuß zu fassen, den wandernden Sand aufzuhalten und ihn zu Dünenlandschaften von eigentümlicher Schönheit zu formen. Durch ihre dünenbauende Tätigkeit schaffen sie neues Land, das, wenn es über den Zugriff der salzigen Fluten hinausgewachsen ist, erst wenigen und dann bei zunehmender Festigung des leicht beweglichen Sandes zahlreichen Gewächsen Lebensmöglichkeit bietet.

Meer und Wind bedrängen stets das gewordene Land. Die Brandung der Hochfluten frißt sich in die Dünen, in ihren vom Pflanzenkleid entblößten Flanken wühlt der Wind und treibt vielerorts den wieder beweglichen Sand in Form von Wanderdünen vor sich her, die landeinwärts wandernd alles unter sich begraben, das auf ihrem Wege steht.

Aufbau und Zerstörung dieser Landschaft, ihre auffälligsten Charakterzüge, bald dieser, bald jener stärker hervortretend, ziehen den Besucher der Küste in ihren Bann und lassen ihn in kurzer Zeitspanne die Erschaffung und Vergänglichkeit einer kleinen Welt erleben. Das Besondere der Dünenlandschaft, ihre sichtbare Dynamik, hat manchen Forscher angeregt, ihren geologischen, botanischen oder zoologischen Problemen nachzugehen, und nicht umsonst zählen die Dünengebiete an der Nordseeküste zu den am besten durchforschten unserer Lande.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vorwiegend mit den Vegetationsverhältnissen der Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins, und darüber hinaus vergleicht sie diese mit den nördlich und südlich angrenzenden Dünengebieten. Sie wurde im Sommer 1960 begonnen, und im Herbst 1962 waren die Geländearbeiten abgeschlossen. Mein hochverehrter Lehrer, Herr Professor Dr. E. -W. Raabe, vertraute mir die Bearbeitung dieser interessanten Gebiete an, und ihm bin ich für die vielseitigen Anregungen, für die meiner Arbeit gewidmete Zeit und Unterstützung zu großem Dank verpflichtet.

Herr Professor Dr. H. Straka stellte mir freundlicherweise seine noch unveröffentlichten Untersuchungen "Über die Veränderungen der Vegetation im nördlichen Teil der Insel Sylt in den letzten Jahrzehnten" zur Verfügung. Herrn Dr. K. -Th. Schreitling verdanke ich manchen wertvollen Rat und Hinweis, besonders auf die Vegetationsverhältnisse der ostfriesischen Inseln, und Frau Godela Schreitling sei herzlich für die technische Hilfe und das Schreiben der Tabellen gedankt. Herrn Studienrat H. E. Jungjohann, Herrn Mittelschullehrer N. Jensen und Herrn W. Saxen danke ich für die Hilfe bei der Bestimmung von Agropyron-Bastarden, Moosen und Flechten, und der Forschungsgemeinschaft für die zur Verfügung gestellten Mittel, mit deren Hilfe ein Teil der umfangreichen Kosten der Geländearbeit und der Auslandsexkursionen gedeckt werden konnte.

#### Zur Methode

Die Schreibung der Artnamen der Gefäßpflanzen erfolgte nach MANS-

FELD 1940, die der Moose nach GAMS 1957 und die der Flechten nach ERICHSEN 1957.

In den Tabellen ist die Exposition der Aufnahme­flächen in Grad, die Vegetationsbedeckung in Prozentzahlen angegeben. Die Signatur  $\pm$  bedeutet, daß die Bedeckung der Art weniger als 1 % in der Aufnahme­fläche beträgt. Bei mehrschichtig aufgebauten Gesellschaften kann die Summe der Einzelschätzungen höher als 100 % sein.

Die Größe der Aufnahme­flächen wurde nach der Homogenität der Gesellschaften ausgewählt und betrug maximal  $50\text{m}^2$  in Sekundärdünen, minimal  $1\text{m}^2$  in kraut- oder flechtenreichen Tertiärdünen. Die Fundorte der Aufnahmen sind in den Tabellen verzeichnet. Folgende Abkürzungen wurden in den Tabellen verwandt :

Am	für Amrum	Lk	für Lökken
Ba	" Baltrum	Mm	" Memmert
Bh	" Blokhuis	Ny	" Norderney
Bl	" Blaavands Huk	RM	" Raabjaerg Mile
Bo	" Borkum	Ro	" Röm
Dg	" Dangast	Sa	" Skallingen
E	" Eiderstedt	Sch	" Schobüll
F	" Föhr	SkG	" Skagen
Fa	" Fanö	Sp	" Spiekeroog
Fb	" Febersted	Sy	" Sylt
Hb	" Husby	Tr	" Trischen
He	" Helgoland	Ve	" Vejerstrand
J	" Juist	Vo	" Vorupöre
La	" Langeoog	Wa	" Wangerooge

Die Ermittlung der Korngrößenverteilung in den Dünensanden erfolgte im Trockensiebverfahren mit einem Siebsatz von 0,5; 0,2; 0,1; 0,05 und 0,05 mm  $\phi$ . Der Kalkgehalt der Dünensande wurde auf gasvolumetrischem Wege nach der Methode von PASSON, der Gehalt an organischer Substanz durch Glühen der Proben bestimmt. Die Messungen der pH-Werte wurden in nKCL mit einem BECKMANN-pH-Meter vorgenommen.



## I. Der Sandstrand der deutschen und jütischen Nordseeküste

Der Sandstrand der Küste gliedert sich in zwei unterschiedliche Bereiche :den zur Brandung des Meeres offenen Außenstrand und den durch vorgelagerte Inseln oder das Wattenmeer vor der ungebrochenen Gewalt des Meeres geschützten Watt-oder Binnenstrand.

Ausdehnung und Beschaffenheit des Sandstrandes hängen von den Strömungsverhältnissen des Meeres, der Lage der Gezeitenrinnen zur Küste und den Sandmengen ab, die von der Brandung am Strande ausgeworfen und vom Winde vertragen werden.

Die Umlagerung des Sandes ist auf dem Außenstrand besonders stark. Es siedeln sich dort bei günstigen Verhältnissen die Pioniergräser des Sandstrandes an, die den stäubenden Sand binden und zu Dünen aufhäufen.

Schmale Sandstreifen am Wattstrand unterscheiden sich vom Außenstrand durch geringere Sandbewegung und Dünenbildung. Es fehlt ihnen in der Regel der nur aus Strandgräsern bestehende Pioniergürtel.

Durch Zersetzung des von Fluten auf den Strand getragenen organischen Materials werden für das Gedeihen der Strandgewächse wichtige Nährsalze frei. Das Angespül in den täglichen Flutsäumen am unteren unbesiedelten Strand ist für die Pflanzen von nur mittelbarer Bedeutung ( s.S. 28 ), während die größeren Mengen an Treibgut, die Hochfluten am oberen Strand oft innerhalb eines bereits besiedelten Gebietes ablagern, direkten Einfluß auf die Vegetation nehmen. Auf dem Außenstrand werden diese Hochflutsäume am Fuße der Seedünen mit einer Flugsandschicht bedeckt. Sie liegen oberhalb der von Pioniergräsern bewachsenen Strandgebiete. Am Wattenmeer hingegen beginnt die Besiedlung des schmalen Strandes auf den nur wenig übersandeten Hochflutsäumen.

Das Überwiegendes Sandflugs auf dem Außenstrand sowie der größere Reichtum an kaum übersandetem Angespül am Wattstrand bedingen im wesentlichen die unterschiedliche Zusammensetzung der strandbesiedelnden Gesellschaften in beiden Bereichen. Übergänge zwischen ihnen sind jedoch häufig.



# 1. Die Vegetation der Spülsäume am Wattenmeer.

Untersucht wurden die Sandstrandgebiete des Wattenmeeres auf den nord- und ostfriesischen Inseln, an der Festlandküste bei Schobüll ( Kreis Husum ) und bei Dangast am Jadebusen, ferner kaum übersandete Spülsäume auf Helgoland und bei Oding ( Eiderstedt ). Bezeichnend für diese Strandgebiete sind die geringe Sandbewegung auf dem schmalen Strand und die reichliche Ablagerung von Angespül, das hauptsächlich aus mit Sand vermischem Tang und Seegras besteht. Reine, mächtige Tangwälle, wie sie von NORDHAGEN ( 1940 ) für die norwegischen Küsten beschrieben wurden, fehlen am Sandstrand des Wattenmeeres, vielmehr findet sich dort stets ein Gemisch von Sand und Angespül, ein humoser Strandwall .

Die namentlich von den hohen Winterfluten zusammengespülten Samen keimen in einer nährstoff- vor allem stickstoffreichen Umgebung, und es entwickelt sich auf den sandigen Spülsäumen eine stark nitrophile und mäßig halophile Vegetation ( vgl. TÜXEN 1950 ), in der *Elymus arenarius* und *Minuartia peploides* regelmäßig, *Agropyron junceum* und *Cakile maritima* häufig gedeihen.

Die in Tab. I zusammengestellten Spülsaumgesellschaften am Sandstrand der deutschen Nordseeküste sind, abgesehen von den durch örtliche Gegebenheiten bedingten Unterschieden, stets sehr ähnlich zusammengesetzt, und der Übergang zwischen der Vegetation auf reichlich mit Angespül durchsetzten und stärker sandigen Spülsäumen ist fließend.

Die hohe Stetigkeit von *Atriplex littoralis* und *Salsola Kali* sowie das Auftreten anderer ebenfalls einjähriger Spülsaumgewächse sind bezeichnend für frische Ablagerungen auf dem Strand, jedoch auch die mehrjährigen Arten der gealterten Spülsäume wie *Agropyron repens*, *Rumex crispus*, *Agrostis stolonifera* und *Sonchus arvensis* gedeihen dort. Dieses Übereinandergreifen der Gesellschaften junger und älterer Spülsäume ist auf erneute Ablagerung von Treibgut in bereits besiedelten Strandbereichen zurückzuführen.

Pflanzen benachbarter Sandwatts und Strandwiesen wie *Puccinellia maritima*, *Glaux maritima*, *Suaeda maritima* und *Plantago maritima* siedeln sich auf den Spülsäumen an. Da diese durch ihre hohe Lage am Strand keinen häufigen Überflutungen ausgesetzt sind und nur wenig Kochsalz enthalten werden, wächst *Ammophila arenaria* auf ihnen (vgl. S. 31 ). Der Strandhafer und *Cakile maritima* wurden an der Festlandküste bei Schobüll und Dangast nicht gesehen.

Die Spülsaumvegetation auf Amrum hebt sich durch einen oft hohen Anteil an *Ammophila baltica* ( LINK ) von den übrigen Gebieten ab.

Das Meer trägt Samen von allerlei fremdartigen Gewächsen auf den Strand, die größtenteils von Schiffen stammen oder durch Flüsse in die See gelangen. Einige von ihnen keimen in den Spülsäumen und verleihen der Strandvegetation ein besonderes Gepräge. Vor allem *Helianthus annuus* und *Solanum Lycopersicum* wachsen oft am Strand. Ein sehr reichhaltiger Spülsaum bot sich auf Lütje Hörn, einer kleinen Insel in der Mündung der Osterems.

Folgende Arten wurden dort 1960 verzeichnet :

<i>Helianthus annuus</i>	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>altissima</i> DC.
<i>Solanum Lycopersicum</i>	<i>Agropyron junceum</i>
<i>Papaver somniferum</i>	<i>Elymus arenarius</i>
<i>Coriandrum sativum</i>	<i>Ammophila arenaria</i>
<i>Ricinus communis</i> L.	<i>Festuca rubra</i>
<i>Avena sativa</i>	<i>Agropyron repens</i>
<i>Urtica dioica</i>	<i>Salsola Kali</i>
<i>Brassica Napus</i>	<i>Atriplex littoralis</i>
<i>Rumex Acetosa</i>	<i>Chenopodium album</i>
<i>Plantago major</i>	<i>Cakile maritima</i>
<i>Cirsium vulgare</i>	<i>Sonchus arvensis</i>
<i>Juncus bufonius</i>	<i>Convolvulus Soldanella</i>
<i>Senecio tubicaulis</i>	<i>Holcus lanatus</i>
<i>Viola tricolor</i>	

*Beta maritima* L., von TÜXEN 1952 auf Lütje Hörn festgestellt, wurde nicht wiedergefunden.

Besondere Beachtung verdient das Auftreten von *Ricinus communis* L. in den sandigen Spülsäumen. Samen dieser Art, als deren Heimat das tropische Afrika angesehen wird, liegen hin und wieder am Strand, und in den mit einer dünnen Flugsandschicht bedeckten Spülsäumen keimen sie. Bis zu 30 cm hohe *Ricinus*-Pflanzen wurden am Strand von Amrum, Föhr, Wangerooge, ein blühendes Exemplar auf Lütje Hörn gesehen.

*Convolvulus Soldanella* wächst am Wattstrand von Baltrum und Lütje Hörn. Die Samen dieser im Mittelmeergebiet heimischen Pflanze werden wohl vorwiegend vom Meer ausgebreitet. Sie besiedelt auf den ostfriesischen Inseln hauptsächlich niedrige Dünen am Watt, jedoch wurde sie reichlich blühend auch an Südhängen alter Dünen auf Baltrum und bei Hansted in Jütland gefunden. Auf welche Weise die an der deutschen und jütischen Nordseeküste seltene Pflanze in jene vom Meere unbeeinflussten Dünen gelangt ist, konnte nicht geklärt werden. Auch auf Sylt wächst sie in älteren Dünen bei Hörnum, von Amrum ist sie nach CHRISTIANSEN ( 1953 ) seit 1939 verschwunden .



Abb. 1 *Ricinus communis* L. im Spülsaum auf Amrum .

Das Vorkommen von *Phragmites communis* in den Spülsäumen ist bedingt durch Süßwasseraustritt aus rückwärtigen Dünen-oder Geestkliffs, wie es auch CHRISTIANSEN (1927) auf Föhr beobachtete. Ein alter, mit Süßwasser durchtränkter Strandwall am Fuße des Morsumkliffs (Sylt) trägt einen dichten Bewuchs von *Phragmites communis*, ebenso die kleine Düne am Geestrand bei Schobüll, wo neben dem Schilfrohr noch *Agropyron repens*, *-littoralis*, *Elymus arenarius*, *Rumex crispus*, *Matricaria maritima*, *Lathyrus maritimus*, *Sonchus arvensis* und *Minuartia peploides* wachsen.

In Strandgebieten mit lebhafter Sandzufuhr kann *Phragmites* bis zu 1, 50 m hohe Dünen bilden, wie sie bei Ordning vor der nördlichen erodierten Dünenkette und auf Amrum nordwestlich von Wittdün gesehen wurden. Derartige Dünenbildungen haben REINKE (1909) für Norderney und WENDEHORST (1926) für Trischen beschrieben.

In sehr sandigen Spülsäumen des Wattstrandes dominieren *Elymus arenarius* und *Minuartia peploides*. *Elymus arenarius* ist als Pionierpflanze tanghaltiger Kies-und Sandböden von NORDHAGEN (1940) und DAHL (1934, zit. bei NORDHAGEN 1940) für die norwegische Küste beschrieben worden. Er kann durchaus ohne Sandflug gedeihen, wenn der Stickstoffgehalt des Bodens hoch genug ist. In allen besuchten Dünengebieten wurde diese Art vor allem auch an Ruderalplätzen gefunden. Auf den Dü-



ner in der Vogelkolonie des Memmert und an Gartenzäunen auf Sylt und Amrum wächst sie hin und wieder zusammen mit *Urtica dioica*, deren Anwesenheit auf das Vorhandensein von freiem Stickstoff im Boden hinweist. In Sekundärdünen, deren Gehalt an Nährsalzen durch die auswaschende Wirkung der Niederschläge rasch sinkt, gedeiht *Elymus arena-*  
*rius* besonders üppig an stark überschütteten Hängen in Küstennähe, wo  
große Mengen an zugeführtem Strandsand den von ihm besiedelten Stand-  
ort wahrscheinlich dauernd mit N anreichern. Die Sande alter Dünen ent-  
halten nach Untersuchungen von ZIEGENSPECK (1929/30), LINKE (1951  
/52), und LUX (1954) praktisch keinen freien Stickstoff, und an den Schüt-  
tungshängen der umgelagerten Binnendünen Syts und Amrums fehlt *Ely-*  
*mus arenarius*. Der Stickstoffbedarf von *Elymus arenarius* wird also ent-  
weder durch reichliche Sandzufuhr in küstennahen Dünen oder durch sich  
zersetzende organische Substanzen in den Spülsäumen gedeckt.

*Minuartia peploides* ist nach HESSELMANN (zit. bei TOMUSCHAT 1929)  
eine Nitratpflanze. Sie keimt vorwiegend auf faulendem Tang und See-  
gras und wächst in den untersuchten Strandgebieten ausschließlich an  
Stellen, wo sie leichte Sandzufuhr erhält. Nach GRÄBNER (1910) ist sie  
auf Übersandung angewiesen, da ältere und lang ausgewachsene Triebe  
sich auf die Seite legen und bei Sonnenschein welken. Dieses wird durch  
die stete Einsandung der Pflanzen verhindert.

Da die sandigen Spülsäume am Wattstrand wahrscheinlich einen verhältnismäßig hohen Gehalt an freiem Stickstoff aufweisen, da sie ferner leichte Sandzufuhr vom Strand erhalten, bieten sie für das Gedeihen von *Minuartia peploides* und *Elymus arenarius* denkbar günstige Bedingungen. Beide Arten besitzen tief im Sande liegende Rhizome. Ihre Wurzeln durch-  
setzen ein großes Bodenvolumen und können die Pflanzen mit Nährstoffen  
aus tieferen Schichten versehen, wenn die oberen der gealterten Spül-  
säume verarmt sind. Mit ihrem tiefreichenden Wurzelsystem festigen  
sie den Standort und können den spärlich vom Strande hergewehten Sand  
zu Dünen formen. Von *Minuartia peploides* gebildete Dünen heben sich  
als flache, schildförmig gewölbte Linsen vom Strande ab ( Abb. 2 ). Ü-  
ber die Dünenbildung durch *Elymus arenarius* s. S. 19.



Abb. 2 Von *Minuartia peploides* gebildete Düne ( List auf Sylt ).

Bei *Agropyron junceum* liegt wie bei den einjährigen Spülsaumgewächsen die Hauptmasse des stark horizontal ausgedehnten Wurzelsystems in geringen Tiefen bis zu 20 cm ( vgl. auch FUKAREK 1961 und STEUBING 1949 ). Nährstoffe tiefer liegender Schichten sind den Pflanzen also nicht zugänglich. Tritt in den oberen Sandschichten der gealterten Spülsaume Nährstoffmangel ein, so ist *Agropyron junceum* mit seinem flach dahinstreichenden Wurzelsystem auf reichlichen Sandtransport aus der Strandzone angewiesen, der eine stete Zufuhr und Anreicherung von Nährsalzen an der Oberfläche gewährleistet. Die Sandbewegung am Wattstrand ist in der Regel jedoch zu gering für die Entwicklung gutwüchsiger *Agropyron junceum*-Bestände, wie sie für den stark umgelagerten Außenstrand bezeichnend sind. Ferner wird sich der geringe Kochsalzgehalt der alten Hochflutsäume negativ auf das Gedeihen der Binsen-Guecke auswirken ( s.S. 28 ). In den älteren, wenig übersandeten Spülsäumen wächst sie nur kümmernd und blüht selten.

## 2. Pflanzenwuchs und Dünenbildung auf gealterten Hochflutsäumen.

Wird in den besiedelten Bereichen alter Hochflutsäume kein frisches Angespül von folgenden Hochfluten abgesetzt, dann verschwinden die einjährigen Strandgewächse aus ihnen. Sie wandern durch ihre Samen zu neuen Spülsäumen und bilden dort jene unbeständigen, durch das gro-

ße Angebot von Samen stets ähnlich zusammengesetzten Gesellschaften, die von TANSLEY ( 1944 ) " migratory communities " genannt wurden.

Mehrjährige Pflanzen sind jedoch an den verarmenden Standort gebunden. Wenn dieser, wie es in einigen Gebieten der nord- und ostfriesischen Inseln der Fall ist, Sandzufuhr vom nährstoffreichen Sandwatt erhält, können auf der Basis alter Hochflutsäume Dünen entstehen. Die Zusammensetzung ihrer Pflanzendecke richtet sich nach der Intensität der Sandzufuhr.

In schwach übersandeten Strandgebieten am Wattenmeer bezeichnen kleine Erhebungen mit feinen und düftigen Rasen von *Agropyron junceum* die Lage eines alten Spülsaums, in dem sich noch spärlich Pflanzen aus angrenzenden Salzwiesen einfinden (Tab. II, 1-6). Der meiste Sand streicht über die dem Boden anliegenden Triebe von *Agropyron junceum* hinweg und sammelt sich erst höher am Strand.

Im Bereich stärkerer Sandablagerung am Fuße von Wattdünen gedeiht *Minuartia peploides* oft in ausgedehnten Beständen ( Tab. II, 7-9 ). Unter ihnen finden sich häufig tief im Sand begrabene, halbzersetzte Reste alter Tang- und Seegrasslager.

Die Anhäufungszone des Sandes ist mit *Elymus arenarius* besiedelt. *Minuartia peploides* geht bei reichlicher Übersandung zurück, da sie Sandauflagerungen nur begrenzt durchwachsen kann. *Elymus arenarius* fängt den vom Strand hergewehten und mit Angespül untermischten Sand zwischen seinen starren Trieben und häuft ihn zu Dünen an ( Tab. II, 10-17, Abb. 3 ). Die Entwicklung vom Spülsaum zur Düne erfolgt am Wattstrand meistens nur langsam, da sich auf den ost- und nordfriesischen Inseln vor dem Sandstrand ein an tonigen Substanzen reiches Sandwatt dehnt, das durch die feste Verkittung des Bodens dem Winde nur wenig Sand zur Verdriftung bietet.



Abb. 3 *Minuartia*-Bestände am Fuße einer von *Elymus arenarius* gebildeten Watt-düne ( Hörnum / Sylt ) .

Dünenbildungen am Strand durch *Elymus arenarius* oder mit großem Anteil von ihm (Tab. II, 18-23) finden sich in den Strandbereichen, deren Sande reichlich mit organischen Substanzen gemischt sind. Dieses ist am schmalen Wattstrand allgemein der Fall. Bei Blaavands Huk (Jütland) und Ording (Eiderstedt) am Nackhörn dehnt sich vor den jungen Dünen eine häufig überspülte Sandplate, von welcher der Wind Sand und Abfälle des Meeres in die Dünen trägt. Auch den *Elymus*-Dünen auf der Helgoländer Düne liegt ein schmaler, an Tangen reicher Strand vor. Durch den höheren Gehalt an organischen Substanzen unterscheiden sich diese nitrophilen *Elymus arenarius* besiedelten Gebiete vom breiten, rein sandigen und wahrscheinlich stickstoffärmeren Außenstrand, wo *Elymus arenarius* in der Regel fehlt und *Agropyron junceum* die Dünenbildung übernimmt.

In den älteren und höheren Wattdünen tritt *Elymus arenarius* zurück, und *Ammophila arenaria* dominiert (Tab. II, 24-30) .

Gefährden keine Sturmfluten die jungen Dünen am Wattstrand, so entwickelt sich ihre Vegetation entsprechend den edaphischen Gegebenheiten der noch im einzelnen zu besprechenden Dünengebiete. In den Watt-dünen der nordfriesischen Inseln stellt sich nach einer *Festuca rubra*-reichen *Ammophila*-Düne (Tab. II, 27-30) eine krautreiche Silbergras-



flur (Tab. II, 31-33) und anschließend auf Sylt die *Empetrum*-Heide ein (Abb. 4).

Sukzessionschema der Wattdünen  
bei Puan Klent (Sylt)

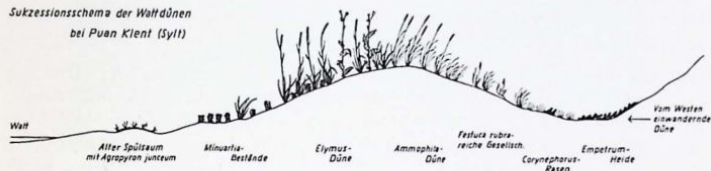


Abb. 4

Die älteren Wattdünen auf Föhr sind bemerkenswert durch das Auftreten von *Rubus caesius*. Diese auf den ostfriesischen Inseln allgemein verbreitete Art fehlt den übrigen Dünengebieten an der Westküste Schleswig-Holsteins (vgl. S. 104). Arten wie *Pimpinella saxifraga*, *Knautia arvensis* und *Campanula rotundifolia* in der Sekundärdüne auf Föhr sind sicher aus der benachbarten Geest eingewandert.

Auf den ostfriesischen Inseln besiedelt *Hippophae rhamnoides* häufig die *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft der Wattdünen, die oft besonders reich an *Eryngium maritimum* ist. Mit zunehmender Alterung des Sandes entsteht dort eine moosreiche Graudünen-Vegetation.

Die Zonierung, wie sie sich am Wattstrand bei Puan Klent bot (Abb. 4) wurde in keinem der übrigen besuchten Gebiete so vollkommen ausgebildet beobachtet. Eine ähnliche Zonierung beschreibt TÜXEN (1957) für Scharhörn.

### 3. *Cakile maritima* als Besiedler stark übersandeter Spülsaume des Watt- und Außenstrandes

Der einjährige Meersenf *Cakile maritima* ist ein charakteristischer

Bestandteil der Gesellschaften junger Spülsäume. Sein optimales Gedeihen zeigt er im Gegensatz zu allen anderen Spülsaumgewächsen auf den stark übersandeten Hochflutmarken am Fuße der See-seltener der Watt-dünen. Zum Keimen bedarf diese Art eines Tanglagers oder zumindest eines mit Angespül durchsetzten Sandbodens. Gräbt man die Pflanze frei, so stößt man in der Regel auf einen versandeten Spülsaum (Abb. 5).

Mit seinem extensiven, in geringen Tiefen weithin reichenden Wurzelsystem eignet sich der Meersenf zur Ausnutzung eines großen Sandvolumens. Bei starker Sandzufuhr vom Strand gedeiht er daher besonders üppig. Der angewehrte Sand wird von den reich verzweigten Trieben gehalten und rasch durchwachsen. Auf diese Weise können bis zu 1 m hohe Dünen entstehen, welche oft ausschließlich mit *Cakile maritima* bewachsen sind, da andere Spülsaumpflanzen größere Sandauflagerungen nicht zu durchdringen vermögen. Vom Meersenf gebildete Dünenwälle auf der Basis frischer Spülsäume fanden sich auf Amrum westlich von Nebel, am Südstrand von Föhr (Tab. III, 1-2) und am Weststrand von Spiekeroog (Abb. 6). Von der sich anschließenden Sekundärdüne waren sie meistens durch eine Senke getrennt.

Auch *Salsola Kali* besiedelt verwehte Flutmarken und kann dort kleine Dünen bilden (Abb. 7). Es verträgt jedoch Übersandungen in geringerem Maße als *Cakile maritima*.



Abb. 5 *Cakile maritima*, auf übersandetem Spülsaum wachsend (Ording).



Abb. 6 Dünenwall aus *Cakile maritima*  
( Spiekeroog ).



Abb. 7 Dünenbildung durch *Salsola Kali*  
( Amrum ).

Die Dünen von *Salsola Kali* und *Cakile maritima* sind ephemere Erscheinungen am Strand, d. h. sie werden von den Trieben der einjährigen Pflanzen zusammengehalten und verwehen im Winter nach deren Absterben.

*Minuartia peploides* wächst seltener auf den stark übersandeten Flutmarken, da sie nur mäßige Sandbedeckung verträgt. Auf Grund ihrer unterschiedlichen Fähigkeit, Sandauflagerungen zu durchwachsen, sind die drei genannten Arten recht gute Anzeiger für das Maß an Überwehung in den Hochflutsäumen.

Die *Cakile maritima*-reichen Gesellschaften nehmen in den untersuchten Gebieten eine Mittelstellung zwischen denen der wenig übersandeten Spülsäume am Wattstrand und der Primärdünen des Außenstrandes ein. Diese Mittelstellung findet ihren Ausdruck im Doppelcharakter von *Cakile maritima*, *Salsola Kali* und *Minuartia peploides*, den drei bezeichnenden Arten des *Cakiletum friscum* (TÜXEN 1950). Als nitrophile Pflanzen sind sie an ein stickstoffreiches Substrat gebunden, und als psammophile gedeihen sie am besten in mehr oder minder umgelagerten Strandbereichen, oft zusammen mit den dünenbildenden Gräsern *Agropyron junceum* und *Ammophila arenaria*. Aufn. 3-11 der Tab. III zeigen die enge Beziehung der *Cakile maritima*-reichen Gesellschaft auf tief eingewehten Spülsäumen auf Föhr, Spiekeroog, Amrum und bei Blaavands Huk (Jütland) zu den Gesellschaften junger Dünen auf bewegten Sanden des Außenstrandes. Die von *Cakile maritima*, *Salsola Kali*, *Agropyron junceum*, *Ammophila arenaria* und - *baltica* (LINK) gebildeten Dünenwälle liegen meistens am Fuße höherer Sekundärdünen und können bei anhaltender Sandzufuhr in diese aufgenommen werden. Eine Angliederung an die dem Strande entgegenwachsende *Ammophila*-Düne ist hin und wieder am Weststrand auf Amrum zu beobachten.

Eine den Spülsaumgesellschaften kaum umgelagerter Strandgebiete nahestehende Gesellschaft mit großem Anteil von *Cakile maritima* wurde auf einem Fluthaken bei List (Sylt), am Fuße eines kleinen Dünenkliffs auf Föhr sowie auf den Strandplateaus an der Nordspitze von Amrum und an den Ostenden von Spiekeroog und Wangerooge gefunden (Tab. III, 12-16). Die Übersandung des dort deponierten Angespüls war gering, so daß auf Föhr und Sylt *Minuartia peploides* reichlicher als auf den stark versandeten Spülsäumen vertreten war. Gegen Sandflug empfindliche Arten wie *Atriplex littoralis* und - *hastata* gedeihen vereinzelt in dieser Gesellschaft, in der sich wie in den Spülsäumen des Wattstrandes Elemente der Salzwiesen-Vegetation eingestellt hatten. Fast alle Arten bildeten kleine Dünen, die von den größeren des Meersenss überragt wurden.



#### 4. Von *Puccinellia maritima* besiedelte Strandgebiete

Am sandigen Wattstrand von Borkum, Juist, Wangerooge und Sylt sind tiefelegene Bereiche mit *Puccinellia maritima* bewachsen, und auf dem Außenstrand vor Ordning (Eiderstedt), Röm und Fanö bedeckt ein Andelrasen weite Flächen westlich der Seedünen.

Das Auftreten von *Puccinellia maritima* ist auf die besonderen Verhältnisse der von ihm besiedelten Standorte zurückzuführen. Sie umfassen jene Strandgebiete, die nach bisher unveröffentlichten, vom Botanischen Institut Kiel aus durchgeführten Untersuchungen bis 50 cm über MHW liegen. Sie sind also häufigeren Überflutungen ausgesetzt. Die Kraft der einlaufenden Flut wird schon in der Brandungszone vor dem Außenstrand gebrochen, und über den niedrigen Strand fließt das Wasser ruhiger, so daß Feinpartikel sich absetzen können. Der durch tonige Substanzen verkittete und meistens durchfeuchtete Sand ist der Verwehung nur wenig ausgesetzt. Dieser feuchte Sandstrand wird von *Puccinellia maritima* besiedelt (Tab. IV, 1-8). Dem entsprechen Angaben von CHRISTIANSEN (1927) für Föhr: dort waren *Puccinellia maritima*-Vordünen an den Stellen ausgebildet, wo mehrere Bäche ihr Wasser ins Meer ergossen und der Sand ständig feucht gehalten wurde.

Am Wattstrand von Borkum und Sylt findet in den vom Andel bewachsenen Strandgebieten kein Sandflug statt. Der Boden erfährt durch marine Ablagerungen eine Aufhöhung. Wenn er eine bestimmte Höhe erreicht hat, stellt sich entsprechend der Besiedlungsfolge an Marschküsten ein Rot-schwingelrasen ein (Tab. IV, 8-13).

Der breite, den Westwinden offene und von *Puccinellia maritima* besiedelte Außenstrand von Ordning, auf Fanö und Röm zeigt bei Niedrigwasser etwas Sandbewegung. Der stäubende Sand fängt sich in den Andel-Polstern und wird von den Pflanzen durchwachsen. Es entstehen kleine, bis zu 30 cm hohe Dünen (Abb. 8), und der Strand erhält ein welliges Profil durch die grünen Andeldünen und die dazwischenliegenden Senken, durch die der Wind den Sand treibt. Die tieferen Senken sind oft von einer feinen Sedimentschicht bedeckt und mit *Glaux maritima* oder *Agrostis stolonifera* bewachsen. Auch *Agrostis stolonifera* kann kleine Dünen bilden (Abb. 9).



Abb. 8 Dünenbildung durch *Puccinellia maritima* .



Abb. 9 Dünenbildung durch *Agrostis stolonifera* .

An den von *Puccinellia maritima* erhöhten Standorten trocknet der Sand rascher ab und wird vom Winde vertragen. In stärker umgelagerten Strandbereichen stellen sich zunehmend sandliebende Arten ein (Tab. IV, 14-18), und die von *Puccinellia maritima* gebildeten Dünen gehen in *Agropyron junceum*-Dünen über (Tab. IV, 18-21). Es ergibt sich hier der seltene Fall, daß die Primärdünenbildung am Außenstrand nicht von *Agropyron junceum* vollzogen wird, sondern daß dieses Pioniergras des Sandstrandes erst einen sekundären Standort besiedelt.

Ist der Außenstrand dicht mit *Puccinellia maritima* bewachsen, so wird die Sandzufuhr in östlich gelegene Dünengebiete unterbunden. Die vordere Dünenkette, welche zu einer Zeit entstand, als die vorgelagerte Plate nur locker besiedelt war, altert mangels frisch zugeführter Sande und trägt bald statt eines geschlossenen *Ammophila arenaria*-Bestandes einen offeneren *Corynephorus*-Rasen, wie es an der Westflanke der Dünen bei Ording der Fall war. Nach der Sturmflut im Februar 1962 waren dort allerdings große Sandmengen in Bewegung geraten, welche das Aussehen der Westdünen stark veränderten. Vielerorts wurden Dünenverjüngungen an Stellen beobachtet, die zwei Jahre zuvor degradierende Sekundärdünen-Gesellschaften trugen.

Die starke Umlagerung der Dünen bei Ording und Süderhöft (Eiderstedt), wo der Andel und der Rotschwingel ein weites Vorland bedecken, geht sicher nicht zuletzt auf den Umstand zurück, daß von Sturmfluten und Westwinden in die Dünen gerissene Löcher nicht durch die Bildung neuer Vordünen geheilt werden können, da die dichte Besiedlung der vorgelagerten Sandplatten den dazu erforderlichen Sandflug verhindert.

## 5. Dünenbildung auf dem stark umgelagerten Außenstrand

Über den morphologischen Bau der Dünengräser und die eng mit ihm verknüpfte Entstehung und Entwicklung der Küstendünen besteht umfangreiche Literatur. Verwiesen sei vor allem auf die Arbeiten von BUCHE-NAU (1889), REINKE (1903 und 1909), WARMING (1907), MASSART (1908), TOMUSCHAT und ZIEGENSPECK (1929) und VAN DIEREN (1934).

Strandgebiete, die sich so weit über dem MHW erhoben haben, daß sie nur noch von höheren Fluten überspült werden, zeichnen sich, wenn sie größere Flächen einnehmen und offen zur Hauptwindrichtung liegen, durch starke Verlagerung des von der Brandung am Strand ausgeworfenen und bei Ebbe von Sonne und Wind getrockneten Sandes aus. Sie sind reine Flugsandgebiete ohne nennenswerte Ansammlungen von Angespül und werden von den dünenbildenden Gräsern *Agropyron junceum* und *Ammophila arenaria* besiedelt.

Erstbesiedler auf feuchten und salzhaltigen Sandplaten ist Agropyron jun-  
ceum. Als Salzpflanze gedeiht er am besten auf hin und wieder vom Mee-  
re überfluteten Sanden. Nach BENECKE und ARNOLD (1931) ist die Koch-  
salzkonzentration im Bodenwasser der von Agropyron junceum bewach-  
senen Sande in der Regel nicht höher als 2 %. Dieser Kochsalzgehalt wird,  
wie die Untersuchungen von BENECKE (1930) zeigten, von Ammophila  
arenaria nicht vertragen, weshalb dieser als Besiedler Überflutungen  
ausgesetzter Strandbereiche ausscheidet.

Jungpflanzen von Agropyron junceum finden sich auf dem flachen Strand  
vorwiegend im Schutze angespülter Gegenstände oder in Vertiefungen,  
wo die Keimlinge mit einer Sandschicht bedeckt und vor Auswehung und  
Austrocknung gesichert sind (vgl. VAN DIEREN 1934). Die Pflanze ent-  
sendet zahlreiche bogenförmig aufsteigende Ausläufer und verlegt ihre  
unterirdischen Organe mit zunehmender Übersandung dicht unter die O-  
berfläche. Auf diese Weise widersteht Agropyron junceum nicht nur grö-  
ßeren Sandauflagerungen, sondern vermag mit seinem flach hinstreichen-  
den Wurzelsystem die Nährstoffe des frisch vom Strande hergewehten  
Sandes auszunutzen, an dessen Körnern sich nach Ausführungen von VAN  
DIEREN (1934) die in Spülsäumen der täglichen Fluten zersetzten und  
im Meer- oder Grundwasser gelösten organischen Verbindungen bei Aus-  
trocknung des feuchten Sandes während der Ebbe als Salze abgesetzt hat-  
ten.

Das von GERHARDT (1900) beschriebene Einbohren freigewehrter Aus-  
läufer in den Sand wurde am Strand von Norderney und bei List auf Sylt  
beobachtet (Abb. 10).

In den Niederblattachseln und an den Spitzen der Ausläufer entstehende  
Laubspresse stehen in lockeren Rasen, und die schmiegsamen Blätter  
legen sich bei Wind dem Boden an. Der größte Teil des stäubenden San-  
des streicht zwischen den Trieben hindurch und lagert sich hinter ihnen  
als Sandschweif ab. Dieser wird von den Ausläufern durchwachsen und  
gefestigt.



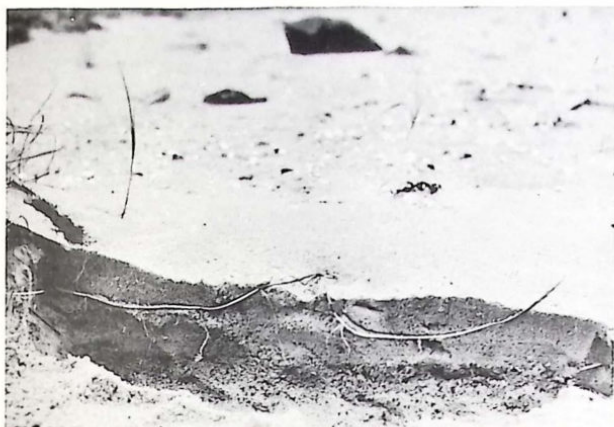


Abb. 10 Bogenförmig aufsteigende bewurzelte Ausläufer von *Agropyron junceum*, sich bei Auswehung wieder in den Sand einbohrend ( List/Sylt ) .

Von *Agropyron junceum* gebildete Primärdünen (Tab. V, 1-4) nehmen allmählich an Höhe und Umfang zu. Bei anhaltender Sandzufuhr entsteht eine größere Sandlinse, deren sanft geneigte Hänge dem Winde und den Hochfluten wenig Angriffsflächen bieten. Beide gehen über sie hinweg, und die Düne widersteht ihrem Ansturm.

Wenn sie über den Zugriff der salzigen Fluten hinausgewachsen ist und die Niederschläge das in ihr enthaltene Kochsalz weitgehend ausgewaschen haben, siedelt sich *Ammophila arenaria*, seltener *Ammophila ballica*, (LINK) auf ihr an (Tab. V, 5-9). Damit ist der Übergang zu einem sekundären, vom Meerwasser kaum mehr beeinflussten Standort vollzogen. (Abb. 11). Dieser ist zwar immer noch sehr hohen Fluten ausgesetzt, aber seltene Überschwemmungen übersteht *Ammophila arenaria* ohne Schaden.



Abb. 11 Primärdünenfeld auf Norderney, im Hintergrund eine mit *Ammophila arenaria* bewachsene junge Sekundärdüne.

Erfolgte bei *Agropyron junceum* die vegetative Vermehrung durch horizontal sich von der Pflanze entfernende Ausläufer, so überwiegt bei *Ammophila arenaria* die aufwärts gerichtete Bestockung an den übersandeten Halmknoten (vgl. TOMUSCHAT 1929). Die Pflanze bildet dichte Horste, die im Gegensatz zu den lockeren Rasen von *Agropyron junceum* nur wenig Flugsand durchlassen. Der zwischen den Halmen niederfallende Sand wird durch das starke Streckungsvermögen der Internodien rasch durchwachsen und gebunden, und die von *Ammophila arenaria* besiedelte Düne erhebt sich schneller und steiler als die *Agropyron junceum*-Primärdünen über den Strand. *Agropyron junceum* geht mit zunehmender Erhöhung und Entsalzung der Düne zurück. Bei starker Sandzufuhr können ausschließlich mit *Ammophila arenaria* bewachsene Dünen entstehen (Tab V, 10-11). Durch Verkettung einzelner Sekundärdünen bildet sich ein geschlossener Dünenwall.

Die geschilderte Art der Dünenbildung findet auf ausgedehnten Sandplaten statt, die in jüngster Zeit über den Meeresspiegel hinausgewachsen sind. Gegenwärtig ist sie auf den Anwachsgebieten an den Ostenden der ostfriesischen Inseln auf dem Kniepsand (Amrum) sowie auf alten Sandbänken in der Nordsee wie Lütje Hörn, Memmert, Mellum und Trischen zu beobachten.

Angaben über Primärdünenbildungen am flachen Sandstrand durch *Elymus arenarius*, der nach BENECKE 1930 ) durchaus salztolerant ist, finden sich bei REINKE (1909) und WARMING (1906). Am Außenstrand von Borkum, Wangerooge und Blaavands Huk wurden Dünenbildungen mit *Elymus arenarius* fast nur an versandeten Uferbefestigungen und in Dünenbuchtungen gesehen, in deren geschützten Winkeln sich Treibgut des Meeres abgesetzt hatte.

Am steilen und schmalen Strand vor abbrechenden Dünenküsten der ostfriesischen Inseln, an der Westküste Schleswig-Holsteins und Jütlands bilden sich überhaupt keine Dünen. Ist der Strand nicht allzu schmal, so können auf ihm kleine Primärdünen am Fuße der Seedünenkette entstehen. Sie sind entweder nur mit *Agropyron junceum* bewachsen (Tab. V, 12-14) und werden häufig von Winterfluten zerstört, oder sie tragen bei höherer Lage am Strand einen Bewuchs von *Agropyron junceum* und aus rückwärtigen Sekundärdünen eingewandertem Strandhafer (Tab. V, 15-16). An der Südspitze Sylts werden diese Dünenbildungen in die dem Meere entgegenwachsende Sekundärdüne aufgenommen. Da der Sand am Fuße der Seedünen mit dem Angespül der Hochfluten durchsetzt ist, gedeihen dort die nitrophilen Arten *Cakile maritima*, *Minuartia peploides* und *Elymus arenarius* (Tab. V, 17-25) .

Auf hochgelegenen Strandebeben vor einem bereits bestehenden Dünen-gürtel tritt *Ammophila arenaria* als Erstbesiedler und Dünenbildner auf. Diese Art der Vergrößerung eines Dünenareals wurde in den Strandgebieten an der Nordsee nur dort festgestellt, wo ein breiter, zur Flutzeit überspülter Strand sich vor den Dünen dehnt.

Die junge Sekundärdüne bleibt zunächst noch durch die Sandzufuhr vom Strand mit diesem verbunden. *Ammophila arenaria* fängt jedoch den meisten Flugsand schon in den vorderen Reihen ab, und durch Aufhöhung der Düne oder durch Bildung eines neuen Dünenwalls auf dem Strand geraten rückwärtige Gebiete allmählich aus dem Bereich der Sandablagerung. Jetzt siedeln sich dort gegen Übersandung empfindliche Pflanzen an.

Waren am Strand und in den jungen Dünen der Reichtum an Angespül und das Maß an Sandzufuhr entscheidend, so gewinnen mit dem Nachlassen der Übersandung die in den einzelnen Dünengebieten an der Nordseeküste unterschiedlichen edaphischen und klimatischen Faktoren zunehmend an Einfluß auf die Entwicklung der Dünenvegetation.

Es zeigt sich, daß viele der strandbesiedelnden Pflanzen in der Lage sind, den stäubenden Sand zwischen ihren Trieben in Form von mehr oder minder großen Dünen festzuhalten. Bei den einjährigen Gewächsen wie *Salicornia herbacea*, *Suaeda maritima*, *Salsola Kali* und *Cakile maritima* verwehen die Dünen im Winter nach dem Absterben dieser Pflanzen. Ausdauernde Arten wie *Agrostis stolonifera*, *Puccinellia maritima* und *Minuartia peploides* bilden zwar beständigere Dünen, jedoch werden diese, bedingt durch das begrenzte Wachstum der Pflanzen, nicht höher als 30 bis 40 cm. Echte Primärdünenbildung und deren weitere Entwicklung zu sekundären Dünen erfolgt nur durch ausdauernde, salztolerante Pflanzen, die auf Grund ihrer besonderen Wuchsart große Sandmengen durchwachsen und binden können und auf diese Weise die Dünen so weit über den Strand erheben, daß sie der versalzenden Wirkung der Hochfluten entzogen sind. Diese Bedeutung kommt vorwiegend auf dem Wattstrand *Elymus arenarius* und auf dem Außenstrand *Agropyron junceum* zu. Beide Arten können den salzhaltigen Sand besiedeln, und die von ihnen gebildeten Dünen wachsen bei ausreichender Sandzufuhr über den Zugriff höherer Fluten hinaus. Ausschließlich *Elymus arenarius* und *Agropyron junceum* zählen in den untersuchten Strandgebieten zu den echten Primärdünenbildnern, während alle anderen Strandgewächse als Dünenbildner im weiteren Sinne anzusprechen sind.

## II. Die Dünengebiete an der Westküste Schleswig-Holsteins

### A. Die Nordseeinsel Sylt

Die Geestinseln Sylt, Amrum und Föhr am Rande des nordfriesischen Wattenmeeres sind seit langem den Angriffen der Nordseefluten ausgesetzt und ihre Küsten im Abbruch begriffen. Besonders stark ist dieser an der etwa 40 km langen Westflanke der Insel Sylt. Nach SCHOTT (1956) weicht die Küste dort gegenwärtig durchschnittlich 85-90 cm im Jahr zurück. Vor der Errichtung von Küstenschutzbauten wird der Landverlust erheblich größer gewesen sein.

Am Abschluß der Flandrischen Transgression bestand Sylt aus dem diluvialen und teilweise tertiären Kern, den Brandung und Sturmfluten an der Westseite abtrugen, so daß die Küstenlinie sich stetig nach Osten verlagerte. Das durch marine Erosion vom Geestkliff abgetragene Material wurde von der See ausgewaschen, der Sand vom Küstenstrom nach Norden und Süden verfrachtet und zu Haken aufgeworfen, deren Westseiten die Verlängerung des Geestkliffs bilden. Sylt besteht heute aus den diluvialen Geestkernen in der Mitte, den beiden alluvialen Sandhaken des nördlichen Listlandes und der südlichen Hörnum-Halbinsel, sowie Marsch-



gebieten an der Ostseite der Insel.

Als sich die Haken über den Meeresspiegel erhoben, bildeten sich Dünen auf ihnen. Über die Entstehung der ersten Dünenwälle läßt sich nichts aussagen. Nur Dünenbildungen, wie sie heute noch auf den in ähnlicher Form wachsenden Ostenden der ostfriesischen Inseln, den aus der Nordsee auftauchenden Sänden und dem bis in jüngste Zeit sich verbreiternden Strand des Ellenbogens zu beobachten sind, vermögen Aufschluß darüber zu geben, wie sich die ersten Dünen auf dem Haken entwickelt haben können.

Es ist anzunehmen, daß nach Verschmelzung von Primärdünengruppen ein mit *Ammophila arenaria* bewachsener, parallel zum Strande gestreckter Sekundärdünenwall entstand, der durch vom Strande hergewehten Sand an Höhe und Breite zunahm. Die hohe Dünenkette bot der von Westen anstürmenden See ihre lange Flanke. Sturmfluten unterhöhlten sie und rissen die abstürzenden Sandmassen in die See. Es entstand die auch gegenwärtig an der Westfront der Insel ausgebildete Kliffküste (Abb. 12), die sich unter dem Einfluß des vordringenden Meeres entsprechend dem Rückzug des Geestkliffs nach Osten verlagerte. Gleichzeitig erfuhren die Haken durch die abgetragenen und an der Küste verdrifteten Sande eine stete Verlängerung, und die Bildungsstätte der Primärdünen verschob sich nach Norden und Süden.



Abb. 12 Dünenkliff bei Hörnum (Sylt) .

Für die Westflanke der Insel war und ist ihre senkrechte Lage zur vorherrschenden Windrichtung von großer Bedeutung. Abb. 13 gibt die mittlere jährliche Windverteilung in % für Westerland wieder (nach "Klimakunde des Deutschen Reiches", 1939).

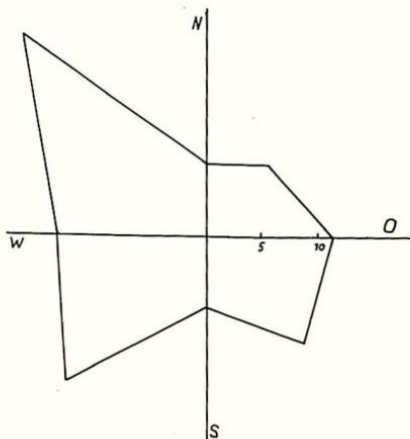


Abb. 13 Mittlere jährliche Windverteilung in % für Westerland.

Winde aus überwiegend westlichen Richtungen, die nach JESSEN (1914) zugleich die lebhaftesten sind, wühlen auch heute noch in den von der Brandung der Sturmfluten verletzten Westdünen (Abb. 14) und treiben deren Sand nach Osten. Die sich entwickelnden Wanderdünen entstehen durch das Zusammenwirken von Meer und Wind (Abb. 15).



Abb. 14 Auflösung des Kliffs bei Hörnum  
durch Westwinde .



Abb. 15 Von Westen einwandernde Dü-  
ne ( Hörnum ) .

In den zur See offenen Ebenen, welche die wandernden Dünen hinterließen, entstanden neue Dünen, wie es auch gegenwärtig in wenigen Strandgebieten Sylts zu beobachten ist. Den Baustoff für diese Dünen bilden am Strande ausgeworfene und seitlich vom Kliff abgetragene Sande, die der Wind in die Einbrüche trägt.

Die Ebenen der Wanderdünen liegen in der Regel oberhalb der Grenze höherer Fluten. Sie werden hauptsächlich von *Ammophila arenaria* besiedelt. Die Primärdünenbildung durch *Agropyron junceum* ist jungen, aus dem Meere auftauchenden Sänden vorbehalten. Auf Sylt ist sie noch spärlich auf den Anwachsgebieten im Norden und Süden der Insel festzustellen. Alle Dünenbildungen an der zurückweichenden Westküste Sylts, der nur ein schmaler und steller Strand vorliegt, erfolgen im wesentlichen durch *Ammophila arenaria*.

Neu entstandene Dünen wanderten stets unter der zerstörenden Wirkung von Brandung und Wind nach Osten. Der Vorgang der Dünenbildung, ihrer Zerstörung und Verlagerung setzt sich in stetem Wechsel und bei fortwährendem Rückzug der gesamten Westküste bis in die Gegenwart fort. (Abb. 16). Durch den Nord-Süd-Verlauf der Seedünenkette waren die Dünen stets zum Wandern verurteilt. Diese Wanderung ist heute noch nicht beendet, wenn sie auch durch Strandbefestigungs- und Dünenschutzmaßnahmen stark gehemmt wird.

Sich aus den Westdünen lösende Sandmassen vereinigen sich im Binnenland zu einem Gewirr vielgestaltiger Wanderdünen. Die wilde und herbe Dünenlandschaft zieht den Besucher Sylts und auch der Nachbarinsel Amrum in ihren Bann; im Westen unter der Gewalt der See zerfallende und vom ständig nagenden Westwind zerrissene Steilküsten, im Binnenland weißleuchtende Wanderdünen und dunkle Heideflächen einander abwechselnd. Der wandernde Sand verschüttet Heideflächen alter Dünen (Abb. 15) und wird schließlich, wenn er zur Ruhe kommt, selbst mit Heidekraut bedeckt.

Die häufige Verlagerung und Zerstörung der Dünen hat das Gesicht ihrer Vegetation geprägt. Die Beziehung zwischen dem Pflanzenkleid der Dünen und ihrer Wanderung zu erfassen, war ein Ziel dieser Arbeit.



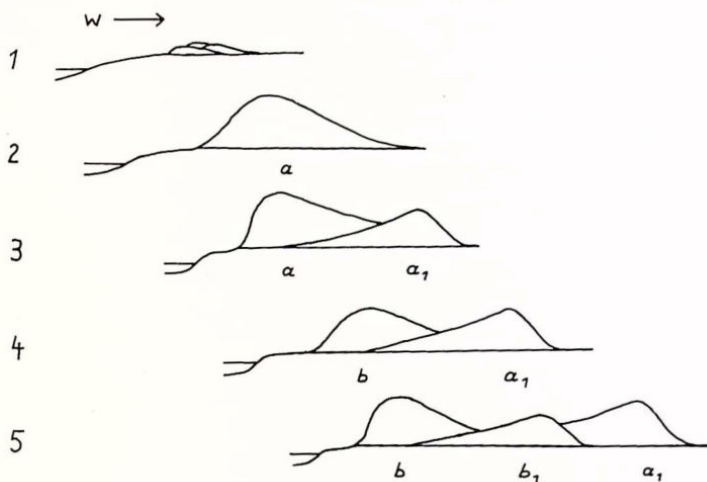


Abb. 16 Dünenbildung und -zerstörung unter ständiger Verlagerung der Küstenlinie nach Osten

1. Vermutliche erste Primärdünenbildung auf den jungen Strandhaken
2. Vermutliche Entstehung der ersten Sekundärdüne (a)
3. Deren Zerstörung durch Sturmfluten (Kliffbildung) und Verlagerung durch den Wind (Bildung der Wanderdüne  $a_1$ )
4. Entstehung einer neuen Düne in der Wanderbahn (b)
5. Deren Zerstörung und Abwanderung ( $b_1$ )

## 1. Die Pflanzengesellschaften der Westdünen Sylts

### a. Die Sekundärdünen

Während die Westküste Sylts zurückweicht, dehnt sich die Insel in nord-südlicher Richtung aus. Nach SCHOTT (1956) betrug der Landzuwachs in den letzten 50 Jahren rund 13 m pro Jahr. An der Südspitze der Hörnum-Halbinsel sind wie auf dem in Kap. 6 beschriebenen Ellenbogen mehrere parallele, in west-östlicher Richtung gestreckte Dünenzüge entstanden. Auf die Primärdünenbildung an der Südspitze wurde auf S. 31 hingewiesen. Die Primärdünen werden dort in die Sekundärdüne aufgenommen, welche sich auf dem breiten Strand nach Südwesten ausdehnt. Im Gegensatz zu den steilen Abbruchküsten an der Westküste Sylts zeichnet sich die Seedüne südlich von Hörnum durch eine lange und sanft zum Meere abfallende Flanke aus.

Die Vegetation an ihrer Basis setzt sich hauptsächlich aus den dünenbildenden Gräsern *Agropyron junceum* und *Ammophila arenaria* zusammen (Tab. VI, 1-5). Höher am Hange hat sich *Lathyrus maritimus* angesiedelt (Tab. VI, 6-8). Die Strand-Platterbse ist ein wesentlicher Bestandteil aller küstennahen und übersandeten Dünenengesellschaften. Ihre starke Ausbreitung in den Küstendünen Sylts wurde nach mündlicher Mitteilung von Dr. CHRISTIANSEN (Kiel) sicherlich durch Ansaat während des 2. Weltkrieges gefördert. Auf Amrum und in den Dünen Eiderstedts tritt sie spärlicher auf. Eigenartig ist der Zusammenhang zwischen der Verbreitung von *Lathyrus maritimus* und der Bildung von Dünenkliffs. Sie wächst besonders häufig in Sekundärdünen-Gesellschaften auf Abbruchkanten. BUCHENAU weist 1887 auf die Häufigkeit von *Lathyrus maritimus* in jenen Dünen hin, die dem Geestkliff im mittleren Teil Sylts aufgelagert waren. Für die ostfriesischen Inseln wurde sie 1900 von BIELEFELD als auf Juist, Spiekeroog und Wangerooge wachsend angegeben. Um diese Zeit bestanden auf den ostfriesischen Inseln Dünenkliffs (vgl. REINKE 1909). Diese haben sich in den folgenden Jahrzehnten durch Strandverbreiterungen ausgeglichen, und gleichzeitig verschwand *Lathyrus maritimus* von Juist und Spiekeroog. In der Flora von BUCHENAU (1936) wird sie für die genannten Inseln als ausgestorben bezeichnet, während sie auf Wangerooge blieb. Dort wurde sie 1961 in Sekundärdünen-Gesellschaften auf dem Kliff im Westteil der Insel gesehen.

Die Dünenbildung an der Südspitze der Hörnum-Halbinsel stellt für Sylt eine Ausnahme dar. Auch die auf S. 35 beschriebene Art der Dünenentstehung ist nur in wenigen Gebieten zu studieren, wo sie durch Strandhafer-Pflanzungen gefördert wird. Die wesentliche Dünenbildung findet

auf den Abbruchkanten statt. Der sich vor ihnen stauende Westwind schleudert mit verstärkter Kraft den vom Strande mitgeführten und vom Kliff losgerissenen Sand nach oben. Dieser fällt zum großen Teil auf den Kanten nieder, ein Teil jedoch wird weiter landeinwärts getragen. Die Übersandung reicht weit ins Binnenland und nimmt nach Osten allmählich ab. Auf diese Weise entstehen nach Osten geneigte Flächen, welche oft in von wandernden Dünen hinterlassenen Ebenen auslaufen.

Auf den Kanten des Kliffs erheben sich von *Ammophila arenaria* gebildete Sekundärdünen. Sie sind den Kliffs in Form von Dünenverjüngungszonen aufgesetzt und befinden sich auf Böden, die vorher von Pflanzengesellschaften älterer Dünen besiedelt waren. Davon zeugen dunkelgrau bis schwärzliche humushaltige Bänder, die tief im hellen Sand verschüttet liegen und in Windrissen zutage treten. Die Vegetation der jungen Dünen auf den Kliffs gleicht der in den Sekundärdünen südlich von Hörnum, nur *Agropyron junceum* ist spärlicher vertreten (Tab. VI, 9-10). Diese Gesellschaft bildet auf Sylt das Anfangsstadium der überall an der Westküste in gleicher Weise ausgebildeten Besiedlungsfolge, welche auf der südlichen Halbinsel ausgeprägter als an der stärker aufgelösten Küste des Listlandes ist. Ausnahmen hiervon sind die in der Regel nur mit *Ammophila arenaria* bewachsenen, als Kupsten an der Westküste verbliebenen Reste nach Osten gewanderter Dünen.

Als wesentlicher Faktor für die Aufeinanderfolge der verschiedenen Düngengesellschaften erweist sich auf Sylt die nach Osten abnehmende Übersandung.

Die Vegetation der jungen Düne auf dem Kliff wird von *Ammophila arenaria* beherrscht, der in dieser Zone der starken Sandablagerung reichlich blüht. Das Auftreten von *Festuca rubra*, *Carex arenaria* und *Hieracium umbellatum* (Tab. VI, 11-18) leitet zu einer weniger übersandeten, krautreichen Gesellschaft über (Tab. VI, 19-39). In ihr dominieren die hohen Gräser *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra*. Mit der Abnahme der Übersandung nimmt die Zahl der Arten zu, die gegen sie empfindlich sind. Der Strandhafer steht hier bereits außerhalb der Zone seines optimalen Gedeihens. Er bleibt zwar stark deckend, blüht aber kaum noch. *Elymus arenarius* und *Agropyron junceum*, beide noch regelmäßig in den jüngeren Dünen vertreten, werden mit dem Nachlassen der Sandzufuhr immer seltener. *Eryngium maritimum* erscheint zusammen mit *Festuca rubra* und ist auf Sylt eng an die *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft gebunden. *Oenothera ammophila* (FOCKE) wurde nur in älteren, kaum übersandeten Sekundärdünen bei Hörnum und auf Uthörn gefunden. Als zweijährige Rosettenpflanze ist sie wahrscheinlich einer anhaltenden Sandbedeckung nicht gewachsen.

Auffallend ist das spärliche Auftreten von *Sonchus arvensis*, einer charakteristischen Pflanze der *Ammophila*-Dünen südlich und nördlich angrenzender Gebiete. Auf Sylt wurde sie fast nur auf neu am Strande entstehenden oder durch lebhaftes Sandzufuhr mit ihm verbundenen Dünen bei Hörnum und auf dem Ellenbogen gesehen. Offenbar bedarf sie zum Gedeihen größerer Nährstoffmengen, als die Sande der Kliffdünen bieten. Reichlich vorhanden ist sie stets auf den nährstoffreicheren Wattdünen bei Hörnum und auf Uthörn.

*Ceratodon purpureus*, das als orthotropes Moos mäßige Sandbedeckung zu durchwachsen vermag, gedeiht am Boden der mit *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra* dicht bestandenen Düne in 1 - 2 cm hohen Rasen. Das Erscheinen dieses Moores zeigt an, daß die Intensität der Sandzufuhr abgenommen hat.

#### b. Die Silbergrasflur

Die durch Sandzufuhr erfolgende Anreicherung von Nährsalzen in den Dünen der Abbruchkanten wird gering sein, da ein großer Teil des vom Winde herangetragenen Sandes dem Kliff selbst entnommen wird und nur ein kleiner vom nährstoffreichen Strand über die steilen und oft hohen Abbruchkanten in die Dünen gelangt. Mit der Abnahme der Übersandung bei zunehmender Entfernung vom Kliff verarmt der Boden rasch.

Die Dünen Sylts sind praktisch kalkfrei. Spuren von Kalk wurden nur in den Primärdünen bei Hörnum und auf dem Ellenbogen, sowie auf Mövenrastplätzen in Binnendünen festgestellt. Der fehlende Kalk, das geringe Pufferungsvermögen der Dünensande und die allmählich abnehmende Heranführung frischer Sande lassen den Boden schon bei geringer Humusanreicherung versauern. Abb. 17a zeigt das Verhältnis von pH-Werten und Anteilen an organischer Substanz in den Böden der aufeinanderfolgenden Pflanzengesellschaften der küstennahen Dünen Sylts.

Die Auswaschung der spärlich mit dem Sande angetragenen Nährsalze durch die Niederschläge wird alsbald erfolgen, denn der grobe und anfangs humusarme Dünensand auf Sylt leitet das Regenwasser schnell in die Tiefe. Nach Regenfällen wurde festgestellt, daß der Sand der jungen Dünen auf Sylt tiefgründiger durchfeuchtet ist als der feinere der ostfriesischen Inseln. Abb. 17b gibt die prozentuale Verteilung der Korngrößen in den Westdünen bei Hörnum (Mittel aus 10 Proben). Der Sand der umgelagerten Dünen und der Strandhaken ist noch erheblich gröber.

Auf den nur leicht übersandeten, rasch verarmenden und versauernden Böden ist die Vitalität von *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra* sehr



geschwächt. *Corynephorus canescens* besitzt im Vergleich zu den genannten Gräsern ein sehr viel dichteres und feiner verteiltes Wurzelsystem, mit dessen Hilfe es dem Boden noch genügend Nährstoffe entziehen kann. Es breitet sich auf den offenen Sandflächen aus, und die entstehende Silbergrasflur nimmt meistens einen wenige Meter breiten Streifen zwischen der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft und der sich anschließenden Empetrum-Heide ein (Abb. 21, S. 46).

Die Silbergrasflur in den küstennahen Dünen Sylts gliedert sich in zwei Typen:

1. Aufnahmen 40-48 der Tab. VI charakterisieren den östlich der Abbruchküste ausgebildeten Typ innerhalb der Streuzone des über das Kliff stäubenden Sandes. Ihm fehlen die den Sandflug meidenden Moose und Flechten. Auch *Ceratodon purpureus* tritt zurück. Offenbar kann das Moos bei Übersandung nur im Schutze der hohen Gräser *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra* gedeihen. Der *Corynephorus*-Rasen an den Abbruchkanten Sylts bildet nicht die Folgegesellschaft der Sekundärdünen-Vegetation. Dieses wäre der Fall, wenn sich wie an aufbauenden Küsten das Dünenbildungsgebiet weiter auf den Strand hinausschieben und aus dem Sandablagerungsbereich rückende Sekundärdünen-Gesellschaften degradieren und Folgegesellschaften weichen würden. An der abbrechenden Westküste Sylts jedoch wird die Sekundärdüne in Form einer Verjüngungszone auf den Kliffs stets nach Osten zurückgedrängt. Die Silbergrasflur ist dort als ein Bestandteil der Verjüngungszone aufzufassen. Sie stellt sich in Bereichen ein, in denen *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra* auf Grund unzureichender Sandzufuhr und damit verbundener Nährstoffarmut spärlich vertreten sind.

2. In den aufbauenden Gebieten Sylts bei Hörnum und am Ellenbogen (vgl. Kap. 6) entstanden mehrere parallel zueinander gelagerte Dünenzüge, deren ältere einen *Corynephorus*-Rasen tragen. Dieser hat sich aus degradierenden Sekundärdünen-Gesellschaften entwickelt und bildet deren echte Folgegesellschaft. Aufn. 49-57 der Tab. VI entstammen solchen älteren Dünenzügen südlich von Hörnum. Sie liegen im Schutze einer neu entstandenen Sekundärdüne und erhalten keine Sandzufuhr. Ihr Ausbleiben bedingt ein rasches Ansteigen des pH-Wertes, der mit 4,3 um 0,7 höher als in der übersandeten Silbergrasflur an der Kliffküste liegt, sowie das Auftreten gegen Versandung empfindlicher Pflanzen wie *Aira praecox*, *Luzula campestris*, *Teesdalia nudicaulis*, Moose und Flechten.

## c. Die übersandete Empetrum - Heide .

*Empetrum nigrum* gedeiht in wenigen Exemplaren schon in der Festuca rubra-reichen Gesellschaft und in der Silbergrasflur an der Abbruchküste. In der älteren, nicht übersandeten Silbergrasflur südlich von Hörnum (Tab. VI, 49-57) hat sich die Krähenbeer-Heide ausgebreitet, ist dort aber wenig vital. Ihre Samen werden von Vögeln, nach unseren Beobachtungen vorwiegend von Staren, endozoisch verbreitet. Diese feuchtigkeitsliebende Art, die auf dem Festlande und den ostfriesischen Inseln an grundwassernahe Böden oder an feuchte Nordhänge gebunden ist, besiedelt auf den nordfriesischen Inseln Dünen jeglicher Exposition und Höhe. Auch REINKE weist 1903 darauf hin, daß *Empetrum nigrum* auf den nordfriesischen Inseln in reinem Flugsand bis zum Dünenfirst steigt. Die Übersandung ist für das Gedeihen dieser Art außerhalb feuchter Lagen von Bedeutung. Für Sylt, Amrum und Eiderstedt wurde festgestellt, daß sie am kräftigsten auf Böden wächst, die leichter Sandverschüttung unterliegen. Auf diese reagiert die Pflanze mit verstärktem Wachstum ihrer Gipfeltriebe. Die Spitzen der Triebe verzweigen sich nach allen Seiten und bilden Rosetten (Abb. 18). Aus ihr ragen einzelne längere Triebe heraus, an denen bei anhaltender Übersandung neue Rosetten entstehen. *Empetrum nigrum* zeigt also ausgesprochene Etagenbildung (Abb. 19).

Die bei Sonneneinstrahlung austrocknenden oberen Sandschichten wirken sich isolierend auf die Temperatur und Verdunstung der unteren aus (vgl. VAN DIEREN 1934), und die verschütteten und reichlich bewurzelten Triebe rücken durch die Aufhöhung des Bodens aus der Zone geringer, schwankender Bodenwassergehalte der oberen Sanddecke. (Über den Wassergehalt der Dünen bei Sandauflagerung liegen Messungen von LUX 1954 vor). Hieraus erklärt sich, daß die flachwurzelnde Krähenbeer-Heide an extrem südexponierten Hängen wandernder Dünen üppig gedeiht, solange diese übersandet sind, während sie in der eingangs erwähnten ruhenden Silbergrasflur südlich von Hörnum wenig vital ist. Die leichte Sandzufuhr in die Silbergrasflur an der Kliffküste Sylts begünstigt das Wachstum von *Empetrum nigrum*. Sie breitet sich am Boden entlang kriechend aus (Abb. 20) und verdrängt allmählich *Corynephorus canescens*.

Die junge, etwas übersandete *Empetrum*-Heide (Tab. VI, 58-64) unterscheidet sich vom ebenfalls übersandeten *Corynephorus*-Rasen (Tab. VI, 40-48) durch die stärkere Deckung von *Empetrum nigrum* und das Zurücktreten von *Corynephorus canescens*, das aber in keiner Aufnahme fehlt. *Galium verum* erreicht einen verhältnismäßig hohen Bedeckungsgrad und kann zur Blütezeit in der Übergangszone zwischen Silbergrasflur und junger Heide aspektbildend sein. Moose und Flechten fehlen die-

ser Gesellschaft noch. Sie stellen sich ein, wenn die Heide außerhalb der Streuzone des über das Kliff stäubenden Sandes liegt. Die Humusanreicherung an der Oberfläche des Sandes ist noch gering (vergl. Abb. 17a). Er zeigt bis in tiefe Schichten eine gleichmäßig graue Einfärbung, welche auf die stete Versandung der Humusproduktion zurückzuführen ist.

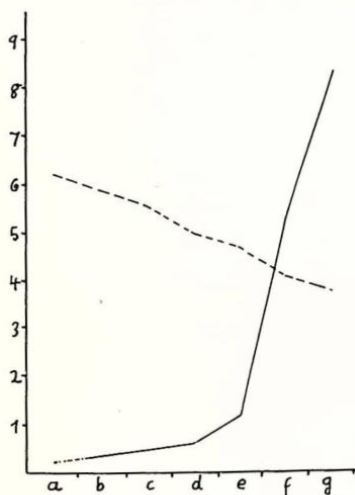


Abb. 17a Syt. pH-Werte in 10 - 15 cm Bodentiefe ( )

Anteil an organischer Substanz in % in 0 - 5 cm Bodentiefe ( )

a = Primärdünen bei Hörnum

b = *Ammophila* - Dünen

c = *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft

d = *Corynephorus* - Rasen

e = junge *Empetrum* - Heide

f = flechtenreiche *Empetrum*-Heide

g = *Empetrum*/*Calluna*-Heide

Von a bis e allmählich abnehmende Übersandung.

(Mittelwerte aus je 4 - 6 Proben)

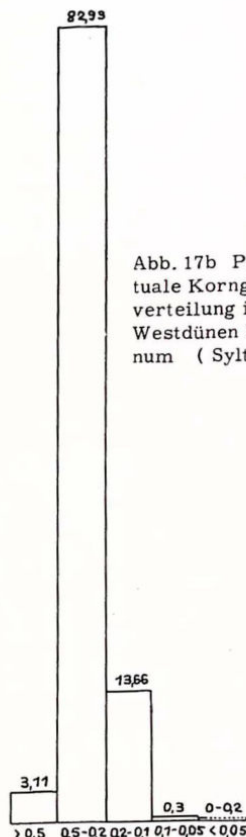


Abb. 17b Prozentuale Korngrößenverteilung in den Westdünen bei Hörnum (Sylt).



Abb. 18 Rosettenbildung.....



Abb. 19 .....und Etagenwuchs  
von *Empetrum nigrum* bei Übersandung.





Abb. 20 Sich in der übersandeten Silbergrasflur ausbreitende Empetrum-Heide (freigelegtes Exemplar )

Die küstennahe Empetrum-Heide (Abb. 21 )bildet auf Sylt den Übergang zwischen der Vegetation der Kliffdünen und den östlich davongelegenen älteren Heidegebieten. Einerseits entsteht sie aus der Silbergrasflur und stellt auf den armen Sanden der Dünen Sylts deren Folgegesellschaft dar, andererseits besiedelt sie die von Wanderdünen hinterlassenen Ebenen. Bei deren Aufsandung durch das sich nach Osten verlagernde Kliff wächst sie mit der mächtiger werdenden Sanddecke empor und schließt sich als scheinbare Folgegesellschaft den Gesellschaften der Kliffdünen an. Die Grenze zwischen der aus der Silbergrasflur entstandenen und der durch Aufsandung verjüngten Heide ist meistens verwischt.



Abb. 21 Junge Düne bei Hörnum. Die Empetrum-Heide schließt sich der Sekundärdünen-Vegetation an und ist von dieser durch eine Silbergrasflur getrennt. (Bildmitte).

#### d. Empetrum-Heiden außerhalb des Sandablagerungsbereichs

An die Dünenverjüngungszonen auf den Kliffs schließen sich mit *Empetrum nigrum* bedeckte, nicht übersandete Tertiärdünengebiete an (Tab. VI, 65-97). Diese bestehen aus Resten ostwärts gewanderter Dünen und deren Wanderbahnen, welche durch frühere Aufsandung von der Küste vielfach hochgelegene Plateaus oder nach Osten geneigte Flächen bilden.

Die Empetrum-Heide der Tertiärdünen gliedert sich in drei durch Übergänge verbundene Typen :

die krautreiche Empetrum - Heide ,  
deren flechtenreiches Degradationsstadium und  
den feuchten Typ der Nordhänge .

In den der Küste am nächsten gelegenen Heiden (Tab. VI, 65 -77 ) sind die Arten der Gesellschaften jüngerer Dünen noch vertreten. *Rumex Acetosella* fehlt der fast geschlossenen Heide, und auch *Lathyrus mari-*

timus, die ohne Sandzufuhr von der Küste nicht mehr gedeihen kann, verschwindet gänzlich. Ein charakteristischer Bestandteil der jungen Heide ist *Plantago maritima*. Das Auftreten von *Agrostis tenuis*, *Hieracium pilosella*, *Thymus serpyllum* und gelegentlich *Trifolium arvense* deutet die Entwicklung zu einer Graudünen-Gesellschaft an, jedoch werden diese Arten mit der Zunahme der Moos- und Flechtenbedeckung verdrängt.

Das Fehlen der Übersandung fördert die Humusanreicherung in den oberen Bodenschichten, und der Anteil an organischen Substanzen steigt in der ruhenden Empetrum-Heide sprunghaft an (vgl. Abb. 17a). Es entsteht jene schwärzliche Humusauflage, die der Heide den Namen "Schwarzdüne" gibt.

Da die Huminsäuren in den kalkfreien Dünen nicht durch Basen abgesättigt werden, nimmt die Versauerung des Bodens rasch zu (vgl. Abb. 17a). In den humusreichen oberen Schichten wurden Werte bis zu pH 3,0 gemessen. Dieser extrem saure Boden wird von den meisten höheren Pflanzen gemieden. Es entwickelt sich ein außerordentlich armer Heidetyp, in dem Moose und Flechten dominieren (Tab. VI, 78-88).

Die Moos- und Flechtenbedeckung und der entstehende Humus beeinflussen den Wasserhaushalt des Bodens in sonnenexponierten Lagen in ungünstiger Weise, indem sie einen Teil der Niederschläge festhalten und das gespeicherte Wasser rasch wieder verdunsten.

Nach Messungen von VOLK (1931) beträgt die Wasserkapazität von *Racomitrium canescens* und *Syntrichia ruralis* 180-200 %. Die von *Dicranum scoparium* und *Hypnum cupressiforme*, den am stärksten in der Heide vertretenen Moosen, dürfte nicht wesentlich geringer sein. Auch die Flechten binden einen Teil des Regenwassers. Ihre Rasen quellen bei Regen auf. Die humose obere Bodenschicht gibt erst bei Übersättigung Wasser an den darunterliegenden Sand ab. Während der humusarme Sand der Sekundärdünen nach anhaltenden Regenfällen tiefgründig durchfeuchtet ist, bleibt der humushaltige der älteren Empetrum-Heide lange trocken. Von dem einsickernden Wasser ist für die Pflanzen nur wenig in aufnehmbarer Form vorhanden, da die Humuskolloide des Sandes einen großen Teil fest an sich binden.

Bei Sonneneinstrahlung erwärmt sich die Moos- und Flechtendecke sehr stark. VOLK (1931) stellte Temperaturen für Moosrasen fest, welche die der freien Atmosphäre um 40 ° übertrafen. Die Verdunstung des an der Oberfläche gespeicherten Wassers, zu der auch der Wind wesentlich beiträgt, wird bei Sonnenschein also groß sein.

Nach BÖCHER (1941) sind die Erwärmung in den Flechtenpolstern und die Verdunstung über ihnen größer als im Moorrasen .

Während der Haupt - Vegetationsperiode fallen auf Sylt die geringsten Niederschlagsmengen, und gleichzeitig ist die Anzahl der Stunden mit Sonnenschein am größten ( Abb. 22 ) .

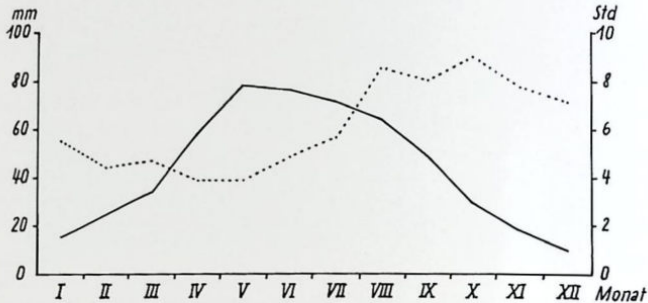


Abb. 22 Mittlere Monatssummen der Niederschläge in mm (.....) ,  
mittlere tägliche Sonnenscheindauer in Stunden (—) für Westerland.  
(Nach "Klimakd. d. Deutschen Reiches", 1939).

DiezeitweiligstarkeErwärmungund Austrocknung der moos-undflechtenreichenHeideninsonnenexponierten Lagen wirken sich auf die flach am Boden liegenden Triebe von *Empetrum nigrum* aus. An den kühlen und feuchtenNordhängen sind sie bis zu 45 cm, gleich lange Triebe besonnter Hänge und Ebenen jedoch nur zwischen 5 und 10 cm beblättert. Die ungünstigen Wasser-und Temperaturverhältnisse der oberen Bodenschichten im Frühling und Frühsommer lassen die Triebe verkahlen. Mit zunehmendem Alter wird die Heide schütter, und ihr braunes Aussehen bestimmt die Farbe ausgedehnter Heideflächen.



In wind-und sonnenexponierten Lagen stirbt *Empetrum nigrum* vollends ab. Die Verdorrung der Triebe schreitet von der Spitze zur Basis fort (Abb. 23). In der Heide entstehen Flächen, die nur noch mit Moosen und Flechten bedeckt sind. Diese liegen dem Boden auf, und bei Aufreißen ihrer Decke wird der darunterliegende Sand, der nicht mehr vom Wurzelgeflecht höherer Pflanzen zusammengehalten ist, vom Winde ausgeblasen. Es bilden sich muldenartig vertiefte Windrisse, deren anfangs kahle Sandflächen von bestimmten Pflanzen wiederbesiedelt werden (vgl. S. 62 f).

Das typische Bild einer absterbenden *Empetrum*-Heide auf Sylt ist ein Mosaik von dunklen Heideflächen mit eingestreuten hellen Windrissen (Abb. 24). *Calluna vulgaris* dringt sehr langsam in die alternde *Empetrum*-Heide ein und breitet sich aus, wenn diese nicht durch einwandernde Dünen zerstört wird.



Abb. 23 Absterbende *Empetrum*-Heide. Die Verdorrung der Triebe schreitet von der Spitze zur Basis fort. Oben ein abgestorbener Trieb.



Abb. 24 Alte Empetrum-Heide mit  
Windmulden ( Hörnum ) .

Die Nordhänge und tiefen Mulden sind kühler als die besonnten Flächen. Die Verdunstung ist dort nur gering, und die Oberfläche bleibt feucht. Die Nordhang-Heiden unterscheiden sich von den oben beschriebenen durch das Zurücktreten der Flechten zugunsten einer dichten Moosschicht, in der die feuchtigkeitsliebenden Moose *Pleurozium Schreberi* und *Scelopodium purum* neben *Dicranum scoparium* und *Hypnum cupressiforme* gedeihen (Tab. VI, 89-97). Die beiden letzten Arten wachsen gleichermaßen an feuchten wie an trockenen Standorten. Außerdem findet sich *Polypodium vulgare* ein, der sich streng an die Nordhänge hält. Sehr selten wächst dort *Dryopteris austriaca*.

Trotz der starken Versauerung und Humusanreicherung halten sich an den Nordhängen Arten der Gesellschaften jüngerer Dünen wie *Hieracium umbellatum*, *Ammophila arenaria*, *Festuca rubra*, *Hypochoeris radicata*, *Jasione montana* und *Lotus corniculatus* länger als in den sonnenexponierten Heiden. Wie in jenen wandert auch an den Nordhängen *Calluna vulgaris* in die ältere *Empetrum*-Heide ein.

## 2. Die wandernden Dünen

Das Zurückweichen der Kliffküste Sylts erfolgt nicht gleichmäßig in gerader Linie. In ihr entstehende Windrisse vertiefen sich, indem Winde aus westlichen Richtungen die randliche Pflanzendecke unterhöhlen. Die überhängenden und durchwurzelten Sandmassen stürzen in die sich erweiternde Windkuhle und werden über deren Ränder nach Osten geweht (s. Abb. 13, S. 33 a). Der Sand wandert landeinwärts in Dünenformen, die von VAN DIEREN (1934) eingehend beschrieben worden sind.

Die wandernden Dünen bestehen aus einer inneren, dem Westwind zugekehrten Abtragsfläche, der Luvseite, und einer äußeren, leeseitigen Ablagerungszone des Sandes. Im Gegensatz zum anfangs vegetationslosen Deflationsgebiet sind die übersandeten Außenseiten der Dünen in der Regel mit *Ammophila arenaria* bewachsen. Der Strandhafer fängt einen großen Teil des über den Kamm der Düne stäubenden Sandes in seinen dicht stehenden Halmen auf. Durch seine Fähigkeit, den aufgelagerten Sand rasch zu durchwachsen und zu durchwurzeln, bindet er ihn und erhöht die Düne. Diese wird an ihrer Luvseite vom Westwind, dessen Geschwindigkeit sich nach Untersuchungen von LUX (1954) im Engpaß der Windrisse wesentlich steigert, weiter unterwühlt und ihr Kamm zum Einsturz gebracht (Abb. 25). Auf diese Weise wird das ehemalige Sandablagerungsgebiet in die Abtragszone einbezogen. Aufbau und Abtrag vollziehen sich durch die entgegengesetzte Tätigkeit von Pflanzenwuchs und Wind in ständigem Wechsel unter dem Vorrücken der Dünen nach Osten.



Abb. 25 Vom Winde unterhöhlter und einstürzender Innenhang einer Parabeldüne.

Die Erosion der Dünen ist an ihren dem Westen zugewandten Innenseiten am stärksten, während die nördlichen und südlichen inneren Hänge durch den seitlich vorbeistreichenden Wind langsamer verfallen. Bedingt durch die unterschiedliche Abtragsgeschwindigkeit der den Windrißbegrenzenden Hänge entsteht die Form der Parabeldüne, welche sich aus einem wandernden Mittelstück und zwei seitlich daran anschließenden Armen zusammensetzt. Die zwischen ihnen liegende Ebene, die Wanderbahn der Düne, mündet vorerst in den Strand, und die Düne erhält von ihm Sandzufuhr. Eine neu entstehende Vordüne riegelt die Wanderbahn vom Strande ab, und die Parabeldüne löst sich von der Küste. Ihre langsamer wandernden Seitenteile rücken mit dem Vordringen der Düne aus deren Sandablagerungs- und Abtragsgebiet und bleiben als west-ost gestreckte Strichdünen zurück. Ihre parallele Lage zur vorherrschenden Windrichtung schützt sie vor weiteren Umlagerungen. Das Mittelstück der Düne wandert weiter. Durch Verschmelzung mehrerer neben- oder hintereinander liegender Parabeldünen entstehen ausgedehnte Wanderdünen-Systeme, die sich zuletzt mit breiter, in nord-südlicher Richtung verlaufender Front landeinwärts bewegen.

Die Besiedlung der Sandabtrags- und Sandablagerungsgebiete durch Pflanzengesellschaften erfolgt in unterschiedlicher, in den folgenden Abschnitten beschriebener Weise.

#### a. Das Sandablagerungsgebiet wandernder Dünen

Der wandernde Sand überflutet die Vegetation ruhender Dünengebiete und ruft tiefgreifende Veränderungen in deren Zusammensetzung hervor. Die stetig zunehmende Verschüttung beim Vorrücken der Düne wird von den einzelnen Pflanzen in unterschiedlichem Maße getragen. Tab. VII zeigt die Veränderungen der Vegetation bei zunehmender Verschüttung am Osthang einer Wanderdüne im Listland. Aufn. 1 entstammt der grundwassernahen Heide östlich der Wanderdüne. Sobald sie in die Streuzone des wandernden Sandes am Fuße der Düne gerät, verschwinden alle Moose und Flechten. Auch *Calluna vulgaris* ist gegen Versandung sehr empfindlich und geht zurück. Die Bedeckung von *Erica tetralix* nimmt in der Streuzone zu. Die Pflanzen blühen sogar reichlicher als im nicht übersandeten Gebiet. Da aber beide Arten größere Sandauflagerungen nicht zu durchwachsen vermögen, werden sie bald unter der vorrückenden Düne begraben.

*Rumex Acetosella* und *Hypochoeris radicata* reagieren auf Übersandung mit einer Verlängerung ihrer Hauptsprosse, deren unterirdische Teile sich bewurzeln. Ähnlich verhalten sich *Viola canina* und *Hieracium umbellatum*. An Exemplaren von *Viola canina* wurden maximale Längen



eingewehter Triebe bis zu 50 cm, an *Hieracium umbellatum* bis zu 65 cm festgestellt (Abb. 26, 27). Die Etagenbildung von *Corynephorus canescens* in Flugsandgebieten wurde von WARMING (1907) u. a. beschrieben. *Carex arenaria* begegnet der Verschüttung mit Verlegung ihrer Rhizomenden in die oberen Sandschichten (s. auch MASSART 1908 u. a.). Die fördernde Wirkung der Sandzufuhr auf das Wachstum von *Empetrum nigrum* läßt am Fuße der wandernden Dünen verjüngte *Empetrum*-Heiden entstehen, die sich durch ihre frischgrüne Farbe von der flechtenreichen Heide außerhalb der Streuzone abheben.

Eine stärkere und kontinuierliche Verschüttung können *Empetrum nigrum* und die oben genannten Arten nicht mehr durchdringen. Diese wird von *Salix repens* sehr viel besser überwunden. Die Artengruppe *Salix repens* (vgl. MANG 1962) wurde nicht differenziert. Nach unseren Beobachtungsgentritt in den Dünen an der deutschen Nordseeküste fast ausschließlich *Salix arenaria* (ANDERSSON) auf. Die in den Tälern als niedriges Gestrüpp wachsende Dünenweide bildet in Flugsandgebieten bis zu 1 m lange Triebe aus und steigt aus der Talsohle an den Außenhängen der Wanderdünen empor (Abb. 28). Im Listland wurden über 10 m hohe, von *Salix repens* besiedelte Dünen gesehen, die in verhältnismäßig kurzer Zeit aufgeschüttet worden sein müssen, da auf ihnen außer *Salix repens* und *Ammophila arenaria* keine anderen Pflanzen wuchsen.

Die wenigen Exemplare von *Ammophila arenaria*, die als Relikte ehemaliger Sekundärdünen-Gesellschaften auf den sauren Böden der Heide kümmernten, werden durch die Übersandung vital und breiten sich aus, indem sie durch ihre Art der vegetativen Vermehrung Horste bilden. Diese gelangen mit dem Vordringen der Düne auf deren Kamm, wo sie schließlich vom Winde zerstört werden. Auch *Ammophila arenaria* kann nur ein begrenztes, wenn auch recht großes Maß an Verschüttung ertragen. In Gebieten auf Sylt und Amrum, in denen Teile der Wanderdünen sehr rasch vordringen, sind deren Außenhänge gänzlich unbesiedelt. In der Regel aber tragen die Stirnseiten der Parabeldünen einen Bewuchs von *Ammophila arenaria*.

Durch die Vernichtung der Pflanzengesellschaften ruhender Dünen und die Förderung von *Ammophila arenaria*, der an stark übersandeten Außenhängen wandernder Dünen meistens als einzige Art gedeiht, bilden diese innerhalb der mit Heide bedeckten Binnendünen Sylts ein Verjüngungsgebiet, das sich ständig nach Osten verlagert.

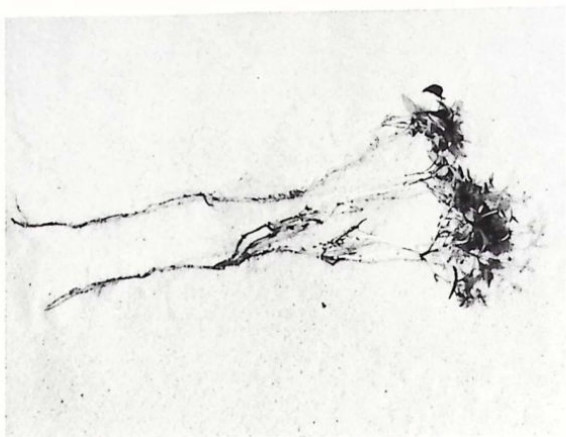


Abb. 26 Streckung der Triebe von  
Viola canina.....



Abb. 27 .....und Hieracium umbellatum bei Übersandung.



Abb. 28 *Salix repens* und *Ammophila arenaria* am stark überschütteten Außenhang einer Parabeldüne .

In Tab. VIII sind die Pflanzengesellschaften der Außenhänge wandernder Dünen und ihrer zurückbleibenden Seitenteile zusammengestellt. Die vordringende Front gliedert sich in zwei Gebiete : die Haupt-Ablagerungszone des Sandes am oberen Teil der Hänge und die Streuzone am Hangfuß .

In der Haupt-Ablagerungszone dominiert *Ammophila arenaria* (Tab. VIII, 1-7). Um eine für den Strandhafer ausreichende Versorgung mit Nährsalzen zu gewährleisten, muß die Menge an zugeführten Sanden größer als an der Küste sein (vgl. VAN DIEREN 1934 ), da der häufig umgelagerte und ausgelaugte Sand der wandernden Dünen ärmer als der der Küstendünen ist. Die Nährstoffarmut der umgelagerten Dünensande im Vergleich zu den frischeren an der Küste spiegelt sich in ihrer größeren Azidität : Während der Sand in jungen Sekundärdünen an der Westküste einen pH-Wert um 5,9 aufweist, liegen die Werte an den überschütteten Hängen der Binnendünen um pH 5, selten über 5,2. Der Strandhafer blüht an diesen Hängen nur, wenn er reichliche Sandzufuhr erhält.

In der Streuzone am Hangfuß (Tab. VIII, 8-16 ) sind *Corynephorus canescens* und *Ammophila arenaria* etwa gleich stark vertreten. Die Übersandung ist gering, so daß Arten wie *Viola canina*, *Jasione montana*, *Hieracium umbellatum*, *Hypochoeris radicata*, *Rumex Acetosella* und *Lo-*

*tus corniculatus* noch gedeihen können, *Empetrum nigrum* bildet charakteristische Rosetten aus. Diese Streuzonen werden von der vorrückenden Düne überdeckt und in die Haupt-Ablagerungszone einbezogen.

Wandert die Düne in bestimmten Zeiten nur langsam, so schiebt sich die *Corynephorus*-reiche Streuzone höher am Hange hinauf. Dieses war in den regenreichen Sommern 1960 und 1961 auf Sylt und Amrum zu beobachten, als der feucht gehaltene Sand der Deflationsflächen nur an wenigen regenfreien Tagen vom Winde getrocknet und über den Dünenkamm getragen wurde.

*Festuca rubra* wächst an den stark überschütteten Hängen und in der Streuzone nur spärlich. Erst auf den zurückbleibenden Seitenästen der Parabeldünen, welche allmählich aus dem Sandablagerungsbereich rücken, stellt sich entsprechend der Gesellschaftsfolge in den Küstendünen eine *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft ein (Tab. VIII, 17-26).

Die Nährstoffarmut der umgelagerten Sande bedingt das Zurücktreten vieler für die küstennahe *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft bezeichnender Arten. *Oenothera ammophila* (FÖCKE), *Sonchus arvensis* und *Taraxacum officinale* fehlen stets. *Elymus arenarius*, *Ammophila baltica* (LINK), *Eryngium maritimum*, *Senecio vulgaris* und *Viola tricolor* kommen nur ganz vereinzelt an den im Westen der Insel gelegenen Parabeldünen vor, die noch in jüngster Zeit Sandzufuhr vom Strand erhielten. *Lathyrus maritimus* tritt etwas häufiger auf, aber auch diese Art fehlt auf den oft umgelagerten Sanden an der Ostseite Sylts. *Ceratodon purpureus* erscheint wie in den Dünen der Westküste, sobald die Übersandung nachgelassen hat, und leitet zur Degenerationsphase dieser Gesellschaft über (Tab. VIII, 27-33). In ihr gedeihen neben wenigen Moosen und Flechten *Teesdalia nudicaulis* und *Hieracium pilosella*.

Mit dem Ausbleiben der Sandzufuhr steigt der pH-Wert trotz der nur schwachen Humusanreicherung in den oberen Bodenschichten rasch an. In 15 cm Bodentiefe wurden Werte um 4,3 gemessen, während der Gehalt an organischen Substanzen in 0 - 15 cm Tiefe nur um 0,6 % lag.

An den älteren Seitenästen der Parabeldünen tritt *Festuca rubra* häufig zurück und wird von *Carex arenaria* und *Agrostis tenuis* ersetzt. *Cephaloziella starkei* wächst in feinen Rasen auf den verwesenden Sproßteilen von *Ammophila arenaria* und greift auch auf den freien Sand über.

Während sich die *Empetrum*-Heide in der Silbergrasflur der küstennahen Dünen ausbreitet, besiedelt sie an den Außenhängen der Parabeldünen die *Ammophila arenaria*- und *Festuca rubra*-reiche Grasdüne, in



die sie auf zwei Wegen eindringt : Einerseits gelangt sie durch Samen an die noch übersandeten Hänge, andererseits wandert sie aus der randlichen Heide am Hangfuß in die Düne ein. Kleinere Sandmengen werden von den an der Oberfläche abfließenden Niederschlägen hangabwärts transportiert und sammeln sich am Hangfuß zwischen den Trieben von *Empetrum nigrum*, die durch leichte Sandbedeckung einen Wachstumsanreiz erhalten. *Empetrum nigrum* wächst dann in geschlossener Front dem Hange entgegen (Abb. 29). In der Regel sind beide Ausbreitungsarten der Heide noch an älteren Außenseiten von Parabeldünen festzustellen. Am unteren Teil der Hänge findet sich eine ebene, durch das geschlossene Einwandern von *Empetrum nigrum* gebildete Heide, und für die oberen Hangpartien ist eine bultige Heide typisch, die sich aus polsterförmigen *Empetrum*-Flecken und zwischen ihnen liegenden, durch die erodierende Wirkung der Niederschläge vertieften Rinnen zusammensetzt ( Abb. 30 ) .



Abb. 29 *Empetrum*-Heide, vom Hangfuß einer Parabeldüne in die *Ammophila arenaria*- und *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft eindringend ( Hörnum ) .



Abb. 30 Außenhang einer Parabeldüne mit *Empetrum*-Polstern am oberen und geschlossener *Empetrum*-Heide am unteren Hang. Links im Bild Erosionsrinnen zwischen den Polstern (Hörnum) .

Bedingt durch die unterschiedlichen Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse an den nord- und südexponierten Flanken der wandernden Dünen entwickelt sich deren Vegetation nach dem Ausbleiben der Übersandung in verschiedene Richtungen .

Die süd- bis südostexponierten Hänge gliedern sich meistens deutlich in zwei Zonen. Infolge der ausbleibenden Sandzufuhr und der zeitweilig starken Erwärmung und Austrocknung der Oberfläche schließen sich die an den oberen Teilen der Hänge wachsenden *Empetrum*-Polster nicht zu einer Heidedecke zusammen. Zwischen ihnen entstehen auf S. 68 beschriebene Graudünen-Gesellschaften. Die unteren Bereiche der Südhänge tragen eine geschlossene Pflanzendecke, in der die vom Hangfuß eingewanderte *Empetrum*-Heide dominiert (Tab. VIII, 34-39). Durch das Auftreten vieler Graudünenarten bildet diese Gesellschaft einen Übergangstyp zwischen Heide- und Graudünen-Vegetation, der vor allem auf der Hörnum-Halbinsel verbreitet ist. An den älteren Südhängen im Listland treten die Graudünenarten und *Empetrum nigrum* zugunsten von *Calluna vulgaris* und *Rosa spinosissima* zurück (Tab. VIII, 40-47) .

An den Nordhängen breitet sich *Empetrum nigrum* auch in den oberen Bereichen aus und überwächst die Erosionsrinnen zwischen den Polstern. Es entstehen geschlossene, bultige Nordhangheiden, die im jüngeren Stadium denen der küstennahen Dünen entsprechen und mit ihnen in Tab. VI zusammengefaßt sind ( vgl. S. 50 ).

*Calluna vulgaris* tritt an alternden Nordhängen in zunehmendem Maße neben *Empetrum nigrum*, und die flechtenarmen, aber moosreichen Nordhangheiden im Listland (Tab. VIII, 48-57 ), in denen *Festuca ovina*, *Rosa spinosissima* und *Genista anglica* häufig, *Genista tinctoria*, -pilosa, *Campanula rotundifolia*, *Scorzonera humilis* und *Pimpinella saxifraga* selten vertreten sind, bilden zusammen mit den *Rosa spinosissima* - reichen Heiden der Südhänge die stabilsten Gesellschaften auf Sylt. Der Humusgehalt der oberen Bodenschichten steigt auf 8-10 %, und der pH-Wert in 15 cm Bodentiefe liegt zwischen 3,9 und 3,7 .

#### b. Die Abtragsflächen wandernder Dünen

Während die übersandeten Außenhänge der wandernden Dünen in der Regel bewachsen sind, bleiben ihre inneren Deflationsflächen vegetationslos, solange der Sandabtrag von ihnen überwiegt. Die anhaltende Abtragung verhindert die Ansiedlung von Pflanzen, deren Samen mit dem Sand über den Kamm der Düne geweht werden ( vgl. VAN DIEREN 1934 ) .

Die das Deflationsgebiet nördlich und südlich begrenzenden Seitenhänge werden mit dem Vorrücken der Düne der erodierenden Tätigkeit der Westwinde entzogen. An den Nordhängen breitet sich die *Empetrum*-Heide aus, in die entsprechend der Besiedlungsfolge an den Außenhängen *Calluna vulgaris* einwandert. An den Südhängen entwickeln sich Graudünen-Gesellschaften. Sie gleichen denen an südexponierten Außenhängen und sind mit ihnen in Tab. XI zusammengefaßt.

Die Teile der Dünen, deren kahle Innenhänge dem Westen zugewandt sind, wandern weiter. Die Dauer ihrer Wanderung hängt vom Neigungswinkel der Luvhänge ab. Diese werden um so flacher, je größer der Sandverlust der Dünen auf ihrem Wege nach Osten ist. Wenn der Wind über die abgeflachten Böschungen hinwegstreicht, ohne größere Sandmengen abzutragen, dann weicht der Sandtransport über den Dünenkamm einer geringeren Sandbewegung auf den Hängen selbst, wobei kleinflächige Abtragungen und Sandanhäufungen einander abwechseln. Insgesamt bleibt die Tendenz der Sandverlagerung zum Dünenkamm gewahrt, der mit *Ammophila arenaria* bewachsen ist.

Auf den flachen Hängen bleiben Samen von Pflanzen liegen. Sie werden mit einer Sandschicht bedeckt und können keimen. Als Erstbesiedler der Luvhänge stellen sich *Ammophila arenaria* und *Corynephorus canescens* ein. Der Strandhafer wächst vorwiegend an Stellen kleiner Sandanhäufungen, bildet aber nie geschlossene Bestände, da die Sandablagerungsflächen stets klein und unbeständig sind. Wird ein Luvhang mit *Ammophila arenaria* bepflanzt, so gehen die Pflanzen mangels zugeführter Sande bald zugrunde, und als Folgegras siedelt sich *Corynephorus canescens* an.

Das Silbergras ist die eigentliche Pionierpflanze der Luvhänge. Mit seinem dichten und fein verteilten Wurzelsystem bindet es den Flugsand. Die wandernde Düne kommt zur Ruhe und erstarrt unter der sich allmählich schließenden Pflanzendecke.

In Tab. IX sind die Pflanzengesellschaften der Luvhänge zusammengestellt. Die *Corynephorus*-reichen Pioniergesellschaften der Luvhänge (Tab. IX, 1-13) unterscheiden sich von der Silbergrasflur der Küstendünen durch das Fehlen von *Lathyrus maritimus*, *Viola tricolor*, *Galium verum* und *Lotus corniculatus*. Aufn. 1-5 der Tab. IX charakterisieren die jüngsten Besiedlungsstadien der Luvhänge, auf denen noch größere Sandbewegung stattfindet. Diese Bereiche werden von den meisten Moosen und Flechten sowie von höheren Pflanzen gemieden, die gegen Auswehung und Sandbedeckung empfindlich sind. *Cornicularia tenuissima* ist unter den Flechten der Erstbesiedler offener Sandböden. Ihre Polster werden häufig vom Winde losgerissen und vertragen. An geschützten Stellen bleiben sie liegen und heften sich dem Boden wieder an.

Auf weniger bewegten Sanden findet sich eine artenreichere Silbergrasflur (Tab. IX, 6-13). Im Schutze der *Corynephorus*-Horste und der sich ausbreitenden *Empetrum*-Pflanzen gedeihen in wenigen Exemplaren *Teesdalia nudicaulis* und *Aira praecox*. Die Zahl der Flechten nimmt zu. Sie besiedeln zusammen mit *Ceratodon purpureus* die freien Sandflächen.

Ein wesentlicher Bestandteil des *Corynephorus*-rasens ist *Empetrum nigrum*. Das Angebot der von Vögeln endozoisch verbreiteten Samen ist groß, und häufig sind im Herbst an den Dünenhängen vom Saft der Kränchenbeeren blau gefärbte Kotflecken zu sehen. Die jungen Pflanzen breiten sich in der Silbergrasflur aus. Sie halten den stäubenden Sand zwischen ihren Trieben, die sich bei Sandbedeckung bewurzeln und sich ausläuferartig in alle Richtungen vom Hauptsproß entfernen (Abb. 31). Auf diese Weise entstehen jene runden *Empetrum*-Polster, die für ältere Besiedlungsstadien der Luvhänge bezeichnend sind und bereits von REINKE (1903) beschrieben wurden (Abb. 32).



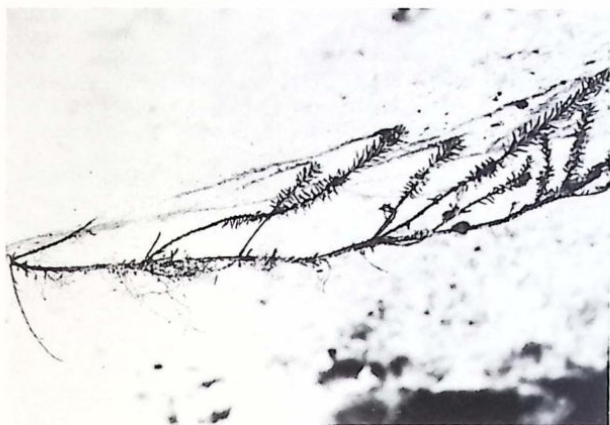


Abb. 31 Übersandete und bewurzelte Triebe von *Empetrum nigrum*.



Abb. 32 *Empetrum*-Polster in der Silbergrasflur am Budersand (Hörnum) .

Vor diesen Polstern staut sich der Westwind und wird seitlich abgedrängt. Dadurch und durch Wirbelbildungen östlich der Polster ergeben sich rings um sie Zonen stärkerer Ausblasung, in denen die Ansiedlung von Pflanzen erschwert ist. Die Polster sind demzufolge von einem vegetationsarmen Ring umgeben. Etwaige andere Ursachen für diese Erscheinung, die DÖRING (1963) vermutet, dürften nicht vorliegen.

Die Zusammensetzung der Vegetation in den 1 - 2 m<sup>2</sup> umfassenden Empetrum-Polstern (Tab. IX, 14-25) ändert sich im Vergleich zur Silbergrasflur hinsichtlich der Mengenverteilung der Pflanzen. Arten der offenen Silbergrasflur wie *Corynephorus canescens*, *Jasione montana*, *Hypochaeris radicata*, *Hieracium umbellatum* und *Ammophila arenaria* treten zurück. *Viola canina* fehlt meistens. Die Polster bieten empfindlichen Pflanzen Schutz vor Auswehung und Sandschliff. In ihnen treten *Teesdalia nudicaulis*, *Aira praecox*, *Ceratodon purpureus*, *Cladonia chlorophaea* und -*furcata* reichlicher als in der Silbergrasflur auf. In den alten Empetrum-Polstern wachsen *Dicranum scoparium* und *Hypnum cressiforme*. Beide Moose besiedeln nur ruhende Böden, und ihr Erscheinen zeigt an, daß die Hänge weitgehend gefestigt sind. Die Abnahme der Sandbewegung wirkt sich nachteilig auf die Ausbreitung von *Empetrum nigrum* aus, deren Vitalität an trockenen Dünenhängen in augenfälliger Abhängigkeit zur Sandbewegung steht. Nur in grundwassernahen Lagen am Fuße der Westhänge schließt sich die Empetrum-Heide ganz, während sie höher am Hang degeneriert, bevor sie diesen vollständig geschlossen hat. In den alten Empetrum-Polstern nehmen die Flechten überhand, und gleichzeitig treten die ersten Exemplare von *Calluna vulgaris* auf (Tab. IX, 26-28). Es entstehen wie in der küstennahen Heide muldenartig vertiefte Windrisse.

c. Die Wiederbesiedlung von Windmulden und die weitere Entwicklung der Vegetation an Luvhängen alter Wanderdünen

Die älteren Westhänge bestehen aus flechtenreichen Empetrum-Heideflächen, den in ihnen entstandenen Windmulden und den Resten der ursprünglichen Silbergrasflur.

Windmulden sind Ausblasungsgebiete verschieden großen Umfangs. An steilen Westhängen können sie sich rasch vergrößern und Anlaß zur erneuten Umlagerung der Dünen geben. An sanft abfallenden Luvhängen ruhender Wanderdünen und in ebenen Lagen der küstennahen Heide greifen sie selten um sich. Ihre Wiederbesiedlung erfolgt in beiden Gebieten durch gleiche, in Tab. X zusammengefaßte Gesellschaften.

Der Aufriß der flechtenreichen Heide führt zum Abtrag ihrer verwitternden Humusauflage. Die weitere Ausblasung fördert tiefer gelegene und weniger saure Sandschichten zutage, deren pH-Wert in 30 cm Tiefe unter der Humusschicht um 4,3 liegt, während die Werte des humusreichen Oberbodens selten niedriger als 3,2 sind. Die Änderung der pH-Verhältnisse begünstigt die sekundäre Ausbreitung vieler Arten in den Windmulden. Ihre anfangs kahlen Flächen werden von randlich eindringenden und sich auf ihnen ansiedelnden Pflanzen geschlossen. Von den Rändern aus entsendet *Carex arenaria* Rhizome, die den Sand durchziehen und ihn festigen. In den randlich entstehenden Anhäufungszonen des aus den Windmulden getragenen Sandes erfahren *Ammophila arenaria* und *Empetrum nigrum* eine Steigerung ihrer Vitalität durch die Übersandung. Gelegentlich fruchtet *Ammophila arenaria* an den Rändern der Ausblasungen (Abb. 24, S. 50). Triebe der durch Sandbedeckung verjüngten *Empetrum*-Heide bewurzeln sich und dringen in die Windmulden ein, in denen sich entsprechend der Pioniergesellschaft an Luvhängen wandernder Dünen eine Silbergrasflur ansiedelt (Tab. X, 1-13, Abb. 33).



Abb. 33 Junges Besiedlungsstadium einer Windmulde: *Carex arenaria* (unten rechts) und *Empetrum nigrum* vom Rande eindringend.

Eine vollkommene Schließung der Windmulden durch die randlich eindringende *Empetrum*-Heide erfolgt in der Regel nicht. In den alten, von *Empetrum* teilweise überwachsenen *Corynephorus*-Rasen stellt sich *Polytrichum pilosum* ein (Tab. X, 14-19). Das Auftreten dieses Moores ist bezeichnend für die älteren Besiedlungsstadien kleinflächiger Ausblasungen und für die zwischen den *Empetrum*-Polstern der Luvhänge verbliebenen Reste der ehemals einheitlichen Silbergrasflur.

Sehr flache Windmulden, aus denen nur die Humusaufgabe entfernt wurde, deren stark saure obere Sandschichten aber liegenblieben, werden direkt von *Polytrichum pilosum* und Flechten besiedelt (Tab. X, 20-24). Die Anreicherung an saurem Humus in den oberen Bodenschichten durch den *Polytrichum*-Rasen, der oft noch von benachbarten Windmulden leicht übersandet wird, bedingt das Zurücktreten von Arten der offenen Silbergrasflur und fördert die Ausbreitung von Flechten und *Calluna vulgaris*. Während die noch bewegten Sande junger *Corynephorus*-Rasen an den Westhängen um Hörnum einen pH-Wert von 4,4 und einen Humusgehalt von 0,4 % aufwiesen, steigt der pH-Wert im *Polytrichum*-Rasen der ältesten ruhenden Wanderdüne Sylts am Klappholtal (Listland) auf 3,6, im Extrem auf 3,1, der Humusgehalt auf 4,8 %.

Wie in fast allen Dünengebieten Sylts besteht auch in den Windmulden und an den Luvhängen wandernder Dünen die Tendenz zur Ausbildung einer *Calluna*-Heide. Am Westhang der Wanderdüne beim Klappholtal läßt sich die Besiedlungsfolge, deren Endglied eine flechtenreiche *Calluna*-Heide bildet, anhand von Literaturangaben recht gut verfolgen:

Nach BUCHENAU waren vor 1887 die Hänge am Klappholtal fast gänzlich kahl. Sie wurden von der Regierung mit *Ammophila arenaria*, *Elymus arenarius*, *Ulex europaeus* und Erlen bepflanzt. Es ist wahrscheinlich, daß sich *Corynephorus canescens* als Folgegras der absterbenden Strandhafer-Pflanzungen eingestellt hat. In der Silbergrasflur wird sich *Empetrum nigrum* ausgebreitet haben, denn bereits 1903 schreibt REINKE, daß die Hänge mit *Empetrum nigrum* und *Polytrichum* bewachsen waren.

Die rasche Ansiedlung der *Empetrum*-Heide in der Silbergrasflur kann gegenwärtig an den Luvhängen von Wanderdünen westlich von List beobachtet werden, wo sie in den letzten Jahren in starker Ausbreitung begriffen ist. Zwischen den *Empetrum*-Polstern finden sich dort schon die ersten Rasen von *Polytrichum pilosum*.

Nach Angaben von REINKE war *Calluna vulgaris* um 1903 am Klappholtal noch selten. Heute bedeckt sie dort einen großen Teil der Hänge. Sie



besiedelt die von *Polytrichum pilosum* bewachsenen Flächen (Abb. 34) und dringt in die degenerierenden *Empetrum*-Polster ein, in denen Flechten, vor allem *Cornicularia tenuissima* und -*muricata*, überwiegen (Tab. X, 25-29) .

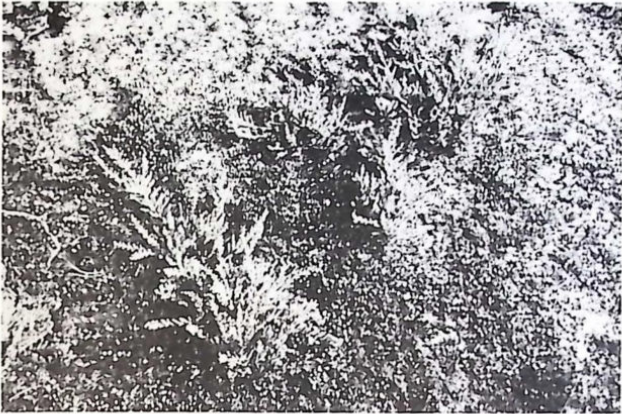


Abb. 34 Jungpflanzen von *Calluna vulgaris* im *Polytrichum pilosum*-Rasen .

Das Endstadium der Besiedlung des Westhanges am Klappholttal ist eine flechtenreiche, an höheren Pflanzen extrem arme Heide, in der *Empetrum nigrum* nur kümmerlich gedeiht (Tab. X, 30-34). Die *Calluna*-Heide, welche nicht so alt wie *Empetrum nigrum* wird, stirbt häufig ab, und es entstehen flache Ausblasungen, die spärlich mit *Corynephorus canescens*, in der Regel aber mit *Polytrichum pilosum* und Flechten wiederbesiedelt werden. Durch Jungpflanzen von *Calluna* in den *Polytrichum*-Rasen regeneriert die Heide. Es liegt also ein Sukzessionsverlauf in Form eines Regenerationszyklus vor (vgl. auch CHRISTIANSEN 1927) .

Der Westhang der Wanderdüne am Klappholttal trägt eine Heide, in der Stadien der Degeneration und Regeneration eng miteinander verzahnt sind. Eigenartig ist die terrassenartige Aufgliederung des Hanges (Abb. 35) . Sie kommt wahrscheinlich durch Windwirbel zustande, die ihn in regelmäßigen Abständen besonders stark angreifen .



Abb. 35 Luvhang einer alten Wanderdüne am Klappholttal, westlich davon ein sekundäres Dünenital ( vgl. S. 75 ).

Aufn. 35-41 der Tab. X zeigen einen besonderen Heidetyp an Innenflanken alter Parabeldünen nördlich von Kampen. Durch sehr leichte sekundäre Sandüberwehung von südlich und westlich gelegenen offenen Sandflächen wird *Ceratodon purpureus* stark gefördert. Wie in den leicht übersandeten *Festuca rubra*-reichen Gesellschaften der Küsten- und Wanderdünen gedeiht es hier unter der Heide in dichten und üppigen Rasen.

### 3. Die südexponierten Hänge

Die alten west-ost gestreckten Dünenzüge, stehengebliebene Teile wandernder Dünen, sind an ihren Nordhängen mit Heide bedeckt, während die südexponierten Gegenhänge gleichen Alters eine Graudünen-Vegetation mit eingestreuten *Empetrum*-Polstern tragen ( Abb. 36 ).



Abb. 36 Nord-und Südhang einer alten Düne im Listland .

Bodenanalysen gleichaltriger Nord-und Südhängen bei Hörnum brachten folgende Ergebnisse :

	organ. Substanz in 1 - 5 cm Tiefe	pH-Wert in 10-15 cm Tiefe
Heiden an Nordhängen	4,8 - 8,7 %	4,1 - 3,9
Graudünen an Süd- hängen	0,6 - 2,3 %	4,7 - 4,2

Die Exposition der Hänge wirkt sich auf den Humusgehalt und die Azidität der Sande sowie auf die Entwicklung der Vegetation aus. An den kühlen und feuchten Nordhängen häuft sich der aus abgestorbenen Pflanzenteilen entstehende Humus an der Oberfläche an und läßt den Boden rasch versauern. An den Südhängen hingegen erfolgt durch die zeitweilig starke Sonneneinstrahlung intensive Erwärmung und Durchlüftung der oberen Bodenschichten, wodurch die Verwitterung von Pflanzenresten gefördert wird. Die Humusbildung und Versauerung des Bodens sind entsprechend verzögert. Im Gegensatz zur schwärzlichen Humusaufgabe der

verheideten Nordhänge(Schwarzdüne)färbt sich der Sand an den Südhängen lichtgrau ( Graudüne ) .

Trockenheit und starke Temperaturschwankungen verhindern die Ausbreitung der Empetrum-Heide an den alten Südhängen. Es siedeln sich auf ihnen Graudünen-Gesellschaften an. Steile Hänge, deren Sande durch die erodierende Wirkung von Niederschlägen und Austrocknung bei Erwärmung hangabwärts wandern, tragen einen lockeren Bewuchs(Tab. XI, 1-5), der den älteren Corynephorus-Rasen an Westhängen wandernder Dünen und in Windmulden ähnlich ist. Südhänge niedriger und flacher Dünenzüge um Hörnum schließen sich über ein *Cladonia furcata*- und *Thymus serpyllum*-reiches Stadium (Tab. XI, 6-11). Die weitere Entwicklung führt zu einer flechtenreichen Graudünen-Gesellschaft (Tab. XI, 12-17), in der *Cladonia mitis*, -*sylvatica* und -*impexa*, unter den Gefäßpflanzen *Hieracium pilosella*, *Thymus serpyllum* und *Galium verum* vorherrschen. Das Auftreten von etwas anspruchsvolleren Arten wie *Cerastium caespitosum*, *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale*, *Poa pratensis*, *Erodium cicutarium*, *Viola tricolor* und *Trifolium repens* in dieser Gesellschaft deutet auf gelegentliche Eutrophierung des Bodens durch Mövendung. Dafür spricht auch der pH-Wert des Sandes, der mit pH 4,9 für alte Dünen Sylts ungewöhnlich niedrig ist.

Sehr alte Südhänge im Listland sind mit einer *Calluna*-Heide bewachsen. Wahrscheinlich ist diese aus flechtenreichen Graudünen-Gesellschaften entstanden. Übergangsstadien wurden auf Sylt nicht beobachtet, jedoch in ähnlichen Gesellschaften auf den Dünenkuppen(vgl. S. 69f) und an flechtenreichen Südhängen der Dünen an der jütischen Nordseeküste ist eine Einwanderung von *Calluna vulgaris* festzustellen.

Aufn. 18-20 der Tab. XI entstammen vertretenen und beweideten Dünen nördlich der Jugendherberge Mövenberg auf List. Der hohe Anteil von *Calluna vulgaris* in der Graudüne und in benachbarten alten Heiden deutet darauf hin, daß diese Gesellschaft nach Vernichtung der Heide entstanden ist. *Calluna vulgaris* ist durch den Vertritt stark zurückgegangen, und *Empetrum nigrum*, welche keinen Verbiß verträgt, fast ganz verschwunden. In den beweideten Graudünen wächst selten *Silene Otites*. Von BUCHENAU (1887) wurde diese Art als auf begrasten Dünen von Sylt, Amrum und Röm gedeihend beschrieben. Nach mündlicher Mitteilung von Dr. CHRISTIANSEN (Kiel) tritt sie in ähnlichen Gesellschaften bei Norddorf ( Amrum ) auf.



#### 4. Die Kuppen west-ost gestreckter Dünenzüge

In den verheideten Dünengebieten des Listlandes und der Hörnum-Halbinsel fallen die Kuppen west-ost gelagerter, niedriger Dünenzüge durch ihre helle, gelb-grüne Färbung auf, die sie von der umgebenden dunklen Heide abhebt ( Abb. 37 ).



Abb. 37 Artenreiche Graudünen-Gesellschaft auf den Kuppen niedriger Dünenzüge im Listland.

Die auf ihnen wachsenden artenreichen Graudünen - Gesellschaften verdanken ihre Entstehung besonderen Umständen: Wenn die zurückbleibenden Seitenteile wandernder Dünen aus dem Übersandungsbereich rücken, weichen die Strandhafer-Bestände auf ihren vom Winde flachgeschliffenen Kuppen einer offenen Silbergrasflur, in der sich spärlich *Empetrum nigrum* ansiedelt. Möven suchen bei stürmischem Wetter und zur Flutzeit oft die Binnendünen auf. Als Rastplätze bevorzugen sie die

mit niedrigen *Corynephorus*-Rasen bewachsenen Kuppen, da sie einerseits gern auf Erhebungen sitzen, andererseits sich nicht im hohen Heidekraut oder zwischen dicht stehenden *Ammophila*-Halmen niederlassen. Nördlich von Hörnum wurden z. B. auf einem 60 m langen Teil eines Dünenrückens 46 Silbermöven und 2 Mantelmöven nebeneinander sitzend gezählt.

Die Nährstoff-, vor allem die Stickstoffanreicherung auf diesen Dünen durch Kot und Speiballen der Möven ist beträchtlich. Messungen über die Zunahme des Phosphorsäure-, Ammoniak- und Kalkgehalts in Heideböden durch Mövendung wurden von GESSNER (1932) auf Hiddensee durchgeführt. Die Ausbreitung der Heide auf von Möven besuchten Dünen wird durch die Nitratzufuhr gehemmt, deren schädigende Wirkung auf *Calluna vulgaris* von GESSNER (1932) beschrieben wurde. LUTHER (1961) führt das Verschwinden von *Empetrum nigrum* auf den Meeresfelsen von Tvärminne auf die Zunahme der Zahl brütender Möven und Seeschwalben zurück.

Auf den Mövenrastplätzen der Dünenkuppen entsteht zunächst ein dichter *Festuca rubra*-Rasen, in dem *Bryum argenteum* häufig zu finden ist. Mit *Festuca rubra* bewachsene Kuppen wurden auf Sylt um Hörnum und auf Amrum südlich von Norddorf gesehen. Von Zeit zu Zeit wechseln die Möven ihre Rastplätze. Mit dem Ausbleiben der Nitrifikation und der Verarmung des Sandes durch Auswaschung der Nährsalze ändert sich die Vegetation der Kuppen. Der *Festuca rubra*-Rasen weicht einer artenreichen Graudünen-Gesellschaft, und der Boden wird mit zunehmender Alterung saurer und humusreicher. Die ältesten, d. h. die am längsten von Möven aufgegebenen Kuppen liegen im Listland, die jüngeren und teilweise noch gegenwärtig besuchten um Hörnum. Vergleichende Bodenuntersuchungen ergaben folgendes Bild:

	organ. Substanz	pH-Wert	CaCO <sub>3</sub>
Bodentiefe	0 - 5 cm	10-15 cm	0 - 5 cm
junge Kuppengraudüne bei Hörnum	1,8 %	5,7	0,2 %
alte Kuppengraudüne im Listland	4,9 %	3,9	-

Die Graudünen-Gesellschaften auf den Kuppen (Tab. XII) sind denen der Südhänge (Tab. XI) sehr ähnlich. An höheren Pflanzen herrschen *Galium*

verum, *Hieracium pilosella*, *Trifolium arvense* und *Thymus serpyllum* vor. Im Vergleich zu den Südhängen treten die Flechten zurück, und Moos, besonders *Polytrichum juniperinum*, sind reichlicher vorhanden.

Auf den jüngeren Kuppen um Hörnum (Tab. XII, 1-5), seltener im Listland, wachsen *Corynephorus canescens*, *Festuca rubra*, *Cerastium tetrandrum*, *Lotus corniculatus*, *Viola canina*, *Taraxacum officinale*, *Arenaria serpyllifolia*, *Brachythecium albicans* und *Bryum argenteum* regelmäßiger als auf den älteren. Das basiphile Moos *Syntrichia ruralis* fehlt den kalkfreien Dünen Sylts. Es gedeiht selten an Stellen, die eine gewisse Kalkanreicherung aufweisen, wie auf dem Trümmerschutt gesprengter Bunker, auf der muschelreichen Insel Uthörn im Kaiserhafen und auch in den Graudünen jüngerer Kuppen, auf denen Bruchstücke von Muschelschalen und Krebsscheren zerfallen.

Nach JESSEN beherbergte das Listland um 1914 eine große Mövenkolonie. Tausende von Möven nisteten auf den Dünen, besonders auf den Kuppen der Wanderdünen. Heute sind sie von dort fortgezogen, vermutlich zur Vogelkolonie auf Amrum, aber ihre Nist- und Rastplätze sind als Graudünen auf den Kuppen erhalten geblieben, deren Vegetation (Tab. XII, 6-15) auf den ausgelaugten Sanden ein weiteres Entwicklungsstadium der Kuppengraudünen um Hörnum bildet und sich diesen anschließt. *Trifolium repens* kann in den Gesellschaften der älteren Kuppen dominieren (Tab. XII, 6). Die zunehmende Auslaugung und Azidität des Sandes lassen die Arten jüngerer Kuppen zurücktreten, und Pflanzen stark saurer Sande wie *Polytrichum pilosum*, *Filago minima*, *Festuca ovina* und *Calluna vulgaris* stellen sich ein. An kleinen südexponierten Flächen nimmt die Bedeckung der Flechten zu (Tab. XII, 8-10).

Die Kuppen-Graudünen des Listlandes zeigen eine deutliche Entwicklung zur *Calluna*-Heide. Häufig verläuft diese Entwicklung über ein Stadium, in dem *Rosa spinosissima* bis zu 40 % der Fläche einnehmen kann. Der Prozeß der Verheidung vollzieht sich offenbar sehr langsam. Auf den Kuppen, deren Rasen durch Kaninchen-Verbiß kurzgehalten werden, dringt *Calluna vulgaris* nur zögernd ein. Sicher ist auch der über die exponierten Kuppen streichende Wind einer raschen Ausbreitung der Heide hinderlich. Absterbende *Calluna*-Pflanzen wurden dort neben Jungwuchs festgestellt.

Nach Ausführungen von DÖRING (1963) stellen die Graudünen der Kuppen ein artenreiches Degradationsstadium der Sylter Dünenheide dar. Diese Ansicht kann nicht geteilt werden. Die Dünen um Hörnum, deren Sande länger als die des Listlandes umgelagert wurden, waren bestimmt niemals mit *Calluna vulgaris* bewachsen, und eine Besiedlung der Dünen-

kuppen durch *Empetrum nigrum* wird nur ausnahmsweise erfolgt sein, da die Ausbreitung der Krähenbeer-Heide in trockenen Dünengebieten von der Übersandung abhängt, welche jedoch an den zurückbleibenden Teilen wandernder Dünen nicht mehr stattfindet. Nach unseren Beobachtungen entwickeln sich die Graudünen auf den Kuppen unter dem Einfluß der Eutrophierung durch Möven aus einer Silbergrasflur, die ihrerseits die Folgegesellschaft degenerierender *Ammophila*-Bestände ist. Einzelne *Empetrum*-Polster in der Silbergrasflur mögen durch die Düngung vollends eingegangen sein. Ferner besteht kein Grund zu der Annahme, daß die Graudünen auf den älteren Kuppen der Listland-Dünen aus einer Heide hervorgegangen seien, denn deren Vegetation trägt die gleichen Hauptmerkmale wie die der Kuppen um Hörnum. Außerdem ist aus der von JESSEN (1914) veröffentlichten morphologischen Karte des Listlandes ersichtlich, daß die west-ost gestreckten Dünenzüge um 1914 auf ihren Kuppen und an den Südhängen vorwiegend mit einer Grasdünenflora bedeckt waren.

#### 5. Die Vegetation der Dünentäler

Dünetäler entstehen entweder auf dem Strand durch Bildung eines neuen Dünenwalls, der einen zwischen ihm und der alten Vordünenkette gelegenen Teil der Strandebene abriegelt, oder bei der äolischen Umsetzung der Dünen durch Abtrag des Sandes an ihrer Luvseite bis auf das Niveau des kapillar aufsteigenden Grundwassers ( Abb. 38 ). Der 1. Typ wurde von VAN DIEREN ( 1934 ) als primäres, der 2. als sekundäres Düental bezeichnet.





Abb. 38 Junges, noch unbesiedeltes sekundäres Dünental. Das kapillar aufsteigende Grundwasser erscheint als dunkler Fleck in der Bildmitte. (Amrum).

Primäre Dünentäler finden sich in den Dünengebieten an der Westküste Schleswig-Holsteins nur auf Amrum am Weststrand zwischen Wittdün und Nebel. Auf Sylt ist eines an der Südspitze von Hörnum in Bildung begriffen, aber es ist noch zum Strand offen und wird bei hohen Fluten überspült. Die übrigen Täler Sylts sind sekundär. Sie nehmen auf der südlichen und nördlichen Halbinsel große Flächen an der Westseite wandernder Dünen ein. Die jeweiligen Grundwasserverhältnisse zur Zeit ihrer Bildung lassen verschieden tiefe Täler entstehen. Bedingt durch Perioden mehr oder minder großer Niederschlagsmengen schwankt der Grundwasserspiegel. In trockenen Jahren bei niedrigem Grundwasserstand wird die Talsohle besonders vertieft, und die entstandenen Täler führen in Jahren mittlerer Niederschläge Wasser. Andere in regenreicheren Perioden entstandene Täler sind zumindest in den Sommermonaten nicht überschwemmt.

Wenn durch das anstehende Grundwasser ein weiterer Sandabtrag aus den Tälern verhindert wird, siedeln sich Pflanzen in ihnen an. Im Vergleich mit der reichen Flora der Dünentäler auf den ostfriesischen Inseln sind jene auf Sylt wie auch auf Amrum und Eiderstedt sehr arten-

arm. Diese Armut ist in erster Linie durch den geringen Nährstoffgehalt der Täler bedingt, welcher sich im hohen pH-Wert ihrer Sande spiegelt. In rein sandigen Tälern nördlich von Hörnum wurden pH-Werte um 4, 7, in humosen Sanden randlicher Erica-Heiden um 3, 9 ermittelt.

Die Pflanzengesellschaften der Täler Sylts sind in Tab. XIII nach ihrer zunehmenden Entfernung vom sommerlichen Grundwasserstand von links nach rechts geordnet. Für alle Gesellschaften sind die hochsteten Arten *Carex stolonifera* und *Salix repens* charakteristisch.

Auch während der Sommermonate in ihrer vertieften Mitte wasserführende Täler wurden auf Sylt fast nur nördlich von Hörnum gesehen. Das Wasser steht dort wenige Zentimeter über dem Boden, oder dieser liegt etwa auf der Höhe des kapillar aufsteigenden Grundwassers. Auf reinen Sanden dieser Täler dominiert *Littorella uniflora* (Tab. XIII, 1-5). *Juncus bulbosus* und *Carex stolonifera* gedeihen vorwiegend auf Sanden, die mit einer feinen Schicht von Ablagerungen unzersetzten organischen Materials bedeckt sind (Tab. XIII, 6-9). Sphagnum, meistens *Sphagnum subsecundum* s. l., besiedeln den nassen Boden. Selten ist in kleinen Vertiefungen der nach CHRISTIANSEN (1961) für die nordfriesischen Inseln als ausgestorben geltende Pillenfarn (*Pilularia globulifera*) zu finden. An den höheren Rändern der Täler treten *Drepanocladus aduncus* und in wenigen Exemplaren *Juncus pygmaeus* auf (Tab. XIII, 10 - 13).

Die Zwergbinse zeigt auf den nordfriesischen Inseln ein eigenartiges Verhalten. In manchen Jahren kommt sie in großen Mengen vor, in anderen ist sie nur selten anzutreffen. Sie wächst an den grobsandigen Randzonen tiefer Täler, wo ihre Samen von den Wellen winterlich erüberflutungen zusammengespült werden (Tab. XIII, 14-18), oder auf den humusarmen Sanden geplagter, nasser Täler (Tab. XIII, 19-23). Es ist wahrscheinlich, daß sie mit dem dichter werdenden Pflanzenteppich und der Ablagerung von Rohhumus aus den Tälern verschwindet.

Die Entwicklung der Vegetation ist in fast allen Tälern durch Abplaggen der aus abgestorbenen und schwer zersetzbaren Pflanzenteilen entstehenden Rohhumusauflage unterbrochen. Die Torfe der Erica- und *Vaccinium uliginosum*-reichen Heiden wie auch der mit *Carex stolonifera* und Sphagnum bewachsenen Täler werden geplaggt, und der bare Sand tritt zutage. Dieser wird allmählich wieder von einer Pflanzendecke überzogen.

Die Vegetation der wiederbesiedelten Sandflächen ist entsprechend ihrer Entfernung vom sommerlichen Grundwasserstand zusammengesetzt. In den tiefen Lagen, wo das Wasser bis an die Oberfläche dringt, dominiert

*Juncus bulbosus*, und *Littorella uniflora* tritt wieder auf ( Tab. XIII, 24-31 ) . Flächen, die wenig über dem Grundwasserniveau liegen, werden hauptsächlich von *Carex stolonifera* wiederbesiedelt ( Tab. XIII, 32-41). Die starke Ausbreitung dieser Art in den Tälern Sylts ist sicher auf die Plaggenentnahme zurückzuführen, denn in den ungeplagkten Tälern angrenzender Dünengebiete tritt sie selten derartig in Erscheinung. *Drepanocladus aduncus*, *Acrocladium cuspidatum* und *Gymnocolea inflata* sind die häufigsten Moose in der *Carex stolonifera*-reichen Gesellschaft. In ihr wächst selten *Drosera intermedia*. Diese Art wurde nur im Süden Sylts beobachtet. *Nardus stricta*, ein charakteristischer Bestandteil der grundwassernahen *Erica* - Heiden, kommt vereinzelt in den von *Carex stolonifera* besiedelten Flächen vor. Jungpflanzen von *Erica tetralix* sind dort oft zu finden, aber ältere Pflanzen wurden nicht gesehen. *Erica tetralix* übersteht längere Überflutungen im Winter nicht, und die grundwassernahen *Erica*-Heiden markieren entweder in ringförmiger Zonation um tiefere Täler die Höhe des normalen winterlichen Wasserstandes, oder sie wachsen in Tälern, deren Sohlen darüber liegen. Abb. 35 auf S. 66 zeigt das Klappholttal im Sommer. Die hellen Flächen sind die am tiefsten gelegenen. Sie sind mit *Carex stolonifera* bewachsen und stehen im Winter unter Wasser. Die dunkel gefärbten Teile bezeichnen *Erica*-Heiden auf kleinen Erhebungen und an höheren Talrändern, die im Winter nicht oder zumindest nur kurze Zeit überschwemmt sind. Abb. 39 wurde im Winter 1961 bei Hörnum aufgenommen. Im Sommer führt dieses Tal nur an wenigen Stellen Wasser. Es ist großflächig mit *Littorella uniflora*, *Juncus bulbosus* und *Carex stolonifera* besiedelt, und *Erica tetralix* tritt nur an den Rändern auf.



Abb. 39 Im Winter überschwemmtes  
Tal nördlich von Hörnum .

In Aufn. 41-66 der Tab. XIII sind die Erica-Heiden oberhalb des normalen winterlichen Grundwasserstandes zusammengestellt. Sie sind besonders im Listland, seltener auf der südlichen Halbinsel ausgebildet. Die ihnen gemeinsamen Arten *Erica tetralix*, *Vaccinium uliginosum* und *Vaccinium oxycoccus*, ferner die ihnen fehlenden oder nur spärlich vertretenen Arten wie *Agrostis stolonifera*, *Juncus bulbosus*, *Potentilla Anserina*, *Heleocharis pauciflora* und *Drosera intermedia* unterscheiden sie von den Gesellschaften der nassen Täler .

Die grundwassernahen Heiden sind durch das Auftreten von *Nardus stricta*, *Eriophorum angustifolium* und *Drosera rotundifolia* charakterisiert ( Tab. XIII, 41 - 55 ) .

Aufn. 41-47 der Tab. XIII bezeichnen den feuchtesten Typ der Erica-Heide, wie er meistens an den Rändern der nassen Täler vorkommt. Er bildet den Übergang zur *Carex stolonifera*-reichen Gesellschaft tieferer Lagen. Sphagnen sind stark vertreten. In ihren Polstern wächst hin und wieder *Hamarbya paludosa*.

Die weniger feuchten und geplaggtten Täler (Tab. XIII, 48-55) sind gleich den von *Carex stolonifera* besiedelten, tiefer gelegenen Flächen mit ei -



nem dichten Rasen von *Gymnocolea inflata* überzogen, *Lycopodium in-undatum*, *Juncus filiformis*, -*squarrosus*, *Polytrichum commune* und *Pedicularis silvatica* sind typische Besiedler dieser Täler, in denen *Empetrum nigrum* und *Calluna vulgaris* regelmäßig gedeihen. Selten wurden hier *Carex trinervis* und *Juncus anceps* gefunden.

In den grundwasserferneren Heiden ( Tab. XIII, 56 - 66 ) treten die Arten der feuchten Erica-Heide zurück, *Empetrum nigrum*, *Erica tetralix*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium uliginosum* und *Salix repens* sind die vorherrschenden Arten dieser Gesellschaft. Vom feuchteren Typ trennt sie sich durch das Auftreten von *Sieglingia decumbens*, *Luzula campestris* ssp. *multiflora*, *Carex arenaria*, Moosen und anderen Pflanzen trockener Dünen, sowie in sehr alten Heiden durch den hohen Anteil an Flechten.

Eine Sonderstellung innerhalb der Gesellschaften der feuchten Täler Sylts nehmen die eines Tales bei Puan Klent nördlich von Hörnum ein. (Tab. XIV). Die Gesellschaftszonierung von der nassen Mitte zum trockeneren Rand ist entsprechend den übrigen Tälern ausgebildet, *Carex stolonifera* wird hier jedoch weitgehend durch *Deschampsia setacea* ersetzt.

## 6. Der Ellenbogen

Der Ellenbogen im Norden Sylts ist nach GRIPP und SIMON ( 1940 ) das in nördlicher und östlicher Richtung wachsende Ende des Listland-Hakens, dessen Umbiegen nach Osten durch die west-ost gerichtete Strömung des Lister Tiefs bewirkt wurde.

Während an der zurückweichenden Westküste Sylts das Dünenbildungsgebiet nach Osten gedrängt wird, entstanden auf dem bis in jüngste Zeit sich verbreiternden Nordstrand des Ellenbogens mehrere parallel zu ihm gestreckte, in west-östlicher Richtung verlaufende Dünenzüge. Durch ihre west-ost ausgerichtete Lage bieten sie den vorherrschend westlichen Winden wenig Angriffspunkte und sind somit vor Umlagerungen geschützt. Sandzufuhr erfolgt nur in die nördliche Stranddünenkette. Die Vegetation der alternenden Dünen entwickelt sich also unbeeinflusst von Übersandungen und Zerstörungen durch den Wind.

Die Azidität der Dünenansande unterscheidet sich nicht wesentlich von der in anderen Dünengebieten Sylts. Spuren von Kalk sind nur in den Sekundärdünen vorhanden, und der pH-Wert steigt mit dem Ausbleiben der Sandzufuhr rasch an. In der *Ammophila*-Düne auf dem Nordstrand wurden Werte um 5, 8, in den jüngeren Tertiärdünen um 4, 7, in den ältesten Dünen an der Südseite des Ellenbogens ein Wert von 4, 1 festgestellt (Proben aus 10 - 15 cm Bodentiefe) .

Die Verteilung der Korngrößen in den Dünen des mittleren Ellenbogens ändert sich mit ihrer Entfernung vom Strand. Die ältesten Dünen haben den feinsten, die jungen auf dem Nordstrand den gröbsten Sand :

	> 0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	mm
Dünen auf dem Nordstrand	60,1	39,87	0,03	0	%
mittlere Dünenkette	11,45	84,1	3,9	0,55	%
Alte Dünenkette a. d. Südflanke	4,5	71,63	23,1	0,77	%

Die Korngrößenverteilung in den älteren Dünen ist der in den Küstendünen bei Hörnum ähnlich ( vgl. S. 43 ), und der Sand der jungen Dünen auf dem Nordstrand entspricht in seiner Zusammensetzung dem Grobsand auf kaum vom Winde umgelagerten Fluthaken bei List und Hörnum. Wahrscheinlich hängt die unterschiedliche Korngrößenverteilung auf dem Ellenbogen mit einer Änderung der Strandverhältnisse zusammen. Zur Entstehungszeit der ältesten Dünenketten an der Südflanke muß vor ihnen ein breiter Strand ausgebildet gewesen sein, auf dem Winde den Sand über weite Strecken vertragen. Da der Flugsand im allgemeinen feiner als der von Meeresströmungen verdriftete und vom Winde über nur kurze Strecken verlagerte Sand ist, wäre auf Grund der Korngrößenverteilung in den Dünen des mittleren Ellenbogens anzunehmen, daß die Zuwachsraten des Nordstrandes allmählich kleiner und die vegetationsfreien Strandbereiche zwischen NN und dem äußeren Dünengürtel schmaler wurden. Auf dem heute vielerorts schmalen und steilen Strand legen von der Brandung ausgeworfene Sande nur einen kurzen Weg bis in die äußeren Dünen zurück, welche entsprechend grobkörnig sind. Für eine Verschmälerung des Strandes spricht ferner die von GRIPP und SIMON noch um 1940 beobachtete intensive, gegenwärtig aber geringe Dünenbildung auf dem Nordstrand. Kleine Primärdünen mit *Agropyron junceum*, meistens auf der Basis alter Spülsäume, wurden nur im Nordwesten des Ellenbogens gesehen. Im Vergleich zu denen auf ausgedehnten Sandplatten wie dem Kniepsand auf Amrum oder den Anwachsgebieten der ostfriesischen Inseln sind sie ohne Bedeutung.

Den äußeren Dünengürtel am Nordstrand bildet in der Regel eine mit *Ammophila arenaria* bestandene Sekundärdüne, in der vereinzelt *Agropyron junceum*, *Cakile maritima* und *Minuartia peploides* wachsen (Tab. XV, 1-12). *Lathyrus maritimus*, ein wesentlicher Bestandteil der Se-

kundärdünen-Gesellschaften an der Westküste Sylts, tritt auf dem Ellenbogen nur spärlich auf.

Die *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft der älteren Sekundärdünen (Tab. XV, 13-20) ist häufig nur schwach entwickelt und geht in eine Silbergrasflur über, die auf den sauren und armen Sanden vielfach direkt die *Ammophila*-Gesellschaft ablöst. Artenreichtum und -zusammensetzung der Silbergrasflur (Tab. XV, 21-28) sind der ebenfalls nicht übersandeten südlich von Hörnum sehr ähnlich (vgl. Tab. VI).

Die alten Dünen des Ellenbogens tragen eine kurzrasige Graudünen-Vegetation (Tab. XV, 29-38), deren Übereinstimmung mit den Gesellschaften der Dünenkuppen um Hörnum und im Listland auffällt (s. Tab. XII). Der wirksamste Faktor für die Ausbildung dieser artenreichen Gesellschaften ist die intensive Beweidung der Dünen durch Schafe. In der Graudüne und im *Corynephorus*-Rasen wächst *Galium pumilum*. Diese Art erreicht auf dem Ellenbogen die südliche Verbreitungsgrenze ihres jüdischen Küstenareals. *Calluna vulgaris* wurde nur in einzelnen Exemplaren im Westteil des Ellenbogens gesehen. Dort wandert sie in hauptsächlicher von *Festuca ovina* besiedelte Graudünen ein.

In den übersandeten Dünen an der Westküste Sylts breitet sich die *Empetrum*-Heide aus, den Dünen des Ellenbogens fehlt sie dagegen fast ganz. Der Grund hierfür ist einmal in der ausbleibenden Übersandung zu sehen, auf die *Empetrum nigrum* in trockenen Dünengebieten angewiesen ist, wesentlicher wirkt sich aber der starke Weideeinfluß auf die Ansiedlung der Krähenbeer-Heide aus, welche gegen Verbiß sehr empfindlich ist. An wenigen Nordhängen gedeiht sie im Schutze hoher Grasbestände von *Ammophila arenaria*, *Agrostis tenuis* und *Carex arenaria*, die von weidenden Schafen gemieden werden (Tab. XV, 39-43).

Der größte Teil der alten Dünen ist von einem geschlossenen Graudünenteppich bedeckt. Nur die Südhänge tragen eine offene Vegetation, in der *Corynephorus canescens* und Flechten dominieren (Tab. XV, 44-52). *Rhacomitrium canescens* ist dort reichlicher als in den übrigen Dünen Sylts vertreten.

## 7. Über die Verheidung der Dünen Sylts

Die Heide bildet auf Sylt das Folgestadium fast aller Pflanzengesellschaften junger Dünen und das vorläufig überschaubare Endglied der Vegetationsentwicklung. Die Ausbildung einer Graudünen-Vegetation erfolgt nur auf Böden, die nicht mehr übersandet oder bewegt sind. Auf



Grund der großen Konkurrenzkraft von *Empetrum nigrum* auf den nährstoffarmen und bewegten Sanden sind die Küstendünen und umgelagerten Binnendünen bereits verheidet, bevor sie soweit zur Ruhe kommen, daß die Entwicklung von Graudünen-Gesellschaften auf ihnen möglich wäre. Ausnahmen davon bilden die Dünen des Ellenbogens und die Kuppen von stehengebliebenen Teilen alter Wanderdünen. Ihnen gemeinsam sind die parallele Lage zur vorherrschenden Windrichtung, die sie vor Umlagerungen schützt, die fehlende Übersandung und die durch Düngung und Weideeinfluß verzögerte Verheidung. Es stellt sich auf ihnen eine Graudünen-Vegetation stark acidiphilen Charakters ein.

Abgesehen von den Gesellschaften der Dünenkuppen und vielleicht der Südhänge, in die *Calluna vulgaris* direkt einwandert, beginnt die Verheidung der Dünen Sylts mit *Empetrum nigrum*, und die *Calluna*-reiche Heide stellt sich als Folgegesellschaft der *Empetrum*-Heide ein. Dieses hängt eng mit der Umlagerung der Dünen zusammen. *Empetrum nigrum* wird in ihrer Ausbreitung durch Übersandung sehr begünstigt und erweist sich auf Sylt neben *Corynephorus canescens* als die fähigste Pflanze, saure und zugleich bewegte Sande zu besiedeln. Auf einen bestimmten Humusgehalt des Bodens ist sie nicht angewiesen. *Calluna vulgaris* hingegen verträgt keine Übersandung. Sie siedelt sich erst auf ruhenden Böden an. Nach ZIEGENSPECK ( 1929 ) bevorzugt sie ein saures Substrat, und für Sylt wurde festgestellt, daß sie sich vorwiegend auf Böden ausbreitet, deren Sande einen pH-Wert um 3,9 in 10 - 15 cm Tiefe und einen Humusgehalt um 5 % im Oberboden aufweisen.

Die senkrecht zum Westen gelagerten Dünen an der Westflanke Sylts werden solange nach Osten gedrängt, bis sie den Angriffen der Westwinde entweder in Form von parallel zu ihnen gestreckten Dünenzügen oder durch Abflachung der Luvhänge wandernder Dünen entzogen sind. Das Auftreten von *Calluna vulgaris* in ihnen zeigt an, daß der Boden langeruht und sich mit Humus anreichern konnte, daß die Dünen also eine Gestalt angenommen haben, die sie vor weiteren äolischen Umsetzungen schützt.

Die Dünen der Hörnum - Halbinsel sind jünger und wurden insgesamt länger umgelagert als die des Listlandes. Nach BUCHENAU gab es 1887 um Hörnum weder *Empetrum nigrum* noch *Calluna vulgaris*. Bereits 1903 finden sich bei REINKE Angaben über die Ausbreitung der *Empetrum*-Heide bei Hörnum. Sie wäre demnach in 17 Jahren dort eingewandert. Auch gegenwärtig überwiegt sie noch auf der südlichen Halbinsel.



Im Gegensatz zur raschen Besiedlung der Dünen durch *Empetrum nigrum* dringt *Calluna vulgaris* nur langsam vor. 1903 war sie nach REINKE bei Rantum und Hörnum noch selten. Auch 1962 wurden dort nur wenige Heiden gesehen, in denen *Calluna vulgaris* größere Flächeneinnahme. Auf den längere Zeit ruhenden Böden des Listlandes ist sie dagegen stärker als *Empetrum nigrum* vertreten.

## B. Das Dünengebiet der Insel Amrum

Die nordfriesische Insel Amrum besteht wie ihre Nachbarinsel Sylt aus dem diluvialen Kern und zwei nördlich und südlich daran anschließenden, mit Dünen besetzten Haken. Nach JESSEN (1932) begann die Hakenbildung auf Amrum während der Litorinasenkung, als durch Meereserosion freigewordenes Material vom Küstenstrom nach Norden und Süden verfrachtet wurde. Westlich des heutigen Kniepsands lag vermutlich ein tertiärer oder diluvialer Rücken (vgl. MÜLLER 1937), auf dem Dünen entstanden, als nach der Litorinazeit sich weite Sandflächen über den Meeresspiegel erhoben. Die Dünen wurden unter der Wirkung von Brandung und Wind nach Osten an den Geestkern gedrängt, den sie überwanderten. Dem westlichen Teil des Diluvialkörpers sind Dünen in unterschiedlicher Breite und Stärke aufgelagert. Ihr Sand ist bei der Überwanderung mit eisenhaltigen diluvialen und postdiluvialen Sanden untermischt worden und hat eine gelbliche Tönung angenommen. Im südlichen Teil Amrums fehlt der Diluvialkern. Dort behielt der Meeressand seine ursprüngliche weiße Farbe. Ebenso ist der Sand der jüngsten Dünenbildungen unverfärbt.

Im Gegensatz zum steil abfallenden Diluvialkliff im Westen Sylts senkt sich der Geestkörper in der Mitte Amrums mit seiner natürlichen Oberflächenneigung zum Weststrand hinab. Sein teilweise von jungen Dünenbildungen überdeckter Rand ist nach Untersuchungen von JESSEN (1932) kein rezent Kliff, sondern die alte Litorinaküste. Sie und die Dünen sind der Brandungswirkung der See durch den vorgelagerten Kniepsand entzogen, dessen ausgedehnte Plate ein neuzeitlicher Landanwuchs ist.

### I. Die Vegetation der Dünen

Primärdünen mit *Agropyron junceum* sind auf dem Kniepsand zwischen der Satteldüne und dem Quermarkenfeuer sowie vor dem versandeten alten Hafen Norddorfs ausgebildet. Die Primärdünenbildung findet dort schon seit Jahrzehnten statt (vgl. REINKE 1903 und 1909), jedoch sind die Dünen nicht über das Stadium isolierter Sandhügel hinausgewachsen. Ihr Zusammenschluß zu ausgedehnten Komplexen war 1962 nur westlich vom Quermarkenfeuer angedeutet. Übergänge in sekundäre *Ammophila*-Dünen

wurden nicht beobachtet. Angaben über die Verbreitung und das weitere Schicksal der Primärdünen auf dem Kniepsand können nur ungenau sein, da sich dessen Gesicht stets verändert. Gebiete stärkerer Sandablagerung und Dünenbildung werden in folgenden Jahren von Hochfluten zerstört, und neue Dünen bilden sich an anderen Stellen. In den letzten Jahren wurde festgestellt, daß sich das Dünenbildungsgebiet auf dem Kniepsand von Süden nach Norden verlagert. Hochfluten hatten die Primärdünen westlich der Satteldüne bis auf ihre stark durchwurzelten Kerne abgetragen, die als Kupsten auf der Plate standen, und im Norden am Quermarkenfeuer entstand ein neues Primärdünenfeld.

Hemmend auf die weitere Entwicklung der Primärdünen wirkt sich ferner die Vernichtung der *Agropyron junceum*-Bestände durch Kaninchen aus. Bei Ebbe wandern diese weit auf den Kniepsand hinaus, um die saftigen Triebe von *Agropyron junceum* abzuweiden. Auf zahlreichen Primärdünen wurden nur noch wenige cm aus dem Sande ragende Reste der Sprosse gesehen.

Die wesentliche Dünenbildung vollzieht sich nicht auf dem Kniepsand selbst, sondern an dessen Ostrand. Der durch Winderosion von seiner Plate abgetragene Sand sammelt sich am Fuße der Westdünen und der Geestkante. Die dort entstehenden Vordünen heben sich durch die rein weiße Farbe ihres Sandes von den sich anschließenden gelblichen Bindendünen ab. Die Erweiterung des Dünengürtels an der Kniepsand-Plate erfolgt schon seit mindestens 150 Jahren. Seine Ausdehnung nach Westen betrug nach Angaben von MÜLLER (1937) zwischen Wriakhörn und der Satteldüne von 1799 bis 1927 etwa 250 - 300 m. Im Gegensatz zur retrogressiven Westküste Sylts ist auch gegenwärtig noch ein Landanwachs am Kniepsand zu verzeichnen. Südwestlich der Satteldüne haben Hochfluten allerdings schon wieder einen Teil der Dünenneubildungen fortgerissen.

Die Beschaffenheit der Dünenande weist im Vergleich zu denen Sylts Unterschiede auf: Der vom Winde über die ausgedehnte Sandfläche in die Vordünen getragene Sand ist feiner ( s. S. 43, 78 ).

Korngrößenverteilung im aufbauenden Dünengebiet an der Westküste Amrums .

( Mittel aus 6 Proben )

>0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	<0,05	mm
0,3	48,91	50,4	0,32	0,07	%

Der gröbere Sand der umgelagerten Binnendünen und an den Abbruchkanten im Norden und Süden der Insel nähert sich in seiner Zusammensetzung den Sanden der Westdünen Sylts.

Auch die Dünen Amrums sind sehr kalkarm. Kalk wurde in den Primärdünen und jungen Sekundärdünen nur in Spuren, höchstens bis 0,2<sup>0</sup>/oo nachgewiesen.

Die pH-Werte des Sandes entsprechen mit 6,2 in den Primärdünen und 5,9 in den überwehten Sekundärdünen den Sylter Verhältnissen. In älteren Dünen, die im Schutze einer neugebildeten Vordünenkette liegen und nur wenig übersandet werden, ist die H-Ionenkonzentration durchschnittlich um 0,5 höher als in den Westdünen Sylts.

	Amrum	Sylt
<i>Festuca rubra</i> - reiche Gesellschaft	5,1	5,6
<i>Corynephorus</i> - Rasen	4,4	5,0 (nicht übersandet : 4,3)
junge <i>Empetrum</i> - Heide	4,2	4,7
<i>Calluna</i> - <i>Empetrum</i> - Heide	3,4	3,9

Die in Tab. XVI zusammengestellten Pflanzengesellschaften der Küstendünen Amrums unterscheiden sich nicht wesentlich von denen auf Sylt. Die Primärdünen am Fuße der Vordünen werden von *Ammophila arenaria* besiedelt (Tab. XVI, 1-2). Es entsteht ein neuer Dünenwall, oder die jungen Dünen werden in die Vordüne aufgenommen, die am Kniepsand meistens mit flacher Böschung zum Strand abfällt. Dünenkliffs sind im Norden und Süden der Insel ausgebildet. Sie tragen auf ihrer Kante eine den Dünen der aufbauenden Küste im mittleren Teil entsprechende und mit ihr in Tab. XVI, 3-13 zusammengefaßte Sekundärdünen-Gesellschaft. In ihr sind *Cakile maritima* und *Minuartia peploides* spärlicher und *Ammophila baltica* regelmäßiger als in den Dünen Sylts vertreten. *Lathyrus maritimus* wächst nur vereinzelt bei Norddorf und Wittdün.



Die *Ammophila*-Düne geht in eine *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft über (Tab. XVI, 14-21), in der *Sonchus arvensis* häufig gedeiht. *Eryngium maritimum* wurde in wenigen Exemplaren westlich von Nebel gesehen. *Rumex Acetosella* ist in den Dünen Amrums seltener als auf Sylt.

Der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft folgt ein *Corynephorus*-Rasen (Tab. XVI, 22-28), dessen weitere Entwicklung zur *Empetrum*-Heide vielfach durch einwandernde Dünen gestört ist. Westlich der Satteldüne ist die Sukzession von der Primärdüne zur jungen *Empetrum*-Heide (Tab. XVI, 29-31) am ausgeprägtesten.

Ältere Heiden auf den sich anschließenden Binnendünen sind bis auf einige Reste von Wanderdünen überlagert worden. Großflächig entwickelt wurden sie außer in Senken und Tälern bei der Satteldüne gesehen (Tab. XVI, 32-44). In kleinen Mulden wächst dort eine moosreiche, auf dem nach Osten geneigten Plateau eine flechtenreiche *Calluna*-*Empetrum*-Heide. Durch das Auftreten von *Sarothamnus scoparius* unterscheidet sie sich von den alten Dünenheiden auf Sylt, wo der Besenstrauch nur in Dünen an der Südspitze der Insel gefunden wurde.

Der Neubildung von Dünen am Kniepsand steht ihre Zerstörung und Umlagerung durch den Wind gegenüber. Die jungen Dünen zeigen vielerorts Windrisse und parabolisieren. Sie wandern über den Diluvialboden nach Osten. Östlich von ihnen liegt zwischen Norddorf und der Vogelkoje ein älterer Dünenkomplex, der ebenfalls wandert. Beide zu verschiedener Zeit entstanden und durch eine verheidete Senke getrennten Dünenzüge treffen westlich von Norddorf und der Vogelkoje zusammen. Der größte Teil der Amrumer Dünen befindet sich im Stadium lebhafter Umlagerung, und die Vegetation der verjüngten Dünen nimmt einen wesentlich breiteren Raum als die Heide ein.

Die Besiedlung der Sandablagerungs- und Sandabtragsgebiete wandernder Dünen (Tab. XVII, XVIII) vollzieht sich unter der Aufeinanderfolge gleicher Gesellschaften wie auf Sylt (s. S. 51 ff).

An den stark überschütteten Außenhängen der Dünen wächst *Ammophila arenaria* als einzige Art (Tab. XVII, 1-2), oder diese sind an rasch vordringenden Dünen gänzlich kahl. *Festuca rubra* siedelt sich auf den mä ßiger übersandeten Hängen an (Tab. XVII, 3-11). Ein *Festuca rubra*-reiches Stadium, wie es an den wandernden Dünen Sylts ausgebildet ist, wurde auf Amrum selten beobachtet. Dort ersetzt *Corynephorus canescens* weitgehend den Rotschwingel (Tab. XVII, 12-34). Mit der Abnahme der Übersandung werden die Hänge krautreicher, und das Auftreten von *Ceratodon purpureus*, *Teesdalia nudicaulis* und *Cerastium tetran-*



candrum zeigt an, daß die Sandzufuhr sehr gering geworden ist. *Empetrum nigrum* breitet sich wie auf Sylt an den Hängen aus. Ansätze zur Verheidung der umgelagerten Dünen finden sich häufig ( Tab. XVII, 25-28 ), aber größere geschlossene Heiden wurden dort nicht gesehen.

Die Luvhänge vieler wandernder Dünen auf Amrum tragen, sofern sie nicht mit Strandhafer bepflanzt wurden, keinen Bewuchs. Der Sandabtrag von ihren Flächen ist zu stark, als daß sich dort Pflanzen ansiedeln könnten. Abgeflachte kleine Westhänge bei Wittdün und im Vogelschutzgebiet nördlich von Norddorf weisen nur wenig Sandbewegung auf. Dort hat sich ein *Corynephorus*-Rasen eingestellt ( Tab. XVIII, 1-12 ), in den Flechten und gegen Sandschliff empfindliche Pflanzen wie *Teesdalia nudicaulis*, *Cerastium tetrandrum* und *Aira praecox* eindringen. Entsprechend der Gesellschaftsfolge auf den Luvhängen der Wanderdünen Sylts beginnt auch auf Amrum deren Verheidung mit *Empetrum nigrum*.

Kleinflächige Ausblasungen in alten Heiden bei Norddorf sind ähnlich denen auf Sylt mit einem flechtenreichen *Corynephorus*- und *Polytrichum pilosum*-Rasen besiedelt, in den *Calluna vulgaris* einwandert ( Tab. XVIII, 13-25 ).

Nördlich von Norddorf sind ältere Heiden auf niedrigen Dünenzügen häufig durch Vertritt und Beweidung zerstört. Dort findet sich eine artenarme Graudünen - Vegetation, in der *Deschampsia flexuosa* oder *Festuca ovina* dominieren können ( Tab. XIX ).

Die artenreichste Gesellschaft der Dünen Amrums bot sich auf einem schwach beweideten Dünenzug zwischen Norddorf und dem Hospiz .

Folgende Arten wurden dort verzeichnet :

*Carex arenaria* 30  
*Ammophila arenaria* 15  
*Agrostis tenuis* 8  
*Festuca rubra* 5  
*Festuca ovina* 5  
*Holcus lanatus* 3  
*Poa pratensis* 2  
*Anthoxanthum odoratum* +  
*Agropyron repens* +  
*Phragmites communis* R  
*Empetrum nigrum* 5

*Cerastium tetrandrum* +  
*Vicia cracca* +  
*Plantago lanceolata* +  
*Lotus corniculatus* +  
*Rhinanthus minor* +  
*Hypochoeris radicata* +  
*Cerastium caespitosum* +  
*Cochlearia danica* +  
*Hieracium pilosella* +  
*Stellaria graminea* +  
*Linaria vulgaris* +

*Calluna vulgaris* 3  
*Galium verum* 4  
*Dianthus Carthusianorum* 1  
*Achillea Millefolium* 2  
*Rumex Acetosella* 1  
*Rumex Acetosa* 1  
*Teesdalia nudicaulis* 1  
*Armeria maritima* 1

*Galium Mollugo* +  
*Juncus conglomeratus* R  
*Potentilla Anserina* R  
*Cirsium lanceolatum* R  
*Hypnum cupressiforme* 5  
*Rhythidadelphus squarrosus* 3  
*Pleurozium Schreberi* +  
*Cladonia chlorophaea* +

Die Karthäusernelke wächst auf Amrum weit nördlich ihres Verbreitungsgebietes. Nach CHRISTIANSEN (1961) ist sie vielleicht als Stromtalpflanze dorthin gelangt, als der südliche Teil der Nordsee noch festes Land war und Amrum am Ostufer der Elbe lag. *Galium Mollugo* und *Linaria vulgaris* wurden in den übrigen Dünengebieten an der Westküste Schleswig-Holsteins nicht gefunden.

## 2. Die Dünentäler

Bei der Umlagerung der Dünen entstandene sekundäre Täler sind auf Amrum sehr verbreitet. Im Vergleich zu denen Sylts zeigen sie einige Besonderheiten. Der Sandabtrag aus ihnen erfolgt entweder bis auf das Niveau des kapillar aufsteigenden Grundwassers oder bis auf den höher gelegenen Diluvialboden, den die Dünen überwanderten. Letzteres ist häufig in der großen Senke zwischen den Wanderdünenzügen westlich von Norddorf und der Vogelkoje der Fall. Dort treibt der Wind den aus westlich gelegenen Dünen abgetragenen Sand über die Talsohlen, welche in der Regel ein Steinpflaster bedeckt. Der Sand lagert sich in einer dünnen Schicht am Boden ab und wird zum Teil zwischen den Trieben der dort gedeihenden Pflanzen gehalten und durchwachsen. Die entstehenden halbkugeligen Dünengebilde verleihen den Tälern ein eigentümliches Aussehen. Es bildete sich eine für Amrum spezifische, von EMEIS (1955) als "Rundhügellandschaft" bezeichnete Landschaftsform heraus (Abb. 40). Ähnliche Dünenformen wurden von REINKE (1903) und KOLUMBE (1943) für Sylt beschrieben.

Höhe und Umfang dieser Dünen werden vom unterschiedlichen Streckungsvermögen der Triebe der einzelnen Pflanzen bestimmt. *Corynephorus canescens* und *Calluna vulgaris* bilden kleine Dünen von 10 cm und 20 - 30 cm Höhe, aus denen die Triebe nach allen Seiten abstehen. Eine Sandverschüttung der Pflanzen erfolgt nicht, da sich in diesen Deflationsgebieten nur der zwischen ihren Trieben festgehaltene Sand ablagert. *Eupatorium nigrum* wird durch die Sandzufuhr in ihrem Wuchs sehr gefördert und bildet bis zu 1 m hohe Dünen. Diese werden an ihrer Westseite

oft vom Winde zerstört. Es zeigt sich hier wie auch auf Sylt, daß die Krähenbeerheide gegen Übersandung und Auswehung gleichermaßen resistent ist. Wird eine *Empetrum*-Düne an ihrer Luvseite vom Winde zerstört, so wandert ein Teil des freiwerdenden Sandes zur Leeseite und bedeckt dort die Triebe, die sich bewurzeln und strecken. Die Düne wird allmählich niedriger, und die grünen Triebe entfernen sich immer weiter vom verdorrten Hauptspieß (Abb. 41), bis schließlich ein flach am Boden liegender und nach Westen offener Kranz von ihnen übrig bleibt, von dem aus ein Netzwerk kahler Triebe zum ursprünglichen Zentrum verläuft.

Mit *Salix repens* bewachsene Dünen können bis zu 2 m hoch werden und eine große Fläche einnehmen. Dünenbildungen durch *Salix repens* zusammen mit *Empetrum nigrum* sind nicht selten.

Die von EMEIS (1955) beschriebene Entstehung einer *Ammophila*-Düne im Windschatten und Sandablagerungsgebiet einer *Salix*-Düne wurde nicht beobachtet. Wenn sich östlich von ihr eine *Ammophila*-Düne erhob, dann waren beide ein Bestandteil der übersandeten Außenseite eines Parabelschenkels (s. S. 53), der an seinem nach Westen abgeflachten Ende mit *Salix repens* und östlich davon mit *Ammophila arenaria* bewachsen war.



Abb. 40 Dünenbildung durch *Empetrum nigrum* und *Salix repens* in einem bis auf den Diluvialboden ausgeblasenen Tal südwestlich von Norddorf.



Abb. 41 *Empetrum*-Düne, an der Westseite vom Winde aufgerissen.

Bis auf das Niveau des kapillar aufsteigenden Grundwassers ausgeblasene, rein sandige Täler liegen nordwestlich von Wittdün, südwestlich von Norddorf und am Hospiz. Sie sind wie die Täler Sylts sehr nährstoffarm, und der pH-Wert des Sandes in den jungen Tälern entspricht mit 4,6 denen Sylts. Erstbesiedler der Täler sind *Juncus anceps*, -*articulatus* und *Agrostis stolonifera*. *Juncus anceps* ist auf Amrum verbreitet. Auf Sylt wächst diese Art selten im Listland. Außerdem kommt sie dort in der Morsumheide vor. Viele junge Täler erhalten von westlich gelegenen umgelagerten Dünen Sandzufuhr. Der trockene Sand lagert sich auf dem bewachsenen Talgrund ab und vermittelt den Eindruck, daß die Pflanzen an einem trockenen Standort gedeihen (Abb. 42). Bis zu 20 cm tief eingewehrte Bestände von *Juncus anceps* wurden nordwestlich von Norddorf gesehen.





Abb. 42 junges sekundäres Dünenental  
mit versandeten Erstbesiedlern *Juncus*  
*anceps* und *Agrostis stolonifera*.

Nicht versandete junge Täler bei Wittdün, deren Sohlen auf der Höhe des spätsommerlichen Grundwasserstandes oder bis 10 cm darüber liegen, tragen einen lockeren, an Binsen reichen Bewuchs (Tab. XX, 1-16). Die Humusbildung in diesen Tälern ist noch sehr gering. An Stellen mit einer feinen, torfigen Auflage wenig zersetzten organischen Materials überwiegt *Juncus bulbosus*, während *Juncus pygmaeus* vorwiegend den reinen Sand besiedelt. Oft wächst die Zwergbinse in spülsaumartigen Streifen, die sicherlich den Rand des Wasserstandes im Frühjahr markieren. *Littorella uniflora* wurde in den Tälern Amrums und auch bei St. Peter nicht gefunden. Nach CHRISTIANSEN (1961) kommt sie aber in beiden Gebieten vor. Es ist wahrscheinlich, daß die untersuchten Täler während der Sommermonate für das Gedeihen des Strandlings zu trocken waren, und daß er aus den älteren, stets nassen Tälern mit der Verdichtung der Pflanzendecke und der entstehenden Rohhumusauflage verschwunden ist.

Die Täler nördlich vom Hospiz (Tab. XX, 17-23) schließen sich als älteres Besiedlungsstadium den jungen Tälern bei Wittdün an. Der Boden ist mit einer bis 2 cm starken Rohhumusschicht bedeckt und hauptsächlich mit *Juncus bulbosus*, -*anceps*, *Salix repens* und *Gymnocolea inflata* be-

wachsen. In einem feuchten Tälchen westlich der Vogelkoje wurde *Deschampsia setacea* gefunden ( Tab. XX, 24-25 ).

In ihrer Mitte wasserführende alte Täler liegen nordwestlich von Wittdün und südwestlich von Norddorf. Am Rande der freien Wasserfläche ist hin und wieder ein Gürtel von *Phragmites communis* ausgebildet. Die höheren Ränder und nasse Täler bei Norddorf zeigen Vermoorungen (Tab. XX, 26-32). Während der letzten regenreichen Jahre hat die Ausdehnung der *Sphagnum*-Bestände sehr zugenommen. An *Sphagnum*-Arten wurden *Sphagnum papillosum*, - *fimbriatum*, - *plumulosum* und -*subsecundum* s. l. festgestellt. In ihren Polstern wächst selten *Hamarbya paludosa*. *Comarum palustre* tritt hier häufiger als in den Tälern Sylts auf. Die *Sphagnum*-Bestände gehen randlich in eine *Erica*-Heide über (Tab. XX, 33-35), deren feuchtester Typ durch das Auftreten von *Molinia coerulea* charakterisiert ist. Diese Art und *Potentilla erecta* wurden nur selten in den Tälern Sylts gesehen. Grundwasserfernere Täler sind mit einer moos- und flechtenreichen Heide bewachsen (Tab. XX, 36-41), in der *Empetrum nigrum* und *Calluna vulgaris* vorherrschen.

Nördlich von Wittdün an der Straße nach Nebel findet sich in geplagten Senken auf übersandeten Geestböden eine von den Dünentälern an der Westküste Schleswig-Holsteins abweichende Vegetation (Tab. XXI). *Narthecium ossifragum* besiedelt die Senken, und regelmäßig tritt dort *Gentiana pneumonanthe* auf. Beide Arten wurden in den übrigen Dünentälern der Westküste nicht beobachtet, gedeihen aber häufig an der jütischen Nordseeküste. Auf Sylt wachsen sie auf Diluvialböden am Morsumkliff. In den nassen Bereichen der Senken sind *Gymnocolea inflata* und *Lycopodium inundatum* stark vertreten. Randlich der *Narthecium*-Bestände wächst eine *Carex stolonifera*-reiche Heide. Ob das Auftreten von *Narthecium ossifragum* durch größere Wasserzügigkeit im Boden, wie DÖRING (1963) annimmt, oder durch eine von den anderen Tälern verschiedene Zusammensetzung des Grundwassers bedingt ist, wäre zu prüfen. Der pH-Wert des Sandes in 10-15 cm Tiefe weicht mit 4,3 nicht wesentlich von denen der anderen Dünentäler ab. Auffallend war der faulig-schweflige Geruch des Sandes unter der Rohhumusdecke, wie er nur noch in einem Tal bei Ording festgestellt wurde.

#### C. Die übrigen Dünengebiete an der Westküste Schleswig-Holsteins

Außer den großen Dünengebieten auf Sylt und Amrum bestehen kleinere auf den Inseln Föhr und Trischen, an der Festlandküste bei Schobüll, sowie ein ausgedehnteres auf der Halbinsel Eiderstedt zwischen Ording und Süderhöft. Der Strand dieser Gebiete und die Dünen bei Schobüll und auf Föhr wurden bereits unter Abschnitt I erwähnt.

## 1. Die Insel Trischen

Ein sehr bewegtes Schicksal hatte diese südlichste der dünentragenden Inseln an der Westküste Schleswig-Holsteins. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts tauchte sie als Flugsandplate aus dem Meere auf, und es entstand auf ihr eine stattliche, in nord-südlicher Richtung gestreckte Dünenkette, die, unterstützt durch Dünenbaumaßnahmen, 3 km an Länge erreichte und Höhen bis zu 7 m aufwies. An ihrer Ostseite lagen ausgedehnte Marschgebiete. Die Insel erwies sich jedoch als wenig stabil. Der westlich vorgelagerte Sandstrand nahm ständig an Breite ab, und 1924 hatte das vordringende Meer die Westdünen erreicht, die nun zur Abbruchküste wurden. Seitdem unterliegt die Insel den zerstörenden Einflüssen der See und der Winde und wandert ähnlich wie der Dünen Gürtel von Amrum und Sylt nach Osten. Der Sand wird vom Westwind, hauptsächlich aber vom Flutstrom vertragen, und östlich der alten und vielfach durchbrochenen Dünenkette entstand ein weites Flugsandgebiet, das großflächig mit *Agropyron junceum* besiedelt ist. Auf den höchsten Erhebungen der Primärdünen finden sich Übergänge in sekundäre *Ammophila*-Dünen. Aus der ehemals bewohnten Dünen- und Marschinsel ist wieder eine Flugsandplate geworden, deren weiteres Schicksal nicht vorausgesagt werden kann. Von den zahlreichen von WENDEHORST (1926) aufgeführten Gewächsen im Dünengebiet Trischens sind nur wenige verblieben. 1959 wurden dort außer den dünenbildenden Gräsern *Agropyron junceum*, *Ammophila arenaria*, -*baltica* (LINK) und *Elymus arenarius* nur noch *Sonchus arvensis* und am Strande *Cakile maritima* gesehen.

Die Beschaffenheit des Dünensandes weicht sehr von der auf den Inseln Sylt und Amrum ab und zeigt weitgehende Übereinstimmung mit dem Sand der ostfriesischen Inseln :

Korngrößenverteilung in den Dünen auf Trischen  
( Mittel aus 5 Proben )

0,5 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,05	< 0,05	mm
10,28	85,97	3,7	0,05	%

- 1) vgl. MEYER : Trischen - die wandernde Insel ( o. J. )  
und WOHLBERG , E. : Entstehung und Untergang der Insel  
Trischen ( 1950 ) .



Der Kalkgehalt in Primärdünen auf einer muschelreichen Plate lag um 12 ‰, in jungen Sekundärdünen um 3 ‰, und in alten Sekundärdünen wurde ein Wert von 0,9 ‰ festgestellt.

In den Primärdünen wurden pH-Werte von 8,8, in älteren Sekundärdünen Werte von 7,4 gemessen. Die Werte für Übergangsdünen zwischen Primär- und Sekundärdünen liegen dazwischen.

## 2. Die Küstendünen Eiderstedts

Das drittgrößte Dünengebiet an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins im Westen Eiderstedts ist zum Teil mit Nadelwald bestanden. Nicht aufgeforstete Dünenkomplexe liegen bei Ording und Süderhöft. Vor ihnen dehnen sich weite Sandfelder, die bei Ording mit *Puccinellia maritima* und bei Süderhöft hauptsächlich mit *Festuca rubra* bewachsen sind. Eine Neubildung von Dünen erfolgt in diesen Gebieten in nur geringem Maße, da der dichte Pflanzenteppich auf den Sandplatten den dazu erforderlichen Sandflug verhindert (s. S. 27). Kleine Dünenbildungsgebiete liegen nördlich von Ording am Nackhörn. Die Dünenküste an der Westspitze parabolisiert an vielen Stellen. Die äußeren unverletzten Dünen trugen dort 1959 eine den älteren Sekundärdünen auf Sylt und Amrum entsprechende Sekundärdünengesellschaft (Tab. XXII, 4-6), die in eine Silbergrasflur überging (Tab. XXII, 7-8). Durch die Sturmflut im Februar 1962 wurden größere Sandmengen verlagert und im folgenden Sommer in die Dünen bei Ording getragen. Die vordere Dünenkette zeigte vielerorts eine Verjüngung ihrer Vegetation. Die Pflanzen der älteren Dünen waren verschwunden und die neu aufgewehten Dünen locker mit den Arten junger Sekundärdünen besiedelt (Tab. XXII, 1-3).

Der Dünen sand ist wie der auf Sylt und Amrum sehr kalkarm. In Strandbereichen bei Ording lag der Kalkgehalt des Sandes maximal um 0,5 ‰ und in den Sekundärdünen fanden sich nur Spuren von Kalk. Der pH-Wert ist mit 8,4 in hin und wieder überspülten Strandbereichen am höchsten. Er fällt in den *Agropyron junceum*-Primärdünen auf 7,3, in der jungen und übersandeten Sekundärdüne auf 6,2, und entspricht mit 5,1 im *Corynephorus*-Rasen den Werten in der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft auf Amrum und im übersandeten *Corynephorus*-Rasen auf Sylt.

Der Sand des Strandes und der Dünen ist feiner als der auf Amrum und Sylt und gröber als der Dünen sand Trischens :



Korngrößenverteilung in den Dünen bei Ording  
( Mittel aus 6 Proben )

>0,5	0,5 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,05	<0,05	mm
0,28	28,56	70,64	0,5	0,02	%

Die Korngrößenverteilung in den Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins ändert sich also von Norden nach Süden zugunsten des größeren Anteils an feinen Bestandteilen. Entsprechend ändern sich die Strandverhältnisse ( s. S. 78 ): Den grobsandigen Dünen Sylts ist nur ein schmaler Strand vorgelagert, und das durch Marine Erosion vom mittleren Diluvialkern abgetragene und von der See aufgearbeitete Material wird am schmalen Strand verdriftet und von dort in die Dünen getragen. An zweiter Stelle stehen die Westdünen Amrums, deren Sandreservoir der breite Kniepsand bildet. Es folgen die Dünen im Westen Eiderstedts am Rande ausgedehnter Sandfelder, die sicher zur Zeit der Dünenentstehung noch unbesiedelt waren, und schließlich die auf weiten Flugsandfeldern entstandenen Dünen Trischens .

Wie in den großen Dünengebieten auf Sylt und Amrum bildet auch in den Dünen Eiderstedts die Heide die Folgegesellschaft der Küstendünen-Vegetation und das Endglied der Vegetationsentwicklung. *Empetrum nigrum* siedelt sich in der küstennahen Silbergrasflur an ( Tab. XXII, 7-8 ). Eine ungestörte Aufeinanderfolge der Pflanzengesellschaften läßt sich jedoch an den stark umgelagerten Dünen nicht verfolgen, wohl aber in den zahlreichen sekundären Dünentälern.

Die Umsetzung der Dünen ist bei Ording besonders lebhaft. Die Sandabtragsflächen der sich ostwärts verlagernden Dünen sind fast alle kahl oder spärlich von *Corynephorus canescens* besiedelt. An den übersandeten Außenhängen der wandernden Dünen wächst eine artenarme *Ammophila*-Gesellschaft ( Tab. XXIII, 1-4 ). Sie geht in eine *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft über, wenn die Hänge aus dem Übersandungsbereich der Düne geraten ( Tab. XXIII, 5-10 ). Das Auftreten von *Ceratodon purpureus* und *Agrostis tenuis* bezeichnet wie an den wandernden Dünen Sylts und Amrums die späte, wenig übersandete Phase dieser Gesellschaft. Eine weitere Entwicklung der Vegetation wurde nicht beobachtet. Die Streuzonen vor den wandernden Dünen und die Sandablagerungsgebiete langsam

vordringender Dünen sind vorwiegend mit *Ammophila arenaria* und *Corynephorus canescens* besiedelt ( Tab. XXIII, 11-16 ). *Empetrum nigrum* dringt aus teilweise überwanderten Tälern in die Außenhänge der Dünen ein.

Auch das Dünengebiet bei Süderhöft ist sehr zerissen, jedoch sind die Umlagerungen kleinfächiger als bei Ording. Es bietet sich dort ein mosaikartiges Bild von kahlen Windmulden, mit fruchtendem Strandhafer bestandenen Dünenkuppen, vegetationsfreien oder dicht bewachsenen sekundären Dünentächen, sowie verheideten Dünenflächen, die, nach der Häufigkeit von *Calluna vulgaris* zu urteilen, wahrscheinlich Reste ehemals größerer Heiden sind.

#### b. Die Dünentäler Eiderstedts

Sekundäre Dünentäler von unterschiedlicher Größe und Gestalt sind in großer Zahl bei Ording und Süderhöft ausgebildet. Die größten liegen bei Ording westlich einer alten Wanderdünenkette. Im nördlichen Teil entstanden dort in jüngster Zeit mehrere kreisrunde Täler. Sie werden von der in ihrem Zentrum ausgeblasenen Düne allseitig umschlossen. VAN DIEREN (1934) bezeichnete diesen Dünentyp als Ringdüne. Bei Süderhöft finden sich vorwiegend längliche, west-ost gestreckte Täler, bis auf das Grundwasser ausgeblasene und nach Westen offene Kehlen von Parabeldünen.

Die Besiedlung der nährstoffarmen Täler, deren pH-Wert wie auf Sylt und Amrum um 4,6 in den jungen und rein sandigen Ausblasungen liegt, vollzieht sich unter der Aufeinanderfolge entsprechender Pflanzengesellschaften. Allgemein sind die jungen Dünentäler Eiderstedts trockener, und die typischen Besiedler nasser Sande wie *Littorella uniflora* und *Juncus pygmaeus* wurden nicht gefunden. Auch *Juncus bulbosus* besiedelt selten größere Flächen.

Die jüngsten Ausblasungen sind hauptsächlich mit *Juncus anceps*, -*articulatus* und *Agrostis stolonifera* bewachsen ( Tab. XXIV, 1-11 ). *Carex arenaria* keimt wie in den Tälern Sylts und Amrums häufig auf den feuchten Sanden. Die Vegetation der älteren Täler ist vielfach durch Plaggenentnahme vernichtet worden, und die geplagten Flächen werden vor allem von *Gymnocolea inflata*, *Salix repens*, *Juncus anceps* und *Drosera rotundifolia*, seltener *Drosera intermedia*, wiederbesiedelt ( Tab. XXIV, 12-23 ). *Lycopodium inundatum* tritt dort oft auf. An höheren Randzonen kann *Carex stolonifera* vorherrschen. Keimlinge von *Erica tetralix*, *Empetrum nigrum* und *Calluna vulgaris* finden sich regelmäßig. Sie gehen während

der winterlichen Überflutungsperioden zugrunde, denn ältere Pflanzen wurden in den feuchten Senken nicht beobachtet. Nasse Vertiefungen in alten Tälern zeigen hin und wieder Vermoorungen ( Tab. XXIV, 24-26 ).

Der Übergang von den im Winter wasserführenden Tälern zur Erica-Heide an ihren Rändern und auf höhergelegenen Talsohlen ist entweder durch eine *Molinia coerulea*-reiche Gesellschaft charakterisiert, in der *Potentilla erecta* häufig gedeiht ( Tab. XXIV, 27-34 ), oder sie entsteht in trockeneren Lagen aus einer *Carex stolonifera*-reichen Gesellschaft und hebt sich vom ersten Typ durch die starke Deckung der Moose *Gymnocolea inflata* und *Polytrichum commune*, sowie durch das reichlichere Auftreten von *Calluna vulgaris* ab ( Tab. XXIV, 35-44 ). Wahrscheinlich ist der erste Typ auf nicht geplagkten, zumindest aber lange Zeit ungestörten Flächen entstanden. Das Fehlen von *Molinia coerulea* in den geplagkten Tälern Sylts deutet gleichfalls darauf hin.

*Vaccinium macrocarpum* überzieht mehrere Täler bei Süderhöft mit einem dichten Teppich ( Tab. XXIV, 45 ). *Vaccinium uliginosum* wurde im Dünengebiet Eiderstedts nicht gesehen.

Im Grenzbereich zwischen grundwassernaher und trockenerer Dünenheide gedeiht häufig *Nardus stricta* ( Tab. XXIV, 46 ). Die grundwasserfernen *Calluna*-*Empetrum*-Heiden ( Tab. XXIV, 47-50 ) sind wie die auf Sylt und Amrum reich an Flechten und Moosen trockener Dünen.

### III. Die Dünengebiete an der südlichen und nördlichen Nordseeküste

#### A. Die ostfriesischen Inseln

Die ostfriesischen Düneninseln, neuzeitliche Bildungen des Meeres und der Winde, entstanden nach WILDEVANG (1936) auf Sandbänken, als sich diese über den Meeresspiegel erhoben und zu Flugsandplaten wurden.

Die vorwiegend in west-östlicher Richtung und somit parallel zu den häufigsten und heftigsten Winden aus westlichen Richtungen ( Abb. 43 ) gestreckten Dünenzügen der ostfriesischen Inseln sind der zerstörenden Wirkung der Winde in sehr viel geringerem Maße preisgegeben als die mit ihrer Breitseite dem Westen zugewandten Dünen an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins.

Dementsprechend ist die äolische Umsetzung der Dünen von geringerer Bedeutung. Windrisse in ihnen treten zwar häufig auf, jedoch nehmen sie nicht das Ausmaß von wandernden Dünen wie auf den nordfriesischen Inseln an. Die parallele Lage der Seedünen zu den westlichen Winden ver-

hindert ferner, daß sich aus den bei Sturmfluten entstandenen Dünen - kliffs größere Sandmassen lösen und, landeinwärts wandernd, die Vege - tation älterer Dünen verschütten, wie es im Dünengebiet an der Westkü - ste Schleswig-Holsteins die Regel ist. Im allgemeinen gleichen sich die Abbruchskanten in folgenden Jahren durch seitlich vom Winde angetra - gene Sande wieder aus. Wesentliche Gestaltsänderungen, die jedoch mei - stens den Kern der Inseln nicht berührten, erfuhren diese stets durch Dü - nenabbrüche im Westen und Ausdehnung nach Osten, wo durch ostwärts wandernde Sandbänke und vom Wind am Strande verdrifteter Sand auch gegenwärtig noch beträchtlicher Landzuwachs erfolgt. Den Abbrüchen im Westen wurde auf den meisten Inseln durch Errichtung von Uferschutz - bauten Einhalt geboten.

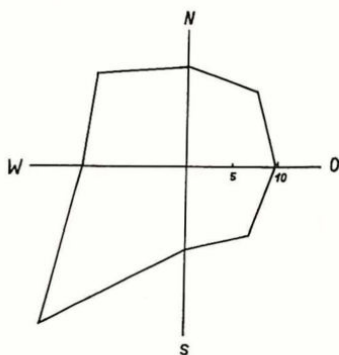


Abb. 43 Mittlere jährliche Windver - teilung in % für Borkum ( nach "Kli - makunde des Deutschen Reiches" , 1939 ) .



Die Vegetation der älteren Dünen auf den ostfriesischen Inseln entwickelt sich also im Gegensatz zu jener auf den oft umgelagerten Dünen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste größtenteils unbeeinflusst von Auswehungen und Sandverschüttungen. Dieser Umstand und die von den Dünen auf Sylt, Amrum und Eiderstedt stark abweichende Beschaffenheit der Dünenande bedingen im wesentlichen eine andere und artenreichere Zusammensetzung der Pflanzendecke als in den oben genannten Gebieten.

### 1. Der Dünenand der ostfriesischen Inseln

Im Vergleich zu den Dünen der nordfriesischen Inseln Amrum und Sylt ist der Sand der ostfriesischen Inseln feiner und zeigt auffällige Ähnlichkeit mit dem der ebenfalls auf Flugsandplatten entstandenen Dünen Trischens ( s.S. 91 ) :

Korngrößenverteilung in den Dünen der ostfriesischen Inseln  
(Mittelwerte von 42 Proben aus den Dünen von Borkum bis Wangerooge )

>0,5	0,5 - 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,05	<0,05	mm
0,01	13,16	85,33	1,41	0,1	%

Abweichungen von den angegebenen Mittelwerten finden sich auf allen Inseln. Der Sand der Primärdünen und der alten Dünen auf Wangerooge ist gröber. Auf Borkum und Juist sind die Sekundärdünen am Nordstrand feinsandiger, auf Langeoog und Spiekeroog grobsandiger als die Tertiärdünen an der Südseite der Inseln. Vermutlich hängen diese Unterschiede mit verschiedenen Strandverhältnissen zur Entstehungszeit der einzelnen Dünenzüge zusammen. Ein Vergleich der oben aufgeführten Mittelwerte mit der Korngrößenverteilung in den Westdünen bei Hörnum auf Sylt (Abb. 44) zeigt, daß sich das Verhältnis vom groben Sand der Fraktion 0,5 - 0,2 mm zum feineren der Fraktion 0,2 - 0,1 mm auf den ostfriesischen Inseln zugunsten der feineren Anteile umkehrt.

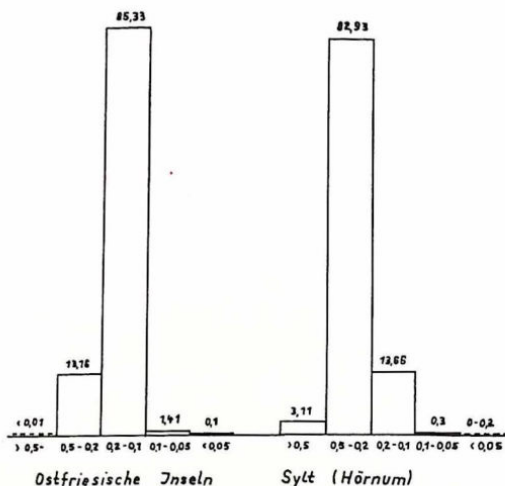


Abb. 44 Vergleichende Darstellung der Korngrößenverteilung in den Dünsanden der ostfriesischen Inseln mit der in Westdünen bei Hörnum ( Sylt ) .

Dieses kann für den Nährsalzgehalt der Dünsanden von Bedeutung sein. Die Auswaschung der Nährsalze wird in den grobsandigen Sekundärdünen der nordfriesischen Inseln rascher erfolgen, da die Niederschläge dort tiefer in den Boden eindringen als in den feinsandigeren der ostfriesischen Inseln. Das fast gänzliche Fehlen von *Elymus arenarius* in den jüngeren Tertiärdünen der nordfriesischen und das regelmäßige Auftreten dieser gegen Verarmung des Sandes besonders empfindlichen Art in denen der ostfriesischen Inseln deutet auf bessere Nährstoffverhältnisse in den Sanden der letzteren hin.

Die Dünen der ostfriesischen Inseln sind im Gegensatz zu denen auf Amrum und Sylt kalkhaltig. Den größten Kalkgehalt weisen die Sekundärdünen von Juist auf, und er nimmt auf den östlichen Inseln nach Osten ab :

Anteile an Kalk in ‰ in den Dünensanden der ostfriesischen Inseln  
( Bodenproben aus 10 - 15 cm Tiefe )

	S e k u n d ä r d ü n e n		T e r t i ä r d ü n e n		
	übersandet	kaum übersandet	jung	älter	beginnende Verheidung
Juist	9	6,2	4,7	1,8-0,5	0,3 - 0
Baltrum	5	4,7	2,8	1,5-0,2	-
Langeoog	2,3	1,5	1,0	0,2-0	-
Spiekeroog	1,2	0,6	0,2	0,1	-
Wangerooge	2,4	-	-	-	-

Die angegebenen Werte können nur ein ungefähres Bild vermitteln, denn der Kalkgehalt schwankt auf den einzelnen Inseln mehr oder minder stark. KLEMENT (1953) fand z. B. in den Grau- und Schwarzdünen auf Wangerooge 2,7 und 2,4 ‰ Kalk, während in den von uns untersuchten älteren Dünen Wangerooes kein Kalk nachgewiesen werden konnte. Junge Dünen am Wattenmeer sind im allgemeinen kalkreicher als die des Außenstrandes. Auf Wangerooge wurden dort Kalkanteile von 4,5 und auf Spiekeroog sogar von 12 ‰ im Dünensand festgestellt.

Die Entkalkung der Dünen durch die auswaschende Wirkung der Niederschläge erfolgt verhältnismäßig rasch. Nach Untersuchungen von SALISBURY (1938) wiesen etwa fünfjährige Dünen bei Blakeney Point (England) einen Kalkgehalt von 4,2, etwa 160-jährige von nur noch 0,3 ‰ auf. In kalkreicheren Dünen bei Southport ist nach Angaben von SALISBURY der Kalkanteil in alten Dünen entsprechend höher.

Durch den Kalkgehalt der Dünensande auf den ostfriesischen Inseln wird die Versauerung des Bodens bei Humusanreicherung verzögert, da dort die Huminsäuren anfangs mit Ca abgesättigt werden können. Es bildet sich in den jungen Tertiärdünen ein milder Humus, der die Entwicklung von krautreichen Graudünen-Gesellschaften sehr begünstigt. Erst bei Entkalkung der älteren Dünen versauert der Boden stark, und die krautreichen Gesellschaften werden allmählich von artenärmeren und schließlich von der Heide abgelöst.

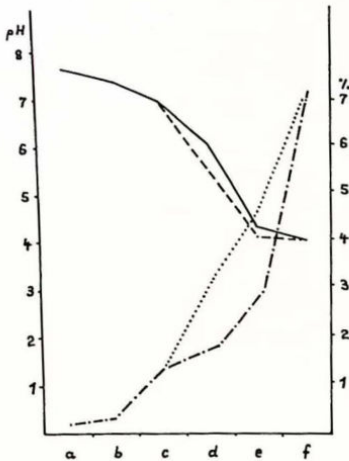


Abb. 45 Ostfriesische Inseln .

pH-Werte in 10 - 15 cm Bodentiefe — (----- = Nordhänge älterer Dünen)

Anteile an organ. Substanz in % in 0-5 cm Bodentiefe - - - - - (..... = Nordhänge älterer Dünen)

- a=übersandete Sekundärdünen
- b=kaum übersandete Sekundärdünen
- c=Hippophae - Buschdünen
- d=junge Tertiärdünen
- e=ältere Tertiärdünen
- f=alte Dünen(beginnende Verheidung)

In Abb. 45 ist das Verhältnis der pH-Werte in den Dünenständen der ostfriesischen Inseln zum Anteil an organischen Substanzen graphisch dargestellt. Die aufgezeichneten Mittelwerte der Dünen von Juist bis Wangeroog dienen nur als Anhaltspunkt. Oft erhebliche Abweichungen von ihnen wurden vor allem auf den östlichen Inseln festgestellt. Außerdem ist der Übergang zwischen den einzelnen Dünentypen so fließend, daß deren Abgrenzung in vielen Fällen Schwierigkeiten bereitet. Ergänzend zu den Mittelwerten seien deshalb die in Dünen verschiedenen Alters gemessenen Extremwerte aufgeführt :



	pH-Werte	organ.Substanz%
übersandete Sekundärdünen	8,6 - 6,9	0,1 - 0,4
kaum übersandete ältere Sekundärdünen	8,0 - 6,4	0,2 - 0,5
Hippophae-Buschdünen	7,6 - 5,9	0,3 - 1,9
junge Tertiärdünen:		
Süd-bis Westhänge	7,3 - 5,4	0,6 - 2,6
Nordhänge	6,5 - 4,3	1,2 - 8,6
ältere Tertiärdünen:		
Süd-bis Westhänge	5,2 - 4,0	1,5 - 4,2
Nordhänge	4,8 - 4,0	3,1 - 9,1
alte Dünen(beginnende Verheidung)	4,3 - 3,7	3,7 - 11,4

Entsprechend dem geringeren Kalkgehalt der östlichen Inseln liegt auch der pH-Wert der jüngeren Tertiärdünen um etwa 0,7 niedriger als in denen der westlichen Inseln. Eine auffällige Parallelerscheinung ist das reichlichere Vorkommen von *Phleum arenarium*, *Rubus caesius*, *Syntrichia ruralis* (var. *ruraliformis* Dix.) und auch *Koeleria albescent* auf den westlichen, sowie das gelegentliche Auftreten von *Rumex Acetosella* in der Sekundärdüne, der schmalere *Hippophae*-Gürtel und, besonders auf Spiekeroog, die stärkere Ausbreitung der *Empetrum*-Heide an den Nordhängen der Tertiärdünen auf den östlichen Inseln.

## 2. Die Vegetation der Sekundär - und Tertiärdünen

Das Dünengebiet auf den ostfriesischen Inseln besteht in der Regel aus mehreren parallelen Dünenzügen, deren jüngste und noch im Aufbau begriffene am Nord- und Oststrand, deren älteste an der Südseite liegen. Größere Primärdünenfelder sind häufig im Osten der Inseln ausgebildet (s. S. 30).

### a. Die Sekundärdünen

Die Sekundärdünen an der Nord- und Ostseite der Inseln erhalten Sandzufuhr vom Strand und tragen eine artenarme *Ammophila-arenaria*-Gesellschaft (Tab. XXV, 1-9). Bei abnehmender Übersandung geht diese in

eine *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft über, deren Initialphase vor allem durch das Auftreten von *Sonchus arvensis* und *Senecio vulgaris* gekennzeichnet ist (Tab. XXV, 10-21). Beide Arten haben dort ihr Optimum und treten in älteren und dicht besiedelten Dünen zurück. Die nachlassende Sandzufuhr ermöglicht das Gedeihen vieler der Flugsandgebiete meidender Arten und bedingt das Verschwinden der in stark überwehten Sekundärdünen wachsenden Strandpflanzen *Agropyron junceum* und *Cakile maritima*.

Die *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft der älteren Sekundärdünen auf den ostfriesischen Inseln (Tab. XXV, 22-28) unterscheidet sich wesentlich von jener an der Westküste Schleswig-Holsteins. *Lathyrus maritimus* als charakteristischer Bestandteil der Gesellschaften aller überwehten Küstendünen Sylts fehlt auf den ostfriesischen Inseln bis auf ein Vorkommen auf Wangerooge (s. S. 37). Außerdem wächst sie noch auf Scharhörn (vgl. TÜXEN 1957). Arten wie *Cerastium semidecandrum*, *Arenaria serpyllifolia*, *Arabidopsis Thaliana* und *Oenothera ammophila* (FÖCKE) sind auf den nordfriesischen Inseln viel spärlicher vertreten. Folgende Arten wurden in der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft der Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins nicht gefunden:

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Hippophae rhamnoides</i>  | 9. <i>Rubus caesius</i>         |
| 2. <i>Phleum arenarium</i>      | 10. <i>Linaria vulgaris</i>     |
| 3. <i>Koeleria albescens</i>    | 11. <i>Erigeron acer</i>        |
| 4. <i>Thalictrum minus</i>      | 12. <i>Galium Mollugo</i>       |
| 5. <i>Asparagus officinalis</i> | 13. <i>Anthyllis Vulneraria</i> |
| 6. <i>Solanum Dulcamara</i>     | 14. <i>Myosotis collina</i>     |
| 7. <i>Sambucus nigra</i>        | 15. <i>Senecio Jacobaea</i>     |
| 8. <i>Cardamine hirsuta</i>     | 16. <i>Syntrichia ruralis</i>   |

Die unter 9 - 16 aufgeführten Arten kommen im Dünengebiet der schleswig-holsteinischen Nordseeküste selten in anderen Gesellschaften vor.

*Ammophila baltica* (LINK) ist regelmäßig in der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft vertreten. Außerdem wurde diese Pflanze häufig an Wegrändern auf Juist beobachtet. Sie wächst wie auch *Elymus arenarius* in allen Gesellschaften junger Tertiärdünen, wo beide Arten auf den nordfriesischen Inseln fast stets fehlen.

Die weitere Entwicklung der Sekundärdünen-Vegetation zu Gesellschaften tertiärer Dünen verläuft auf den kalkhaltigen und neutralen Sanden der ostfriesischen Inseln anders als auf den kalkfreien und sauren der nordfriesischen. Der dort typische, sich an die *Festuca rubra*-reiche Gesell-

schaft anschließende Corynephorus-Rasen fehlt oft auf den ostfriesischen Inseln. Er entwickelt sich nach WESTHOFF ( 1947 ) auf Sanden, deren pH-Wert unter 6,4 und deren Kalkgehalt nicht über 3 ‰ liegt. (s. S. 108). Dieses ist in den jungen Tertiärdünen der westlichen Inseln seltener, der östlichen häufiger der Fall, wo die Silbergrasflur einen breiteren Raum einnimmt.

In der Festuca rubra-reichen Gesellschaft entsteht entweder ein Sanddorngebüsch ( Tab. XXV, 29-32 ) oder eine offene Graudünen-Gesellschaft an süd-bis westexponierten Hängen .

#### b. Das Sanddorngebüsch

Hippophae rhamnoides ist heute eine Charakterpflanze der ostfriesischen Inseln, die sich in den letzten hundert Jahren von Westen nach Osten auf ihnen ausgebreitet hat. Nach Ausführungen von ARENDS (1910) wuchs der Sanddorn um 1824 nur auf Borkum und dem westlichen Juist. Um 1856 wurde er auf Norderney, 1873 selten und 1895 in großer Menge auf Baltrum gefunden. Um 1900 erschien er auf Langeoog und Spiekeroog und schließlich 1904 auf Wangerooge .

Die Samen des Sanddorns werden vorwiegend von Nebelkrähen endozoisch verbreitet (LEEGE 1905, zit. bei ARENDS 1910, VAN DIEREN 1934). LEEGE erwähnt neben der Nebelkrähe noch besonders die Wacholderdrossel, und nach ARENDS kommen neben den genannten Arten noch viele Zugvögel für die Verbreitung der Samen in Betracht. Für sie stellen die leuchtenden Beeren des Sanddorns ein begehrtes Futter in der an Früchten des Herbstes armen Inselwelt dar.

Hippophae rhamnoides bedarf zum Gedeihen eines kalkhaltigen Bodens ( s. auch BRAUN-BLANQUET 1936 und WESTHOFF 1947 ), dessen pH-Wert nach Untersuchungen von WESTHOFF ( 1947 ) nicht unter 6 liegt. Hieraus erklärt sich die Verbreitungslücke des Sanddorns auf den Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins. Er fehlt dort auf den kalkfreien und rasch versauernden Dünenansanden gänzlich, während er auf den kalkhaltigen der nördlich und südlich angrenzenden Dünengebiete verbreitet ist. Auf den ostfriesischen Inseln wurden Jungpflanzen von Hippophae rhamnoides fast ausnahmslos in älteren Sekundärdünen und in Tälern gefunden, die einen pH-Wert von nicht unter 6,8 aufwiesen. Das in der Festuca rubra - reichen Gesellschaft entstehende Sanddorngebüsch überzieht vor allem auf den westlichen Inseln die jungen Tertiärdünen . An den Nordhängen bleibt es häufig niedrig und windverschoren, während an den Südhängen bis über 1 m hohe, ausgedehnte Bestände nicht selten



sind ( Abb. 46 ), In Tab. XXVI ist die Sanddorngebüsch-Gesellschaft der Südhänge zusammengestellt. Zusammen mit *Galium Mollugo* und *Rubus caesius*, der wie *Hippophae rhamnoides* in den Dünen an ein kalkreiches Substrat gebunden ist, bildet der Sanddorn ein undurchdringliches Gerümpf. Typische Arten des Sanddorn-Gebüsches sind *Solanum Dulcamara*, *Sambucus nigra*, *Linaria vulgaris* und *Brachythecium rutabulum*. Sie treten auch in der gleichen Gesellschaft an der jütischen Nordseeküste auf. Mit zunehmender Humusbildung und Alterung des Dünenandes sowie dessen Entkalkung in den oberen Bodenschichten nimmt die Vitalität von *Hippophae rhamnoides* ab. *Rubus caesius* als tiefwurzelnde Pflanze vermag seinen Kalkbedarf aus tieferen und weniger ausgelaugten Bodenschichten zu decken und geht viel später als *Hippophae rhamnoides* zurück. Besonders auf Juist sind ältere Tertiärdünen dicht mit *Rubus caesius* besiedelt, während *Hippophae rhamnoides* dort nur noch kümmerlich gedeiht. (Abb. 47 ). Sinkt der pH-Wert unter 5,5 ( vgl. auch WESTHOFF 1947 ), dann stirbt der Sanddorn vollends ab, und an den Süd- bis Westhängen entstehen schließlich Graudünen-Gesellschaften alter Dünen.

Nach VAN DIEREN (1934) hält sich das Sanddorngebüsch in den kalkreichen Dünen Hollands lange Zeit, während es auf der westfriesischen Insel Terschelling nach 7-20 Jahren verschwindet ( WESTHOFF 1947 ). Nach TÜXEN (1948) stirbt der Sanddorn auf den ostfriesischen Inseln nach etwa 7 Jahren ab, jedoch zumindest die seit fünf Jahren beobachteten Sanddornsträucher an der Südseite des Hammersees auf Juist dürften wesentlich älter sein.



Abb. 46 Mit einem Sanddorn-Gebüsch bedeckter Südhang in jungen Tertiärdünen (Juist)





Abb. 47 *Rubus caesius*-Bestände im  
absterbenden Sanddorn-Gebüsch(Baltrum)

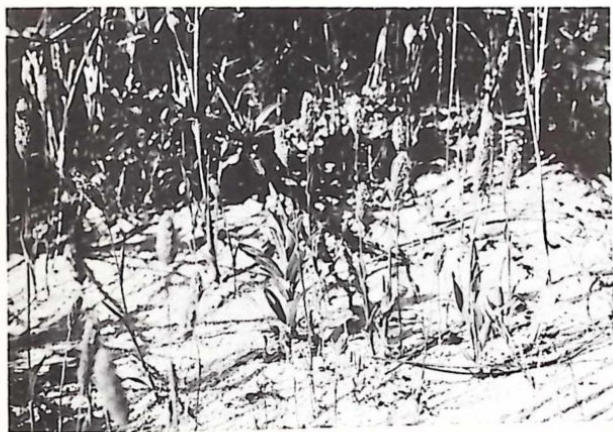


Abb. 48 *Phleum arenarium* als Besied-  
ler offener Böden an Südhängen junger  
Tertiärdünen ( Baltrum ) .

### c. Graudünen - Gesellschaften an vorwiegend südexponierten Dünenhängen

Auf den noch humusarmen und neutralen bis schwach sauren Sanden der jungen Tertiärdünen wächst an vorwiegend südexponierten Hängen eine offene Graudünen - Vegetation. Sie bildet mit dem Sanddorn-Gebüsch einen mosaikartigen Komplex und geht wie dieses aus der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft der Sekundärdünen hervor. In noch kalkhaltigen Gebieten junger Tertiärdünen entsteht eine Gesellschaft, die durch das reichliche Vorkommen von *Phleum arenarium* und *Syntrichia ruralis* (var. *ruraliformis* DIX.) charakterisiert ist (Tab. XXVII, 1-12, Abb. 48). Sie verlangt nach WESTHOFF (1947) einerseits hohe Temperaturen in den oberen Sandschichten, wie sie an südexponierten Hängen gegeben sind, andererseits einen Kalkgehalt von mindestens 2 ‰. Auf den ostfriesischen Inseln wurde sie hauptsächlich auf den kalkreicheren Sanden der westlichen Inseln Juist und Baltrum gefunden, während sie auf den kalkärmeren östlichen seltener auftritt. Wegen der Auswaschung des Kalks, der Humusanreicherung und allmählichen Versauerung des Bodens ist diese Gesellschaft von nur kurzer Lebensdauer, und mit zunehmender Alterung der Dünen treten *Phleum arenarium*, *Syntrichia ruralis* und auch *Hippophae rhamnoides* zurück. Es erscheinen Arten älterer Graudünen wie *Bromus mollis*, *Trifolium arvense*, *Silene Otites*, *Viola canina*, *Aira praecox*, *Poa pratensis*, *Moose* und Flechten, und schließlich auf den sauren und kalkarmen Sanden *Rumex Acetosella*, *Galium verum*, *Cerastium caespitosum*, *Luzula campestris*, *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina* und *Dicranum scoparium* (Tab. XXVII, 13-25). Bezeichnend für die alten Dünen ist die starke Deckung von *Hypnum cupressiforme*. Die Grenze zwischen den Gesellschaften junger und älterer Hänge ist sehr fließend, wie es Tab. XXVII zeigt. Gemeinsam sind ihnen neben zahlreichen Kräutern die hochsteten Gräser *Koeleria albescentis*, *Corynephorus canescens*, *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra*. Auf den ältesten und ganz entkalkten Dünen, deren Sande pH-Werte zwischen 5 und 4 aufweisen, weicht die artenreiche Graudünen-Vegetation einer ärmeren Silbergrasflur (s. S. 108).

Kleine Südhänge tertiärer Dünen sind hin und wieder mit einer *Rosa spinosissima*-reichen Gesellschaft bewachsen (Tab. XXVIII). Diese wurde optimal entwickelt meistens an Hängen gefunden, die von benachbarten Dünenaufrissen leichte Sandzufuhr erhielten. In jüngeren Tertiärdünen auf Juist und Baltrum gedeihen in ihr Arten der kalkhaltigen Sande wie *Rubus caesius*, *Phleum arenarium* und seltener *Syntrichia ruralis* (Tab. XXVIII, 1-6), in den älteren auf Norderney, zum Teil auch schon auf Baltrum, (Aufn. 5 u. 6) die der ausgelaugten Sande wie *Agrostis tenuis*, *Fe-*

stua ovina, Rumex Acetosella, Luzula campestris und Dicranum scoparium ( Tab. XXVIII, 7-10 ). Ein Übergang der Rosa spinosissima-reichen Gesellschaft in die Calluna-Heide, wie er auf Sylt und an der jütischen Nordseeküste häufig beobachtet wurde, fand sich auf Norderney.

#### d. Die Vegetation der Nordhänge

Schon die Nordhänge junger Tertiärdünen unterscheiden sich von den Südhängen gleichen Alters durch die vollkommen geschlossene Vegetationsdecke. Arten der offenen Böden an Südhängen wie Phleum arenarium, Corynephorus canescens und Silene Otites fehlen oder treten nur vereinzelt auf. Koeleria albescentis wächst häufig an den Nordhängen junger, selten an denen älterer Dünen. Bedingt durch die rascher zunehmende Humosität und Versauerung der Sande (s. Abb. 45) erscheinen die Gewächse alter Dünen wie Galium verum, Luzula campestris, Poa pratensis, Cerastium caespitosum, Agrostis tenuis, Rumex Acetosella und Hypnum cupressiforme früher als an den Südhängen. Bezeichnende Arten der Nordhänge sind Polypodium vulgare, Veronica officinalis, Holcus lanatus, Sieglingia decumbens, Empetrum nigrum und Sorbus aucuparia, sowie die Moose Pleurozium Schreberi, Rhytidiadelphus triquetrus, hin und wieder -lozeus, Scleropodium purum und Lophocolea bidentata.

Das Sanddorngebüsch der Nordhänge ( Tab. XXIX, 1-4), das sich von dem der Südhänge vor allem durch das Auftreten von Polypodium vulgare und die stärkere Deckung von Festuca rubra abhebt, wird bei Entkalkung und Versauerung des Bodens von einer kraut- und moosreichen Gesellschaft abgelöst ( Tab. XXIX, 5-12). In ihr gedeiht wie auch an den älteren Südhängen Vicia lathyroides. Diese Art und auch Erophila verna wurden in den Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins nicht gesehen. Bezeichnend für die Gesellschaften alter Nordhänge ist das regelmäßige Auftreten von Veronica officinalis.

Mit zunehmender Alterung des Bodens weicht die krautreiche Gesellschaft einer artenärmeren, in der Carex arenaria und Agrostis tenuis vorherrschenden können ( Tab. XXIX, 13-16 ). An sehr alten und meistens kalkfreien Nordhängen, deren Sande pH-Werte zwischen 4,1 und 3,9 sowie Anteile an organischen Substanzen von 6,5 bis 9,3 % aufweisen, breitet sich die Empetrum-Heide aus (Tab. XXIX, 17-28). Häufig finden sich in ihr kleine, windverschorene Bäumchen von Sorbus aucuparia. Sicherlich ist die Vergesellschaftung dieser beiden Arten auf die ihnen gemeinsame endozoische Verbreitung der Samen durch Vögel zurückzuführen.

Empetrum nigrum besiedelt im Gegensatz zu ihrer starken Ausbreitung schon in den jungen Dünen jeglicher Exposition auf Sylt, Amrum und Ei-



derstedt ausschließlich sehr alte Dünen auf den ostfriesischen Inseln und wächst dort nur an Nordhängen oder in grundwassernahen Lagen. Gegenwärtig bildet sie an den Nordhängen der meisten ostfriesischen Inseln das Endglied der Vegetationsentwicklung. Die weitere Entwicklung zu einer *Calluna*-reichen Heide ist sehr wahrscheinlich. In alten Dünen Borkums, wo die Heide große Flächen bedeckt, sind auch zahlreiche Nordhänge mit *Calluna vulgaris* bewachsen ( Tab. XXIX, 29 ).

e. Die Silbergrasflur und die Vegetation an alten, meistens südexponierten Dünenhängen

Eine Silbergrasflur ist auf den Ostfriesischen Inseln in alten Sekundärdünen, in Windmulden und als Folgegesellschaft der Graudünen-Vegetation jüngerer Tertiärdünen in südexponierten Lagen ausgebildet.

In Tab. XXX, 1-8 sind Aufnahmen aus leicht übersandeten Silbergrasfluren zusammengestellt, die sich aus degradierenden Sekundärdünen-Gesellschaften entwickelt haben. Nach Untersuchungen von WESTHOFF (1947) entstehen sie auf Sanden, deren Kalkgehalt niedriger als 3 ‰, deren pH-Wert nicht höher als 6,4 ist. Dem entsprechend wurden im Sand der *Corynephorus*-Rasen auf Spiekeroog und Langeoog Kalkgehalte von weniger als 2 ‰ und pH-Werte von 6,3 und 6,2 festgestellt. Von der Silbergrasflur in alten Dünen unterscheiden sich die der Sekundärdünen durch die stärkere Deckung von *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra*, durch das Auftreten der Arten junger Dünen und das Fehlen von Moosen und Flechten.

Aufn. 9-30 der Tab. XXX zeigen *Corynephorus*-Rasen in alten Dünen auf Norderney. Aufn. 20 stammt von Borkum. Die Silbergrasfluren der ostfriesischen Inseln heben sich von denen an der Westküste Schleswig-Holsteins im wesentlichen durch das regelmäßige Auftreten von *Koeleria albescent* ab. Diese Art und auch *Leontodon nudicaulis* fehlen dort.

In den anfangs artenarmen und offenen *Corynephorus*-Rasen dringen Moose und Flechten ein, unter denen besonders *Cornicularia tenuissima*, *Cladonia furcata* und *Ceratodon purpureus* zur Schließung der Vegetationsdecke beitragen. Da diese Arten dem Sand nur aufliegen und ihn nicht mit Wurzeln binden, neigen die von einer moos- und flechtenreichen Gesellschaft besiedelten Dünen bei Verletzung der Vegetationsdecke zu Aufrissen durch den Wind.

Die älteren Stadien der Silbergrasflur sind vor allem durch das Auftreten von *Polytrichum pilosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Cladonia mitis* und *Festuca ovina* charakterisiert.



Viele Südhänge alter Dünen tragen statt der Silbergrasflur eine *Carex arenaria*-und *Agrostis tenuis*-reiche Gesellschaft Tab. XXX, 31 - 37). In ihr sind die Arten der Silbergrasflur wie *Jasione montana*, *Cornicularia tenuissima*, *Cladonia furcata*, *-alcicornis*, *Rhacomitrium canescens*, *Polytrichum pilosum* und *Filago minima* spärlicher vertreten oder fehlen ganz.

*Calluna vulgaris* erscheint in den ältesten Dünen auf Wangerooge und Norderney, in deren Sanden pH-Werte von 3,8 und Anteile an organischer Substanz von etwa 7 % festgestellt wurden. Sie besiedelt zuerst kleine Mulden und schwach geneigte Hänge ( Tab. XXX, 38 - 44 ) .

#### f. Die Besiedlung von Windmulden

Ausblasungen in Form von unterschiedlich großen Windmulden finden sich nicht nur in den von Sommergästen zertretenen jungen Tertiärdünen, sondern können in alten Dünen auch ohne Zutun von Mensch oder Tier aus moos- und flechtenreichen Gesellschaften entstehen. Nach VAN DIE-REN ( 1934 ) sind sie im Prinzip rein natürliche, mit der Entwicklung jeder Dünenlandschaft unzertrennlich verbundene Formen.

Die Wiederbesiedlung der Windmulden erfolgt wie in den Nordseedünen Schleswig-Holsteins durch eine Silbergrasflur, die jedoch auf den ostfriesischen Inseln sehr viel artenreicher ist ( Tab. XXXI ). Vor allem die Vegetation der Windmulden in Tertiärdünen auf Juist wurde untersucht. Aufn. 8 und 17 der Tab. XXXI stammen von Spiekeroog, Aufn. 16 von Baltrum, Aufn. 18 von Norderney.

Durch den Abtrag oberflächlich ausgelaugter Sande werden frische und kalkhaltige tieferer Schichten zutage gefördert, auf denen sich Arten junger Tertiärdünen wie *Hippophae rhamnoides*, *Phleum arenarium*, *Cerastium semidecandrum*, *Oenothera ammophila*, ( FOCKE ) *Syntrichia ruralis* und *Rubus caesius* sekundär ausbreiten ( Tab. XXXI, 1-15 ). Der Sanddorn bildet hier keine dichten Gebüsche, sondern bleibt kleinwüchsig und geht sehr bald zugrunde. Auch die übrigen Arten junger Tertiärdünen verschwinden mit zunehmender Alterung des Sandes. In Ausblasungen in sehr alten Dünen treten sie nur spärlich auf. *Corynephorus canescens* und *Koeleria albescentis* dominieren in den frischen Ausblasungen ( Tab. XXXI, 1-8 ). Aus der Silbergrasflur entwickelt sich häufig entsprechend der Besiedlungsfolge in alten Dünen ( Tab. XXX ) eine moos- und flechtenreiche Gesellschaft ( Tab. XXXI, 8-17 ). *Cornicularia tenuissima* und *Polytrichum pilosum* treten in den Windmulden auf Juist spärlicher als in der Silbergrasflur auf Norderney auf.

*Agrostis tenuis* kann in alten Besiedlungsstadien der Windmulden (Tab. XXXI, 18-23) ähnlich wie an den Südhängen alter Dünen vorherrschen. Die in der *Agrostis tenuis*-reichen Gesellschaft gedeihenden Arten wie *Rumex Acetosella*, *Luzula campestris*, *Hieracium Pilosella* und *Dicranum scoparium*, sowie das Fehlen der Gewächse jüngerer Dünen zeigen die Entkalkung und Versauerung des Sandes an.

### 3. Die Dünentäler

Die großen Dünentäler auf Borkum, Juist, Norderney und Baltrum sind primäre Täler, d. h. ehemalige Strandbuchten, die durch Bildung einer Vordüne oder Aufschüttung eines Sanddeichs vom Strand abgeriegelt wurden. Die ersten Besiedlungsstadien dieser Täler, in die vor ihrem vollständigen Abschluß vom Strand bei hohen Fluten das Meerwasser eindrang, sind nicht mehr zu beobachten. Angaben über sie finden sich für die westfriesischen Inseln bei VAN DIEREN (1934), BRAUN-BLANQUET (1936) und WESTHOFF (1947).

Im Gegensatz zu den oligotrophen sekundären Dünentälern an der Westküste Schleswig-Holsteins, deren Sande pH-Werte von nicht unter 4,6 aufweisen, sind die primären der ostfriesischen Inseln anfangs nährstoffreich. Bodenuntersuchungen brachten folgende Ergebnisse:

	pH	Kalkgehalt(°/oo)	organ. Subst. (%)
<i>Agrostis stolonifera</i> Rasen	8,4 - 7,6	10	0,7 - 2,3
<i>Schoenus nigricans</i> -Bestände u. Sanddorngebüsch	7,9 - 5,8	3,0 - 0	5,1 - 9,5
feuchte Heide	4,2 - 3,8	-	8,5 - 10,6

Extrem hohe Kalkanteile von 6 und 8 % wurden in jungen Tälern auf Borkum und Juist festgestellt.

Die Gesellschaften der jungen Täler auf den ostfriesischen Inseln unterscheiden sich wesentlich von denen Sylts, Amrums und Eiderstedts. Die dort gedeihenden Erstbesiedler oligotropher nasser Täler wie *Littorella uniflora* und *Juncus bulbosus* treten hier nur selten auf, und *Juncus pygmaeus*, *Pilularia globulifera* und *Deschampsia setacea* fehlen ganz. Dagegen wachsen in den Dünentälern der ostfriesischen Inseln viele z. T. anspruchsvollere Arten, die denen an der Westküste Schleswig-Holsteins fehlen. Eine sicher noch unvollständige Liste dieser Arten sei hier aufgestellt:

Samolus Valerandi	Linum catharticum
Echinodorus ranunculoides	Triglochin palustre
Oenanthe Lachenalii	Mentha aquatica
Epipactis palustris	Prunella vulgaris
" Helleborine	Lycopus europaeus
Parnassia palustris	Ophioglossum vulgatum
Schoenus nigricans	Pyrola minor
Hippophae rhamnoides	Pinguicula vulgaris
Pyrola rotundifolia	Liparis Loeselii
Eupatorium cannabinum	Rhinanthus glaber
Orchis strictifolia	Lysimachia vulgaris
Platanthera bifolia	" thyrsoiflora
Leontodon nudicaulis	Epilobium montanum
Syntrichia ruralis	" parviflorum
Koeleria albescent	Myosotis scorpioides
Myrica Gale	Galium Mollugo
	Rubus caesius

Die in der zweiten Spalte der Liste aufgeführten Arten wurden in den Tälern der nordfriesischen Inseln und Eiderstedts nicht gefunden, sind aber von CHRISTIANSEN ( 1953, 1961 ) als in den Gebieten gedeihend angegeben.

Das Vorkommen folgender Arten in den Tälern der ostfriesischen Inseln ist sicher auf früheren Salzwassereinfluß zurückzuführen :

Glaux maritima	Centaureum vulgare
Juncus Gerardi	Juncus maritimus
Triglochin maritimum	Scirpus maritimus
Eleocharis uniglumis	" Tabernaemontani

In Tab. XXXII sind die Pflanzengesellschaften der Täler auf den ostfriesischen Inseln zusammengestellt. Die jüngsten Besiedlungsstadien wurden auf Borkum, die nächstälteren dort, auf Juist und Baltrum gefunden. Ihnen schließen sich die Gesellschaften der alten Täler auf Norderney an. Aufn. 22 stammt von Spiekeroog, Aufn. 29 von Langeoog.

Die Gesellschaften der nassen Täler heben sich von denen der trockeneren durch die ihnen gemeinsamen Arten *Agrostis stolonifera*, *Juncus anceps*, *-articulatus*, *Potentilla Anserina*, *Mentha aquatica*, *Phragmites communis*, *Centaureum vulgare*, *Ranunculus Flammula* und *Hydrocotyle vulgaris* ab.

In den jungen und stets nassen Tälern auf Borkum (Tab. XXXII, 1-5) sind *Agrostis stolonifera* und *Samolus Valerandi* reichlich vertreten. Häufig findet sich dort *Echinodorus ranunculoides*. An etwas höheren Randzonen wachsen auf Borkum und Juist *Carex flava*, *Liparis Loeselii* und (nur auf Borkum) *Pinguicula vulgaris*, sowie auf den genannten Inseln und auf Baltrum *Linum catharticum*. Diese Arten leiten zu Gesellschaften älterer Täler über, die alle von nassen bis zu mäßig feuchten Standorten durch den meist hohen Anteil von *Salix repens* und die häufig auftretenden Arten *Carex arenaria* und *Holcus lanatus* charakterisiert sind.

In älteren Tälern, deren Sande bereits eine Humusanreicherung aufweisen, hat sich in tieferen Lagen *Schoenus nigricans* angesiedelt (Tab. XXXII, 6-11), während an höheren Stellen ein Sanddorn-Dünenweiden-Gebüsch entwickelt ist. (Tab. XXXII, 12-17). Beide Gesellschaften sind nicht scharf gegeneinander abgegrenzt. *Parnassia palustris*, *Epipactis palustris*, *Carex flacca*, *Pyrola rotundifolia* und *Acrocladium cuspidatum* gedeihen meistens reichlich in ihnen. In älteren Sanddorn-Dünenweiden-Gebüsch fehlt *Schoenus nigricans* in der Regel.

*Hippophae rhamnoides* hat, abgesehen von seiner Bindung an ein kalkhaltiges Substrat, eine recht weite ökologische Amplitude. Er gedeiht in feuchten Tälern und an trockenen Dünenhängen. Die Zusammensetzung des Sanddorn-Gebüsches ist jedoch auf Grund der unterschiedlichen Ansprüche seiner begleitenden Arten in beiden Gebieten sehr verschieden.

Die Humusbildung und Versauerung des Sandes nimmt in den feuchten Tälern rasch zu. Auf den entkalkten und sauren Böden hat sich auf Norderney wahrscheinlich aus dem in alten Tälern absterbenden Sanddorngebüsch eine an *Vaccinium uliginosum* und Sphagnen reiche *Erica-Heide* entwickelt (Tab. XXXII, 18-21). Dort treten die typischen Arten der älteren und nährstoffarmen Täler auf Sylt, Amrum und Eiderstedt wie *Eriophorum angustifolium*, *Drosera rotundifolia*, *Comarum palustre* und *Potentilla erecta* auf. *Vaccinium oxycoccus* wurde auf den ostfriesischen Inseln nicht gefunden.

In einem alten Dünentälchen auf Spiekeroog wächst der in den Dünen der nordfriesischen Inseln und Eiderstedts fehlende Gagelstrauch (Tab. XXXII, 22).

Höhere Randzonen alter Täler oder Talsohlen, die oberhalb des Grundwassers liegen, sind häufig mit *Empetrum nigrum* und *Calluna vulgaris* bewachsen (Tab. XXXII, 23-31). In feuchten Bereichen der Heide finden sich *Molinia coerulea* und *Sieglingia decumbens*, in grundwasserferneren Lagen Arten trockener Dünen wie *Ammophila arenaria*, *Agrostis tenuis*,



*Viola canina*, *Koeleria albescens* und *Hypochoeris radicata* .

Mäßig feuchte Täler auf Borkum und Baltrum sind von einem Sanddorn-Dünenweiden-Gebüsch besiedelt. ( Tab. XXXII, 32-35 ), das sich von dem der nassen Täler im wesentlichen durch das Zurücktreten der feuchtigkeitsliebenden Arten unterscheidet.

In alten Dünen auf Norderney wachsen auf geplagkten Flächen besonders *Drosera rotundifolia*, *Lycopodium inundatum*, *Polytrichum commune* und *Pohlia nutans*. (Tab. XXXII, 36-39 ). Die drei ersten Arten sind auch auf den nordfriesischen Inseln und Eiderstedt typische Besiedler geplagter Dünentäler. Es ist anzunehmen, daß auf diesen Flächen eine Heide entsteht. Vielleicht stellen einige Heiden auf Norderney (Tab. XXXII, 23, 24), in denen *Lycopodium inundatum*, *Pohlia nutans* und *Polytrichum commune* ebenfalls auftreten, ein älteres Besiedlungsstadium auf geplagkten Flächen dar.

Die Heide bildet in den Tälern wie auch in den trockenen Dünengebieten der ostfriesischen Inseln zweifellos das Endglied der Vegetationsentwicklung. Sie stellt sich erst ein, wenn der Boden entkalkt, humusreich und sauer ist. Der Prozeß der Verheidung vollzieht sich in den primär kalkhaltigen Dünen und Tälern sehr langsam, und die Vegetation durchläuft von der *Ammophila*-Gesellschaft der Sekundärdünen oder den Gesellschaften junger Täler bis zur Heide zahlreiche Entwicklungsstadien, die auf den meisten Inseln den breitesten Raum einnehmen. Im Gegensatz dazu schließt sich die Heide auf den kalkfreien und schon bei geringer Humusanreicherung rasch versauernden Sanden der Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins meistens direkt an die Vegetation der Sekundärdünen oder der jungen Täler an und bedeckt dort den größten Teil der ruhenden Dünen. Auch nach Beobachtungen von SALISBURY ( 1938 ) tritt die Heide in den praktisch kalkfreien Dünen Dorsets (England) verhältnismäßig rasch auf.

#### B. Die Dünen der jütischen Nordseeküste

Ein an wenigen Stellen unterbrochenes Dünengebiet säumt die jüti-sche Halbinsel an ihrer Westküste. Südlich von Skallingen verläßt es das Festland, um sich auf den Inseln Fanö und Röm, dann an der deutschen Küste auf Sylt und Amrum fortzusetzen.

Dieser langgestreckte Dünensaum zeigt in der Zusammensetzung seiner Pflanzendecke insgesamt viele Gemeinsamkeiten mit der Vegetation der Dünen an den deutschen Nordseeküsten und, größtenteils bedingt durch edaphische Faktoren, manche Übereinstimmung mit den Pflanzengesell-

schaften der ostfriesischen Düneninseln einerseits und denen an der Westküste Schleswig-Holsteins andererseits.

### 1. Der Sand der jütischen Nordseedünen

Die Korngrößenverteilung im Dünen sand der jütischen Nordseeküste ist in den einzelnen Gebieten recht unterschiedlich. Der gröbste Sand findet sich, entsprechend den Verhältnissen in den Westdünen Sylts, an Abbruchküsten bei Vorupöre und Husby. Feinsandiger sind die Dünen am Bulbjaerg, bei Skagen, Tvaersted und auf der Halbinsel Skallingen. Der feine Dünen sand bei Blokhus und Lökken, am Vejerstrand, am Weststrand auf Röm und Fanö gleicht dem der ostfriesischen Inseln :

Prozentuale Korngrößenverteilung in den jütischen Nordseedünen  
( Mittelwerte )

	> 0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	< 0,05	mm
Vorupöre	8,0	83,23	8,6	0,14	0,03	
Husby	1,65	80,22	17,93	0,19	0,01	
Bulbjaerg	8,0	70,24	21,42	0,3	0,04	
Skagen	0	69,45	30,24	0,29	0,02	
Tvaersted	0,01	40,73	58,99	0,26	0,01	
Skallingen	0,54	28,06	69,75	1,21	0,45	
Blokhus	0,03	15,7	79,37	4,49	0,41	
Vejerstrand	0	13,2	85,96	0,82	0,02	
Fanö	0,42	9,8	87,43	2,15	0,2	
Lökken	0	8,56	90,96	0,47	0,01	
Röm	0,2	8,32	89,98	1,44	0,06	

Auch der Kalkgehalt der Dünen sande ist unterschiedlich hoch. Besonders große Kalkanteile weisen die Dünen sande bei Tvaersted und am Bulbjaerg auf. Kalkhaltig sind ferner die Dünen bei Lökken, Skagen, auf Skallingen und am Vejerstrand. Die geringsten Kalkwerte, höchstens bis zu 3 ‰, wurden in den Sekundärdünen bei Vorupöre, Husby, Febbersted, auf Röm und Fanö festgestellt. Die Sande des mit *Puccinellia maritima* bewachsenen Außenstrandes auf Röm und Danö sind allerdings sehr kalkhaltig. Die dort ermittelten Werte lagen um 12 ‰.

Kalkgehalt der Dünensande in ‰ ( 10 - 15 cm Bodentiefe )

	Sekundär- dünen	junge Tertiärdünen	ältere Tertiärdünen	verheidete
Bulbjaerg Tvaersted	21, 2-12, 7	12, 5-8, 5	11, 8-5, 2	5, 8 (Bulbjaerg)
Lökken, Skagen, Vejerstrand	5, 4- 1, 6	2, 5-0, 4	0, 2-0	-

Die Humusanreicherung in den Dünensanden erfolgt an der jütischen und deutschen Nordseeküste in den älteren, nicht übersandeten Dünen sehr gleichmäßig und an den Nordhängen allgemein rascher als an den Südhängen. Folgende prozentuale Anteile an organischer Substanz in den oberen Sandschichten der jütischen Dünen wurden gemessen :

übersandete Sekundärdünen	mäßig über- sandete Skdd.	junge Tertiärdünen	ältere Tertiärdünen	verheidete
0, 1-0, 3	0, 4-0, 7	1, 3-3, 0	3, 5-6, 2	7, 3-11, 3

Die Azidität der Sande richtet sich, vor allem in humushaltigen älteren Dünen, nach den vorhandenen Kalkmengen. Die niedrigsten pH-Werte von 6, 6 wurden entsprechend dem geringsten Kalkgehalt in Sekundärdünen bei Vorupøre, Husby, Febbersted, auf Röm und Fanö festgestellt. Dort sinkt der pH-Wert in jungen Graudünen auf etwa 5, 4, in älteren auf 4, 2.

Durch den größeren Kalkgehalt der Dünen bei Skagen, Lökken, am Vejerstrand, sowie am Bulbjaerg und bei Tvaersted wird die Versauerung des Sandes bei Humusanreicherung verzögert. Besonders in den zuletzt genannten Gebieten sinkt der pH-Wert sehr langsam ab :

	Sekundär- dünen	junge Tertiärdünen	ältere Tertiärdünen	verheidete
Bulbjaerg Tvaersted	8, 8-8, 2	-	7, 9-7, 2	6, 3-4, 4
Lökken Skagen	8, 2-7, 5	7, 3-6, 3	6, 0-5, 3	4, 1-3, 8
Vejerstrand				

Da aus allen untersuchten Dünengebieten nur jeweils eine Serie Bodenproben analysiert wurde, sind die aufgeführten Daten statistisch nicht gesichert. Sie können daher nur einen Eindruck von der Bodenbeschaffenheit vermitteln. Weitere Angaben über die pH-Verhältnisse in den Dünen-sanden der jütischen Küste finden sich bei BÖCHER ( 1941, 1953 ) .

Der unterschiedlich hohe Kalkgehalt der Dünen bestimmt im wesentlichen die Zusammensetzung der Vegetation in den einzelnen Dünengebieten und die mehr oder minder rasche Aufeinanderfolge der Gesellschaften älterer Dünen. Ein Sanddorngebüsch, das wie auf den ostfriesischen Inseln auch an der jütischen Nordseeküste die Vegetation der kalkhaltigen Sekundärdünen ablöst, kommt nur in kalkreichen Dünen voll zur Entwicklung, während es in den kalkärmeren schwach ausgebildet ist und alsbald in die Heide übergeht. In den Dünen auf Skallingen, Röm und Fanö fehlt es überhaupt. Das südlichste Vorkommen von *Hippophae rhamnoides* liegt an der jütischen Nordseeküste bei Blaavands Huk.

## 2. Die Vegetation der Dünen

### a. Primär kalkhaltige Dünen

In Tab. XXXIII sind Gesellschaften der Dünen an der jütischen Nordseeküste mit Ausnahme des südlichen Teiles und der kalkreichen Dünen bei Tvaersted und am Bulbjaerg zusammengestellt.

Primärdünen am Fuße der Seedünen werden von *Ammophila arenaria* besiedelt und in die Sekundärdünen aufgenommen, welche in aufbauenden Dünengebieten mit sanfter Neigung zum Strande abfallen. ( Tab. XXXIII, 1-11 ). An Abbruchküsten bei Vorupøre und Husby sind vor den Dünenkliffs keine Primärdünen oder höchstens dürftige Rasen von *Agropyron junceum* ausgebildet.

*Eryngium maritimum* wächst an der jütischen Nordseeküste häufig in der *Ammophila arenaria*-Gesellschaft der jungen Sekundärdünen, während sie an der deutschen Nordseeküste fast nur in der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft älterer Sekundärdünen vorkommt.

Die junge und überwehte *Ammophila*-Düne, in der *Agropyron junceum* und *Minuartia peploides* regelmäßig, *Cakile maritima* hin und wieder auftreten (Tab. XXXIII, 12-21 ), geht bei schwächer werdender Übersandung in eine *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft über (Tab. XXXIII, 21 - 25). Die hohe Stetigkeit von *Lathyrus maritimus* in den Sekundärdünen-Gesellschaften zeigt die enge Beziehung zu denen an der Westküste Sylts. Andererseits verbinden das häufige Vorkommen von *Sonchus arvensis* und *Senecio vulgaris*, sowie die in den Sekundärdünen auftretenden Jung-



pflanzen von *Hippophae rhamnoides* die Gesellschaften der jungen Dünen an der jütischen Nordseeküste mit denen der ostfriesischen Inseln. *Vicia cracca* gedeiht oft in den Dünen Jütlands. An der deutschen Nordseeküste wächst sie selten in alten Dünen.

Aus der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft kann sich in kalkhaltigen Dünen ein Sanddorngebüsch entwickeln (Tab. XXXIII, 26-38), dessen charakteristischer Begleiter wie auf den ostfriesischen Inseln *Solanum Dulcamara* und *Linaria vulgaris* sind. *Rubus caesius*, ein wesentlicher Bestandteil des Sanddorngebüsches sowie der meisten Gesellschaften jüngerer Dünen auf den ostfriesischen Inseln, wurde an der jütischen Nordseeküste nur selten gefunden. *Salix repens* bildet zusammen mit *Hippophae rhamnoides* vor allem in jenen Dünen Gebüsch, die vor ihrer Festlegung ein mit *Salix repens* bewachsenes primäres Dünenental überwandert hatten (Tab. XXXIII, 39-41). Die Dünenweide war durch den aufgelagerten Sand gewachsen und auf diese Weise bis in die Kuppen junger Dünen aufgestiegen.

Das Sanddorngebüsch geht bei Auswaschung des Kalks und Versauerung des Bodens vorwiegend an unbesonnten Hängen in einer *Empetrum*-Heide unter (Tab. XXXIII, 42-48). In den meisten der besuchten Dünen bildet es höchstens ein kurzes Übergangsstadium zwischen der Vegetation älterer Sekundärdünen und den verheideten Tertiärdünen. Ausgedehnte Sanddornbestände fanden sich außer bei Tvaersted (Tab. XXXV) in den kalkreicheren Dünen bei Lökken.

*Calluna vulgaris* wandert in die alte *Empetrum*-Heide ein, und wie in den Dünen an der deutschen Nordseeküste bildet eine an Moosen und Flechten reiche Heide die Klimax-Gesellschaft der Dünenvegetation (Tab. XXXIII, 49-58).

An kleinen Südhängen entsteht aus der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft älterer Sekundärdünen eine Graudünen-Vegetation (Tab. XXXIV), die sich besonders durch die dort häufig auftretende *Artemisia campestris* von ähnlichen Gesellschaften an der deutschen Nordseeküste unterscheidet. Die typische Graudünenart der ostfriesischen Inseln, *Koeleria albescentis*, wird in Jütland durch *Koeleria glauca* ersetzt, welche um Skagen und im südlichen Teil der jütischen Nordseeküste wächst. Zwischen Lökken und Ager wurde sie nicht gefunden. Beide *Koeleria*-Arten fehlen in den Dünen der Westküste Schleswig-Holsteins.

Die Vegetation der jüngeren Dünen auf den nur schwach sauren Sanden ist durch die noch stark deckenden Gräser *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra* charakterisiert (Tab. XXXIV, 1-6). Hin und wieder finden sich

dort *Phleum arenarium*, *Syntrichia ruralis*, *Cerastium semidecandrum* u. *Hippophae rhamnoides*, die bezeichnenden Arten der offenen und neutralen bis schwach sauren Dünenböden. Die in Graudünen der ostfriesischen Inseln verbreitete *Silene Otites* wurde im nördlichen Teil der jütischen Nordseeküste nicht gesehen. Sie tritt erst im Süden am Vejerstrand, auf Skallingen, Fanø und Röm auf.

An älteren Südhängen stellt sich wie auf den sehr sauren Sanden der Dünen Sylts eine an Moosen und Flechten reiche Graudünen-Gesellschaft ein ( Tab. XXXIV, 7-13 ), in die *Calluna vulgaris* eindringt .

#### b. Die kalkreichen Dünen bei Tvaersted

In den kalkreichen Dünen bei Tvaersted schließt sich an die stark übersandete junge Sekundärdüne (Tab. XXXV, 1-4 ) eine *Ammophila arenaria*-Gesellschaft an, (Tab. XXXV, 5-10), welche meistens direkt in die Graudüne oder das Sanddorn-Gebüsch übergeht, ohne daß ein *Festuca rubra*-reiches Stadium entwickelt ist. Diese scheinbar rasche Aufeinanderfolge der Gesellschaften wird durch das neuerliche Einwandern junger Dünen von der Küste verursacht, die an einigen Stellen schon an das Sanddorngebüsch älterer Dünen grenzen. Auf den kalkreichen Sanden findet sich, meistens eng verzahnt mit dem Sanddorn-Gebüsch, eine Graudünen - Gesellschaft (Tab. XXXV, 11-17 ), die durch das reichliche Vorkommen von *Syntrichia ruralis*, *Phleum arenarium* und *Cerastium semidecandrum* enge Beziehung zu jener auf den ebenfalls kalkhaltigen Dünen der ostfriesischen Inseln aufweist. Von ihr unterscheidet sie sich im wesentlichen durch das Fehlen von *Silene Otites*, *Galium Mollugo*, *Corynephorus canescens* und *Koeleria albescent*, sowie durch das Vorkommen von *Tussilago farfara*, *Artemisia campestris* und *Koeleria glauca*. *Rubus caesius* besiedelt wie auf den ostfriesischen Inseln, wenn auch spärlich, den kalkhaltigen Sand.

Ältere Dünen sind mit einem bis 1,80 m hohen Sanddorn-Dickicht bestanden ( Tab. XXXV, 18-22 ), das, nach der Mächtigkeit der Sträucher zu urteilen, ein hohes Alter hat. Die charakteristischen Begleiter des Sanddorn-Gebüsches der ostfriesischen Inseln wie *Sambucus nigra*, *Solanum Dulcamara*, *Linaria vulgaris* und *Brachythecium rutabulum* wachsen auch hier.

Während auf den ostfriesischen Inseln und an der übrigen jütischen Nordseeküste das Absterben des Sanddorns hauptsächlich auf die Entkalkung und Versauerung des Bodens zurückzuführen ist, dürften diese Faktoren in den noch kalkreichen und alkalisch reagierenden Sanden der alten Dü-

nen bei Tvaersted nicht für das allmähliche Zurückgehen des Sanddorns verantwortlich sein. Vielmehr ist anzunehmen, daß das Sanddorn-Gebüsch wenn es nicht durch Raupenfraß oder Feuer in heißen Sommern vernichtet wird, bei Überalterung der Sträucher verfällt. Eine Regeneration durch Jungwuchs wurde weder an der jütischen noch an der deutschen Nordseeküste beobachtet. Das Sanddorn-Gebüsch entsteht auf kalkhaltigen und offenen Sanden, also in der jungen oder älteren Sekundärdüne, sowie in humusarmen, aber kalkreichen Tälern. Ein Keimen der Samen scheint auf humosen und oberflächlich versauerten Sanden nicht möglich zu sein.

In alten Dünen bei Tvaersted werden die Hippophae-Bestände von einer krautreichen Düne abgelöst ( Tab. XXXV, 23-31 ). Regelmäßig gedeihen in ihr *Anemone pratensis*, *Geranium sanguineum*, *Artemisia campestris* und *Thalictrum minus*. Die Häufung dieser kontinentalen Arten steht sicher mit dem besonders hohen Kalkgehalt des Bodens in Zusammenhang. Bezeichnend für die alten Dünen Tvaerstedts ist ferner das Vorkommen von *Veronica Chamaedrys*, das auf den milden Humus in den Dünen hinweist. Auf den sauren Böden der Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins fehlt diese Art, und auf den ostfriesischen Inseln wurde sie nur selten in kalkhaltigen Dünen Juists gefunden.

Die oberflächlich ausgelaugten Sande alter Dünen sind mit einer flechtenreichen Gesellschaft bewachsen ( Tab. XXXV, 30-31 ), und auf sehr alten Dünen stellt sich schließlich die für alle verarmten Dünensande an der deutschen und dänischen Nordseeküste typische Heide ein.

### c. Die kalkreichen Dünen am Bulbjaerg

Östlich und westlich des Bulbjaergs, eines bis 45 m hohen und direkt an das Meer grenzenden Kreidefelsens nordöstlich von Thisted, liegen mehrere niedrige Dünenzüge, deren Sande sehr kalkhaltig sind. Die Vegetation der Dünen weist viele Besonderheiten und manche Ähnlichkeit mit jener auf ebenfalls kalkreichen Sanden bei Tvaersted wachsenden auf.

Die stark übersandeten Dünen am Strand sind hauptsächlich mit *Ammophila arenaria* und *Agropyron junceum* besiedelt ( Tab. XXXVI, 1-2 ), und rückwärtige, mäßig übersandete Bereiche tragen eine *Festuca rubra*-reiche Gesellschaft ( Tab. XXXVI, 3-9 ), welche bei schwächer werdender Sandzufuhr in eine krautreiche Düne übergeht. *Hippophae rhamnoides* ist auch am Bulbjaerg ein charakteristischer Bestandteil der kalkreichen jungen Dünen, aber die Sanddorn-Gebüsche bleiben im Gegensatz zu den Beständen bei Tvaersted niedrig und windverschoren, da sie nicht



wie dort von hohen Seedünen vor den westlichen Winden geschützt sind. Am Bulbjaerg tritt der Sanddorn neben den in jungen Dünen dominierenden Gräsern *Ammophila arenaria* und *Festuca rubra* zurück. Bezeichnend für alle älteren Sekundärdünen und für tertiäre Dünen sind die dort regelmäßig gedeihenden Arten *Solidago Virgaurea* und *Pimpinella saxifraga*. Die erste fehlt in den Dünen der deutschen Nordseeküste, die letzte kommt dort selten vor.

*Silene maritima* wächst am Bulbjaerg am Fuße kleiner Dünen. Diese typische Pflanze der Strandfelsen gedeiht an den Küsten Norwegens, Schwedens, Groß-Britanniens, sowie an der Atlantik-Küste Spaniens und Frankreichs. Von der deutschen Nordseeküste ist sie nicht bekannt.

In älteren und krautreichen Dünen findet sich wie bei Tvaersted *Geranium sanguineum* ein ( Tab. XXXVI, 10-13 ). *Plantago media* und *Hypochaeris maculata* wurden außer am Bulbjaerg in den Dünen der Nordseeküste nicht gesehen. *Veronica Chamaedrys* besiedelt auch hier die humosen und kalkreichen Sande.

Mit zunehmender Humusanreicherung treten die Arten junger Dünen wie *Ammophila arenaria*, *Festuca rubra* und *Hippophae rhamnoides* zurück, und es entsteht eine reichhaltige Graudünen-Vegetation, in der *Geranium sanguineum*, *Rosa spinosissima* und *Empetrum nigrum* vorherrschen ( Tab. XXXVI, 14-20 ).

In alten Graudünen östlich des Bulbjaergs stellt sich *Calluna vulgaris* ein (Tab. XXXVI, 21-25 ), und die ältesten Dünen tragen auf immer noch kalkhaltigen, wenn auch oberflächlich sauren Böden eine moos- und flechtenreiche Heide, die im Gegensatz zu anderen Dünenheiden an der deutschen und jütischen Nordseeküste viele höhere Pflanzen enthält. (Tab. XXXVI, 26-30). Häufig gedeiht dort *Carlina vulgaris*. Diese Charakterpflanze vieler jütischer Dünenheiden tritt in den Nordseedünen Deutschlands nicht auf, wohl aber in den Geestheiden auf Sylt.

#### d. Die Dünen der südlichen Nordseeküste Jütlands

Die Dünen im Südwesten Jütlands auf Skallingen, Fanö und Röm heben sich von denen der nördlicheren Gebiete vor allem durch das Fehlen von *Hippophae rhamnoides* ab.

Aus der *Festuca rubra*-reichen Gesellschaft der Sekundärdünen ( Tab. XXXVII, 1-5) entwickelt sich ähnlich wie auf den ostfriesischen Inseln,



aber wesentlich schwächer ausgeprägt, auf den noch offenen und schwach sauren Böden eine Graudünen-Gesellschaft, in der *Syntrichia ruralis* häufig, *Cerastium semidecandrum* und *Phleum arenarium* hin und wieder gedeihen (Tab. XXXVII, 6-9).

Ältere begraste Dünen tragen entsprechend den ebenfalls beweideten Dünen Sylts einen kurzen moos- und krautreichen Rasen (Tab. XXXVII, 10-17). Dieser unterscheidet sich von jenem auf Sylt besonders durch das Auftreten von *Vicia Lathyroides*, sowie durch das häufigere Vorkommen von *Silene Otites* und *Dianthus deltoides*. Die Entwicklung zur *Calluna*-Heide ist hier wie auf den Kuppen-Graudünen Sylts angedeutet.

An kleinen Südhängen in alten Dünen auf Röm wächst eine *Rosa spinosissima*-reiche Gesellschaft (Tab. XXXVII, 18-23). In ihr finden sich oft *Pimpinella saxifraga* und *Koeleria glauca*. Auch in diese Gesellschaft wandert die Heide ein.

Große Flächen in den Dünen bei Blaavands Huk, auf Röm und Fanö sind mit Heide bewachsen. In ihr treten die meisten höheren Pflanzen zugunsten eines dichten Moos- und Flechtenrasens zurück. Jüngere Heiden zeichnen sich durch die starke Deckung von *Empetrum nigrum* aus (Tab. XXXVII, 24-28). In alten Dünenheiden auf Röm wird die Krähenbeere seltener, und *Calluna vulgaris* dominiert (Tab. XXXVII, 29-33). Bezeichnende Arten der flechtenreichen Heiden sind hier wie auf Sylt *Ptilidium ciliare* und *Cladonia gracilis*. Vorwiegend auf windexponierten Kuppen im Süden Röms stirbt *Calluna vulgaris* häufig ab. Gleichzeitig verschwindet der dichte Moosteppich, und *Deschampsia flexuosa*, ein Bestandteil aller alten Dünenheiden auf humusreichen Sanden, breitet sich auf der verwitternden Humusaufgabe aus. (Tab. XXXVII, 34-38). An kleinen Aufrissen der Flechtendecke, wo der nackte Mineralboden zutage tritt, stellen sich die den alten Heiden fehlenden Arten *Hieracium umbellatum*, *Hypochoeris radicata* und *Galium verum* ein. Gleichfalls finden sich auf diesen Flächen Jungpflanzen von *Calluna vulgaris* in großer Zahl neben älteren und absterbenden Sträuchern, und die meisten Kuppen zeigen neben der Degeneration der Heide Stadien der Regeneration.

### 3. Die Dünentäler

Im Dünengebiet an der jütischen Nordseeküste sind sowohl kalkreiche als auch kalkarme Täler ausgebildet. Die Vegetation der kalkreichen Täler zwischen Skallerup und Hirtshals, am Vester Vanned Sö und am Kap Skagen ist der in den ebenfalls kalkhaltigen Tälern auf den ostfriesischen Inseln ähnlich. Folgende in beiden Gebieten auftretende und den Dünen-

tälern auf Sylt, Amrum und Eiderstedt fehlende Arten wurden verzeichnet :

<i>Pinguicula vulgaris</i>	<i>Linum catharticum</i>
<i>Epipactis palustris</i>	<i>Prunella vulgaris</i>
<i>Parnassia palustris</i>	<i>Mentha aquatica</i>
<i>Liparis loeselii</i>	<i>Lycopus europaeus</i>
<i>Pyrola rotundifolia</i>	<i>Rhinanthus minor</i>
<i>Orchis strictifolia</i>	<i>Campylium stellatum</i>
<i>Centaureum vulgare</i>	<i>Glaux maritima</i>
<i>Schoenus nigricans</i>	<i>Scirpus uniglumis</i>
<i>Hippophae rhamnoides</i>	" <i>maritimus</i>

Das Vorkommen von nordischen Arten wie *Salix hastata*, *Selaginella selaginoides*, *Equisetum variegatum*, *Carex incurva* und *Catapodium nigritum* in den Tälern Jütlands unterscheidet diese wesentlich von denen der ostfriesischen Inseln.

Kalkarme, oligotrophe Täler finden sich sehr häufig an der jütischen Nordseeküste. Sie sind sekundär, d. h. durch Ausblasung der Dünen bis auf den Grundwasserhorizont entstanden, und können sehr umfangreich sein. Die großen Täler führen ständig Wasser. Den Boden dieser nährstoffarmen und flachen Dünenseen bedeckt in der Regel ein Teppich von *Lobelia Dortmanna* oder, im tieferen Wasser, von *Isoetes lacustris*. Beide Arten treten in den sommerlich austrocknenden Tälern auf Sylt, Amrum und Eiderstedt nicht auf.

In Tabelle XXXVIII sind Gesellschaften der feuchten sekundären Dünen - täler an der Nordseeküste Jütlands zusammengestellt. Sie zeigen manche Übereinstimmung mit den Gesellschaften der Täler an der Westküste Schleswig-Holsteins. Die Unterwasser-Rasen wurden nicht aufgenommen.

In seichten Tümpeln im Gebiet der großen Wanderdünen bei Raabjaerg Mile (südlich von Skagen) und an sandigen Rändern des Vorup Sø wächst *Littorella uniflora* in ausgedehnten Rasen ( Tab. XXXVIII, 1-5 ). *Juncus bulbosus* gedeiht optimal in etwas schlammigen Mulden. (Aufn. 6 ).

Auf sehr nassen Sandflächen bei Raabjaerg Mile findet sich eine besondere Gesellschaft mit *Pilularia globulifera*, *Juncus pygmaeus*, *Peplis portula*, *Gnaphalium uliginosum*, *Elatine Hydropiper* und *Radiola linoides*. (Tab. XXXVIII, 7-12 ). Hin und wieder treten dort *Lycopodium inundatum* und *Centunculus minimus* auf.

*Deschampsia setacea* besiedelt am Vorup Sö und bei Raabjaerg Mile nasse Täler, deren Sande bereits mit Humus angereichert sind (Tab. XXXVIII, 13-18). Neben *Deschampsia setacea* sind *Carex stolonifera*, *-panicea*, *Comarum palustre*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Salix repens* und *Sphagnum subsecundum* s.l. häufig vertreten. *Drosera intermedia* wächst in den nassen Senken, während *Drosera rotundifolia* höhere Standorte vorzieht.

Auf nassen geplagigten Flächen auf Fanö (Tab. XXXVIII, 19-20) wurden *Hamarbya paludosa* und *Eleocharis multicaulis* gefunden. Beide Arten kommen auf Sylt und Amrum vor, sind aber auf den ostfriesischen Inseln ebenso wie *Deschampsia setacea* nicht vorhanden. Ferner tritt auf Fanö das Scheidige Wollgras auf, das in den Dünentälern an der deutschen Nordseeküste fehlt. Typischer Besiedler der geplagigten Flächen ist wie überall in den Dünentälern *Lycopodium inundatum*.

Die Ränder alter Täler oder feuchte Senken tragen entsprechend denen an der deutschen Nordseeküste *Erica*-Heiden (Tab. XXXVIII, 21-39), deren charakteristische Begleiter *Salix repens* und *Potentilla erecta* sind.

Die feuchten Heiden heben sich von den grundwasserferneren durch die häufig auftretenden Arten *Molinia coerulea*, *Myrica Gale*, *Drosera rotundifolia*, *Carex stolonifera*, *-panicea*, *Eriophorum angustifolium*, *Vaccinium oxycoccus*, *Sieglia decumbens* und *Gentiana pneumonanthe* ab.

In nassen Senken am Vorup Sö wächst eine an *Narthecium ossifragum* reiche Heide, in der *Lycopodium inundatum* und *Drosera intermedia* regelmäßig vorkommen (Tab. XXXVIII, 21-23). Eine ähnliche Gesellschaft findet sich in den Dünentälern der deutschen Nordseeküste nur auf Amrum (s. S. 90). *Scirpus caespitosus* besiedelt zusammen mit *Calluna vulgaris* die höheren Randzonen der Senken (Tab. XXXVIII, 24-26).

Bezeichnende Arten der mäßig feuchten Heide sind *Vaccinium uliginosum*, *Nardus stricta*, *Anthoxanthum odoratum*, *Pedicularis silvatica* und *Polytrichum commune* (Tab. XXXVIII, 28-39).

Die moos- und flechtenreichen Dünenheiden auf grundwasserferneren Böden (Tab. XXXVIII, 33-39) unterscheiden sich von denen an der deutschen Nordseeküste im wesentlichen durch das Vorkommen von *Juncus balticus*. Diese Art erscheint erst wieder auf den westfriesischen Inseln. *Juncus balticus* bildet mit *Juncus filiformis* einen Bastard. Interessant ist, daß dieser Bastard in Jütland vorwiegend an Stellen gedeiht, die zwischen den feuchten, von *Juncus filiformis* besiedelten und den grundwasserferneren, mit *Juncus balticus* bewachsenen Bereichen liegen.

Vergleichende Betrachtungen über das Klima und die Vegetation  
in den untersuchten Dünengebieten

Die Atlantizität des Klimas an der südlichen und östlichen Nordseeküste drückt sich aus

1. in der hohen relativen Luftfeuchtigkeit, die von Borkum bis Skagen im Jahresmittel um 80 % liegt ( gemessen um 14<sup>00</sup> Uhr ),
2. in den verhältnismäßig großen Niederschlagsmengen, namentlich während der 2. Hälfte des Jahres , und
3. in den kühlen Sommern und milden Wintern.

Von Borkum bis Skagen sind eine Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen und ein Absinken der Temperaturen zu verzeichnen <sup>1)</sup> :

mittlere Summen des Niederschlages (mm)

	März-Juni	Juli-Oktober	Jahr
Skagen	153	250	550-600
Hanstholm	151	271	600-650
Lyngvig	157	295	650-700
Westerland	175	299	717
Borkum	188	296	695

Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur ( C° )

	Febr.	Apr.	Mai	Juli	Sept.	Okt.	Dez.	Jahr
Skagen	0,3	5,1	9,9	16,4	12,9	8,9	2,4	7,7
Lodbjerg	0,4	5,3	10,1	15,2	12,3	8,4	2,2	7,5
Westerland	0,8	6,0	10,6	15,9	13,5	9,3	2,5	8,1
Borkum	1,5	6,8	11,2	16,4	14,1	9,7	2,7	8,6

Das Klima wird also nach Norden allmählich trockener, die Winter werden kälter.

1) Nach : "Klimakunde des Deutschen Reiches", 1939, BÖCHER, T. W., 1943, und den vom Wetteramt Schleswig zur Verfügung gestellten Daten.



Wie diese großklimatischen Unterschiede im einzelnen auf die Verbreitung von Pflanzenarten und auf die Entwicklung der Vegetationsdecke in den untersuchten Dünengebieten Einfluß nehmen, bedarf eingehender Nachforschungen. In den folgenden Listen sind Arten der Dünen und ihrer Täler auf den ostfriesischen Inseln, an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins und Jütlands zusammengestellt, die sich durch eine Sonderstellung von den allen drei Gebieten gemeinsamen Arten abheben :

I. Im Dünengebiet der ostfriesischen Inseln vorkommende und im Dünengebiet der Westküste Schleswig-Holsteins und Jütlands fehlende Arten:

- |                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Koeleria albescent</i>    | 7. <i>Saxifraga tridactylites</i> |
| 2. <i>Tuberaria guttata</i>     | 8. <i>Juncus maritimus</i>        |
| 3. <i>Silene conica</i>         | 9. <i>Oenanthe lachenalii</i>     |
| 4. <i>Leontodon nudicaulis</i>  |                                   |
| 5. <i>Hedera helix</i>          | 10. <i>Samolus Valerandi</i>      |
| 6. <i>Asparagus officinalis</i> | 11. <i>Eupatorium cannabinum</i>  |
|                                 | 12. <i>Senecio Jacobaea</i>       |
|                                 | 13. <i>Gymnadenia conopsea</i>    |

Ob die unter 7-12 aufgeführten Arten im Dünengebiet an der jütischen Westküste auftreten, geht aus der Literatur nicht hervor.

II. Im Dünengebiet der Westküste Schleswig-Holsteins und Jütlands gedeihende Arten, die auf den ostfriesischen Inseln nicht vorkommen :

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Galium pumilum</i>         | 13. <i>Scorzonera humilis</i>    |
| 2. <i>Sagina subulata</i>        | 14. <i>Knautia arvensis</i>      |
| 3. <i>Genista pilosa</i>         | 15. <i>Thymus serpyllum</i>      |
| 4. " <i>tinctoria</i>            | 16. <i>Dianthus deltoides</i>    |
| 5. <i>Deschampsia setacea</i>    | 17. <i>Gentiana pneumonanthe</i> |
| 6. <i>Eleocharis multicaulis</i> | 18. <i>Carex pilulifera</i>      |
| 7. <i>Juncus pygmaeus</i>        |                                  |
| 8. " <i>capitatus</i>            | 19. <i>Eleocharis acicularis</i> |
| 9. <i>Apium inundatum</i>        | 20. <i>Vaccinium oxycoccus</i>   |
| 10. <i>Narthecium ossifragum</i> | 21. <i>Hamarbya paludosa</i>     |
| 11. <i>Drosera intermedia</i>    | 22. <i>Juncus filiformis</i>     |
| 12. <i>Pilularia globulifera</i> |                                  |

III. Im Dünengebiet der Westküste Jütlands vorkommende und im Dünengebiet der deutschen Nordseeküste fehlende Arten :

- |                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Silene maritima</i>  | 18. <i>Carex dioica</i>          |
| 2. <i>Potentilla verna</i> | 19. <i>Botrychium multifidum</i> |

- |                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 3. <i>Polygala serpyllifolia</i>   | 20. <i>Carex incurva</i>              |
| 4. <i>Koeleria glauca</i>          | 21. <i>Lobelia dortmanna</i>          |
| 5. <i>Anemone pratensis</i>        | 22. <i>Isoetes lacustris</i>          |
| 6. <i>Geranium sanguineum</i>      | 23. <i>Montia lamprosperma</i>        |
| 7. <i>Plantago media</i>           | 24. <i>Utricularia intermedia</i>     |
| 8. <i>Herminium monorchis</i>      | 25. <i>Drosera anglica</i>            |
| 9. <i>Briza media</i>              | 26. <i>Juncus balticus</i>            |
| 10. <i>Epipactis atrorubens</i>    | 27. <i>Elatine Hydropiper</i>         |
| 11. <i>Gentiana germanica</i>      | 28. <i>Euphrasia borealis</i> (Wett.) |
| 12. <i>Hypochoeris maculata</i>    | 29. <i>Calamagrostis neglecta</i>     |
| 13. <i>Carlina vulgaris</i>        | 30. <i>Salix hastata</i>              |
| 14. <i>Astragalus glycyphyllos</i> | 31. <i>Selaginella selaginoides</i>   |
| 15. <i>Artemisia campestris</i>    | 32. <i>Equisetum variegatum</i>       |
|                                    | 33. <i>Eriophorum vaginatum</i>       |
|                                    | 34. <i>Stellaria crassifolia</i>      |
| 16. <i>Solidago virgaurea</i>      | 35. <i>Crassula aquatica</i>          |
| 17. <i>Carex pulicaris</i>         |                                       |

IV. Im Dünengebiet der ostfriesischen Inseln und der jütischen Nordseeküste vorkommende Arten, die im Dünengebiet an der Westküste Schleswig-Holsteins fehlen :

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. <i>Phleum arenarium</i>          | 15. <i>Veronica Chamaedrys</i>    |
| 2. <i>Vicia lathyroides</i>         | 16. <i>Calamagrostis epigeios</i> |
| 3. <i>Ranunculus bulbosus</i>       | 17. <i>Epilobium montanum</i>     |
| 4. <i>Sambucus nigra</i>            | 18. " <i>angustifolium</i>        |
| 5. <i>Schoenus nigricans</i>        | 19. <i>Sorbus aucuparia</i>       |
| 6. <i>Echinodorus ranunculoides</i> | 20. <i>Prunella vulgaris</i>      |
| 7. <i>Myrica Gale</i>               | 21. <i>Erophila verna</i>         |
| 8. <i>Liparis Loeselii</i>          | 22. <i>Mentha aquatica</i>        |
|                                     | 23. <i>Lycopus europaeus</i>      |
| 9. <i>Hippophae rhamnoides</i>      | 24. <i>Linum catharticum</i>      |
| 10. <i>Thalictrum minus</i>         |                                   |
| 11. <i>Orchis strictifolia</i>      | 25. <i>Pinguicula vulgaris</i>    |
| 12. <i>Epipactis palustris</i>      | 26. <i>Lysimachia thyrsiflora</i> |
| 13. " <i>Helleborine</i>            | 27. <i>Gentiana amarella</i>      |
| 14. <i>Platanthera bifolia</i>      | 28. <i>Parnassia palustris</i>    |
|                                     | 29. <i>Lycopodium clavatum</i>    |
|                                     | 30. <i>Pyrola rotundifolia</i>    |
|                                     | 31. <i>Gentiana baltica</i>       |

V. a. Im Dünengebiet der jütischen, schleswig-holsteinischen und niederländischen Nordseeküste vorkommende und auf den ostfriesischen Inseln fehlende Arten :

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. <i>Deschampsia setacea</i>    | 8. <i>Gentiana pneumonanthe</i> |
| 2. <i>Eleocharis multicaulis</i> | 9. <i>Carex pilulifera</i>      |
| 3. <i>Juncus pygmaeus</i>        | 10. <i>Thymus serpyllum</i>     |
| 4. <i>Apium inundatum</i>        |                                 |
| 5. <i>Narthecium ossifragum</i>  | 11. <i>Hamarbya paludosa</i>    |
| 6. <i>Pilularia globulifera</i>  |                                 |
| 7. <i>Drosera intermedia</i>     |                                 |

V. b. Im Dünengebiet der jütischen und niederländischen Nordseeküste vorkommende und an der gesamten deutschen Nordsee-Dünenküste fehlende Arten :

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. <i>Polygala serpyllifolia</i> | 4. <i>Juncus balticus</i>              |
| 2. <i>Herminium monorchis</i>    | 5. <i>Equisetum variegatum</i>         |
| 3. <i>Carex pulicaris</i>        | 6. <i>Euphrasia borealis</i> ( Wett. ) |

Es ist wahrscheinlich, daß eine Anzahl von Arten mit südlicher bis westlicher Verbreitung (Liste I, 1-9) den niedrigeren Wintertemperaturen der nördlichen Dünengebiete nicht standhalten und daher nur noch auf den wärmeren ostfriesischen Inseln vorkommen. Viele Arten mit westlicher Verbreitung fehlen dagegen auf den ostfriesischen Inseln, dem westlichstenden drei Gebiete, und treten erst an der Westküste Jütlands und Schleswig-Holsteins (Liste II, 1-12) oder nur im jütischen Dünengebiet auf (Liste III, 1-3).

Andererseits gedeihen in den nördlichen Dünengebieten, namentlich in den Tälern, Arten mit nördlicher und nordöstlicher Verbreitung, die nach Süden nur bis Schleswig-Holstein vordringen (Liste II, 19-22) oder im Dünengebiet der deutschen Nordseeküste gänzlich fehlen (Liste III, 16-35).

Während besonders in den Dünentälern Jütlands der nordische Einfluß spürbar ist, tretend dort in den trockenen Dünen und mäßig feuchten Wiesen Arten mit vorwiegend eurasiatischer Verbreitung auf, welche den Dünen der gesamten deutschen Nordseeküste (Liste III, 4-15) oder nur denen der ostfriesischen Inseln fehlen (Liste II, 13-18).

Andere Arten mit vorwiegend südwestlicher bis westlicher (Liste IV, 1-8) und eurasiatischer bis nördlicher (Liste IV, 9-31) Verbreitung

finden sich im Dünengebiet der jütischen Westküste und erscheinen unter Auslassung der Dünen und Täler an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste wieder auf den ostfriesischen Inseln.

In Liste V sind Arten westlicher, eurasiatischer und nördlicher Verbreitung zusammengestellt, die im Nordseedünen-Gebiet Jütlands und der Niederlande vorkommen, aber entweder nur auf den ostfriesischen Inseln ( V. a. ) oder im Dünengebiet der deutschen Nordseeküste überhaupt fehlen ( V. b. ).

Groß ist die Zahl der Arten, die zwar nicht in den genannten Dünengebieten, jedoch außerhalb dieser in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft auftreten. So wachsen jene unter I, 5, 8, 12, III, 12-18 und IV, 2-6, 15-26 aufgeführten, dem Dünengebiet an der Westküste Schleswig-Holsteins fehlenden Pflanzen dort auf der sich den Dünen anschließenden Geest, an Vogelkojen, Ruderalplätzen und am Strande. Arten wie *Botrychium multifidum*, *Equisetum variegatum* und *Pilularia globulifera* gedeihen auf den ostfriesischen Inseln, sind dort aber inzwischen ausgestorben.

Das vielfache Übereinandergreifen und lückenhafte Vorkommen von Pflanzen verschiedenster Herkunft in den untersuchten Dünengebieten zeigt, daß innerhalb dieser eine Abgrenzung einzelner Teilbereiche auf Grund großklimatischer Änderungen allein unbefriedigend ist. Zwar treten auf den wärmeren ostfriesischen Inseln westliche Elemente der Flora deutlicher als in den übrigen Gebieten in Erscheinung, und umgekehrt ist an der kälteren nordöstlichen Dünenküste ein nordischer Einfluß stärker als im Süden zu verspüren, zweifellos aber wirken sich das durch die Beschaffenheit der Täler und das Relief der Dünen bedingte Mikroklima sowie unterschiedliche edaphische Faktoren wesentlicher als die sich an dernden makroklimatischen Bedingungen auf die Gestaltung der Vegetationsdecke in den einzelnen Gebieten aus.

In den Tälern nehmen die Grundwasserverhältnisse sicherlich großen Einfluß auf das Lokalklima. Das Auftreten von westlichen Arten nährstoffarmer Tümpel mit wechselndem Wasserstand wie *Deschampsia setacea*, *Eleocharis multicaulis*, *Apium inundatum*, *Pilularia globulifera* und *Juncus pygmaeus* an der Westküste Schleswig-Holsteins und Jütlands sowie ihr Fehlen auf den ostfriesischen Inseln ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß einerseits das bis an die Oberfläche oder darüber anstehende Grundwasser in den Tälern der nördlichen Gebiete die Wirkung niedriger Temperaturen abschwächt und somit das Gedeihen dieser Arten begünstigt ( vgl. TÜXEN 1948 ), daß andererseits primär nährstoffarme, nasse Täler auf den ostfriesischen Inseln nicht vorhanden sind, was u. U. das Fehlen der genannten Arten erklärt.



Die nordatlantische Krähenbeerheide, die schon auf den rasch versauernden Sanden Amrums und Sylts Dünen jeglicher Exposition besiedelt und dort ausgedehnte Flächen bedeckt, zieht sich auf den primär kalkhaltigen und nur allmählich versauernden Sanden der ostfriesischen Inseln in die feuchten Täler und an die kühlen Nordhänge der ältesten Dünen zurück.

Die Verbreitungslücke von Arten kalkhaltiger oder mildhumoser Sande wie *Hippophae rhamnoides*, *Phleum arenarium*, *Vicia lathyroides*, *Thalictrum minus*, *Ranunculus bulbosus*, *Erophila verna* und *Veronica Chamædrys*, sowie von bezeichnenden Arten mesotropher Dünentäler wie *Liparis Loeselii*, *Schoenus nigricans*, *Orchis strictifolia*, *Epipactis palustris*, *Pinguicula vulgaris*, *Parnassia palustris* und *Linum catharticum* im Dünengebiet der Westküste Schleswig - Holsteins geht mit Sicherheit auf den Umstand zurück, daß dort die praktisch kalkfreien Dünensande bei Humusanreicherung rasch versauern und verheiden, daß ferner alle Dünentäler jenes Gebietes oligotroph sind, während auf den ostfriesischen Inseln und zum Teil an der jütischen Westküste kalkhaltige Dünen und nährstoffreichere Täler vorkommen.

Wie in den vorangehenden Abschnitten gezeigt wurde, bildet die Heide in den Dünen der südlichen und östlichen Nordseeküste das Endglied der Vegetationsentwicklung. Auf Grund dieser Tatsache und hinsichtlich der großen Zahl von Arten, die in allen untersuchten Dünenbereichen auftreten, ist die deutsche und jütische Nordsee-Dünenküste als ein floristisch eng zusammenhängendes Gebiet aufzufassen, das jedoch vorwiegend durch unterschiedliche edaphische Faktoren, sowie durch makro- und mikroklimatisch bedingtes stärkeres Hervortreten westlicher, nördlicher oder auch kontinentaler Elemente in den einzelnen Gebieten untergliedert werden kann.

Literaturverzeichnis .

- ANDERSSON, O., The Scanian Sand-Vegetation - a Survey, Botan. Notiser, Lund 1950
- ARENDS, E., Pflanzengeographische und biologische Betrachtungen über den Sanddorn (*Hippophae rhamnoides* L.) auf Juist und anderen Nordseeinseln, Jahrbuch d. Provinzialmuseums zu Hannover, 1910.
- ARNOLD, A. u.
- BENECKE, W. Zur Biologie der Strand- und Dünenflora auf Borkum, Juist und dem Memmert, Planta 23, H. 5, 1935.
- BACKHAUS, H., Die natürliche Entwicklung der ostfriesischen Inseln. Abh. Naturwiss. Ver. Bremen, Bd. XXX, 1937/38.
- BENECKE, W., Zur Biologie der Strand- und Dünenflora, I. Vergleichen- de Versuche über die Salztoleranz von *Ammophila arenaria* LINK, *Elymus arenarius* L. und *Agriopyrum junceum* L. Ber. Dtsch. Bot. Ges. Bd. XLVIII, H. 4, 1930.
- BENECKE, W., u.
- ARNOLD, A. Zur Biologie der Strand- und Dünenflora, II. Der Salzgehalt der natürlichen Standorte von *Agriopyrum junceum* P. B. und *Ammophila arenaria* ROTH auf dem Sandstrande von Norderney. Ber. Dtsch. Bot. Ges. Bd. XLIX, H. 7, 1931.
- BIELEFELD, R. Flora der ostfriesischen Halbinsel und ihrer Gestade- Inseln. Norden 1900.
- BOECHER, T. W. Beiträge zur Pflanzengeographie und Ökologie dänischer Vegetation, I. Über die Flechtenheiden und Dünen der Insel Läsö. Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Biol. Skr. 2, Nr. 1, 1941.
- BOECHER, T. W. Studies on the Plant-Geography of the North-Atlantic Heath Formation, II. Danish Dwarf Shrub Communities in Relation to Those of Northern Europe. Ibid, 2, Nr. 7, 1943
- BOECHER, T. W. Beiträge zur Pflanzengeographie und Ökologie dänischer Vegetation, II. Über die Waldsaum- und Graskrautgesellschaften trockener und halbtrockener Böden der Insel Seeland mit besonderer Berücksichtigung der Strandabhängige und Strandebe- nen. Ibid. 4, Nr. 1, 1945
- BOECHER, T. W. Studies on the European Calcareous Fixed Dune Communities. Vegetatio 6, 1953.
- BOECHER, T. W., CHRISTENSEN, T., CHRISTIANSEN, M. S. Slope and Dune Vegetation of North Jutland, I. Himmerland Ibid, 4, Nr. 3, 1946
- BRAUN, G., Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flach- landsküsten und ihren Dünen. Veröff. Inst. f. Meereskd. H. 15, 1911.

- BRAUN-BLANQUET, J. u. DE LEEUW, W. C. Vegetationsskizze von Ameland Nederl. Kruidkdg. Arch. 46 , 1936 .
- BUCHENAU, F. Vergleichung der nordfriesischen Inseln mit den ostfriesischen in floristischer Beziehung. Abh. Naturwiss. Ver. Bremen, Bd. IX , 1887 .
- BUCHENAU, F. Über die Vegetationsverhältnisse des Halms und der verwandten Gräser Ibid. Bd. X , 1889 .
- BUCHENAU, F. Über die ostfriesischen Inseln und ihre Flora. Verh. d. XI. Dtsch. Geographentages in Bremen , 1895 .
- BUCHENAU, F. Flora der ostfriesischen Inseln . Leipzig 1901 .
- BUCHENAU, F. Flora von Bremen, Oldenburg, Ostfriesland und der ostfriesischen Inseln 10. Aufl., hrsg. v. Schütt, Bremen 1936 .
- CARSTENSEN, H. Sylt und Amrum, zwei Inseln - viele Probleme. Natur u. Landschaft , H. 2, 1961 .
- CHRISTIANSEN, M. S. u. HOLMEN, K. Hojsommerekursionen til Thy Bot. Tidskr. 52 , 1955 .
- CHRISTIANSEN, M. S. u. LANGE, M. Hojsommerekursion til Frederikshavnegnen. Bot. Tidskr. 48 , 1951 .
- CHRISTIANSEN, W. Die Vegetationsverhältnisse der Dünen auf Föhr . Bot. Jahrb. Bd. 61, 1927 .
- CHRISTIANSEN, W. Die Außendeichsvegetation von Schleswig-Holstein mit besonderer Berücksichtigung von Föhr. Föhrer Heimatbücher, 16, 1927 (a)
- CHRISTIANSEN, W. Die Pflanzenwelt Eiderstedts. Jahrb. d. Nordfr. Ver. Bd. 17 , 1930 .
- CHRISTIANSEN, W. Das pflanzengeographische und soziologische Verhalten der Salzpflanzen mit besonderer Berücksichtigung von Schl. - Holstein. Beitr. z. Biol. d. Pfl. Bd. 22, H. 2 , 1934.
- CHRISTIANSEN, W. Die atlantischen Pflanzen und ihr Verhalten in Schl. - Holstein. Schr. d. Naturwiss. Ver. f. Schleswig-Holstein, Bd. 21, H. 1, 1935 .
- CHRISTIANSEN, W. Pflanzenkunde von Schleswig-Holstein. Neumünster 1938, 1955 .
- CHRISTIANSEN, W. Neue kritische Flora von Schleswig-Holstein . Rendsburg 1953 .
- CHRISTIANSEN, W. Flora der nordfriesischen Inseln. Hamburg 1961 .
- VAN DIEREN, J. W. Organogene Dünenbildung. Eine geomorphologische Analyse der Dünenlandschaft der westfriesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden. Diss. Amsterdam 1934, s'Gravenhage 1934.
- DÖRING, E. Vegetationskundliche Untersuchungen der Heidegesellschaften in Schleswig-Holstein. Diss. Kiel 1963 .

- EMEIS, W. Studium über das Zusammenwirken von Flugsand und Heidevegetation in den Amrumer Dünen. Mitt. d. AG. f. Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg, H. 5, 1955.
- ERICHSEN, C. F. E. Flechtenflora von NW - Deutschland. Stuttgart 1957.
- FISCHER, O. Eiderstedt. in Zeitschr. "Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste", III. Berlin 1956.
- FOCKE, W. O. Die nordwestdeutsche Küstenflora. Flora, NF. XI-XII, 1918.
- FUKAREK, F. Die Vegetation des Darss und ihre Geschichte. Pflanzensoziologie Bd. 12, 1961.
- GAMS, H. Kleine Kryptogamenflora. Stuttgart 1957.
- GERHARDT, P., ABROMEIT, J., BOCK, P. u. JENTZSCH, A. Handbuch des deutschen Dünenbaues. Berlin 1900.
- GESSNER, F. Die Entstehung und Vernichtung von Pflanzengesellschaften an Vogelnistplätzen. Beih. Bot. Centralbl. XLIX, Ergänzgsbd., 1932.
- GESSNER, F. Meer und Strand. Berlin 1957.
- GRIPP, P. u. SIMON, W. Untersuchungen über den Aufbau und die Entstehung der Insel Sylt. In Zeitschr. "Die Westküste", Jgg. 2, H. 2/3.
- HUECK, K. Die Pflanzenwelt der Deutschen Heimat, Bd. III, Berlin (o. J.)
- JENSSEN, N. Die Moosflora von Schleswig-Holstein. Mitt. d. AG. f. Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg, H. 4, 1952.
- JESSEN, O. Dünen und Klimaschwankungen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1935.
- JESSEN, O. Morphologische Beobachtungen an den Dünen von Amrum, Sylt und Röm. Landeskdl. Forschg., H. 21, München 1914.
- JESSEN, W. Die postdiluviale Entwicklung Amrums und seine subfossilen und rezenten Muschelpflaster. Jahrb. d. Preuss. Geol. Landesanstalt, Berlin 1932.
- JESWIET, J. Die Entwicklungsgeschichte der holländischen Dünen. Beih. Bot. Centralbl. XXX, 1913.
- JESWIET, J. Eine Einteilung der niederländischen Küstenpflanzen in ökologische Gruppen Ibid. XXXI, 1914.
- KEILHACK, K. Die großen Dünengebiete Nordwestdeutschlands. Zeitschr. d. Dtsch. Geol. Ges., 2, 1917.
- KLEMENT, O. Die Vegetation der Nordseeinsel Wangerooge. Veröff. d. Inst. f. Meeresforschg. in Bremerhaven, II, Bremen 1953.
- KNUTH, P. Flora der Nordfriesischen Inseln. Kiel und Leipzig 1895.
- KOLUMBE, E. Entstehung der Lister Dünen und die Bedeutung der Vegetation für die Dünengestaltung. Nordelbingen VII.



- KOLUMBE, E. Über die Entwicklung einiger Kleindünenformen auf Sylt. Zeitschr. f. Geschiebelforsch. u. Flachlandsgeol. Bd. 18, 1943 .
- LEEGE, O. Werdendes Land an der Nordsee . Öhringen 1935 .
- LEOPOLD, W. Mellum . Die Bedeutung der Pflanzengesellschaften für das Wachstum der Insel. Senckenbergia 14 , 1932 .
- LINKE, O. Die biologischen Grundlagen des Dünenschutzes auf den ostfriesischen Inseln. Zeitschr. " Die Wasserwirtschaft", Jgg. 42 , 1951/52
- LÜPKES, H. u. SIEMENS, P. Planung und Stand der Maßnahmen zur Sicherung des Ellenbogens von Sylt. Zeitschr. " Die Westküste " Jgg. 2, H. 2/3 .
- LUTHER, H. Veränderungen in der Gefäßpflanzenflora der Meeresfelsen von Tvärminne. Acta Botanica Fennica 62 , 1961 .
- LUX, H. Die biologischen Grundlagen der Strandhaferpflanzung und Silbergrasansaat im Dünenbau. Diss. Kiel 1954 .
- MANG, F. Zur Kenntnis der gegenwärtigen Vertreter der Salix-Sektion INCUBACEA DUMORTIER. Mitt. d. AG. f. Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg , H. 10 , 1962 .
- MANSFELD, R. Verzeichnis der Farn- und Blütenpflanzen des Deutschen Reiches . Jena 1940 .
- MASSART, J. Essai de géographie botanique des districts littoraux et alluviaux de la Belgique. Recueil de l' institut Botanique Leo Errera, Bruxelles , VIII , 1907 .
- MAYER, E. Beiträge zur Pflanzengeographie der europäischen Sandstrand- und Küstengebiete . Diss. Münster 1936 .
- MEIER, O. G. Trischen - die wandernde Insel . Heide /Holst.(o. J.)
- MEYER, W. Pflanzenbestimmungsbuch für die Landschaften Oldenburg und Ostfriesland sowie ihrer Inseln. Oldenburg 1949 .
- MÜLLER, F. Amrum, Zeitschr. " Das Wasserwesen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste " , Bd. II, 1937 .
- MEUSEL, H. Vergleichende Arealkunde , B. I, II . Berlin 1940 .
- NORDHAGEN, R. Studien über die maritime Vegetation Norwegens, I. Die Pflanzengesellschaften der Tangwälder . Bergens. Mus. Arbook, Naturv. rekke, 2, 1940 .
- OBBERDORFER, E. Pflanzensoziologische Exkursionsflora für SW-Deutschland und die angrenzenden Gebiete Stuttgart 1949 .
- OVERBECK, F. Wanderdünen und Pflanzenwuchs . Natur und Museum, H. 1 , 1929 .
- PAUL, H. Morphologie und Vegetation der Kurischen Nehrung. Nova Acta Leopoldina , Bd. 13 , 1944 .
- PEDERSEN, A. Floraen paa Danö og Manö . Bot. Tidskr. Bd. 50, H. 1, 1953 .

- PEDERSEN, A. Planter med nordlig udbredelse i Jylland. Flora og Fauna, Bd. 67, H. 1 - 2, 1961.
- RAABE, E. W. Auswirkung von Nord- und Südexposition auf die Pflanzendecke. Mitt. d. Flor.-soz. AG. NF H. 5, 1955.
- RAABE, E. W. Vegetationsverhältnisse der Insel Fehmarn. Mitt. d. AG. f. Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg, H. 1, 1950.
- RAUNKIAER, C. Statistical Investigations of the Plant Formation of Skagens Odde. Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography, Oxford 1934.
- REINKE, J. Botanisch-Geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, NF Bd. VIII, Ergänzungsheft, 1903.
- REINKE, J. Die Entwicklungsgeschichte der Dünen an der Westküste Schleswig-Holsteins. Sitzgsber. d. Kgl. Preuss. Akademie d. Wissensch. Bd. XIII, Berlin 1903.
- REINKE, J. Die Ostfriesischen Inseln. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, NF Bd. X, 1909.
- ROSTRUP, E. Den Danske Flora. København 1947.
- SALISBURY, E. J. Note on the Edaphic Succession in some Dune Soils with Specific Reference to Time Factor. Journ. Ecol. 13, 1925.
- SALISBURY, E. J. Plants of the Sand-Dunes and why They grow there. Nature, Vol. 141, 1938.
- SCHOTT, C. Die Naturlandschaften Schleswig-Holsteins. Neumünster 1956.
- SCHÜTTE, H. Sinkendes Land an der Nordsee? Oehringen 1939.
- SOLGER, F., GRAEBNER, P. u. THIENEMANN. Dünenbuch. Stuttgart 1910.
- STEUBING, L. Einfluß der Brandung auf die Strandvegetation. Zeitschr. f. Naturforsch., Bd. 3b, 1948.
- STEUBING, L. Beiträge zur Ökologie der Wurzelsysteme von Pflanzen des flachen Sandstrandes. Ibid. Bd. 4b, 1949.
- STRAKA, H. Über die Veränderungen der Vegetation im nördlichen Teil der Insel Sylt in den letzten Jahrzehnten. Kiel 1963 (Manuskript).
- TANSLEY, A. G. The British Islands and Their Vegetation. Cambridge 1953.
- TOMUSCHAT, E. u. ZIEGENSPECK, H. Beiträge zur Kenntnis der Ostpreussischen Dünen. Schr. d. Königsberger Gelehrten Ges. Naturwiss. Kl. 6, H. 4, 1929.
- TRAETS, J. De Vegetatie van het Kalmthoutse Reservaat. Calmpthoutania Nr. 4, 1955 - 56.
- TÜXEN, R. Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. flor.-soz. AG., H. 3, 1937.

- TÜXEN, R. Die Dünenlandschaft der ostfriesischen Inseln und ihre Pflanzendecke. Manusk. vervielf. 1948 .
- TÜXEN, R. Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas. Mitt. flor. -soz. AG. NF H. 2, 1950 .
- TÜXEN, R. Lütje Hörn - Die Vegetation einer alten ostfriesischen Sandbank . Ibid. NF H. 3, 1952 .
- TÜXEN, R. Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. Ibid. NF H. 5 , 1955 (a)
- TÜXEN , R. Vegetationskarte der ostfriesischen Inseln : Baltrum . Stolzenau 1956 (a)
- TÜXEN, R. Die Pflanzengesellschaften des Außendeichslandes von Newwerk . Mitt. flor. -soz. AG., NF H. 6/7 , 1957 .
- TÜXEN, R. u. BÖCKELMANN, W. Scharhörn - Die Vegetation einer jungen ostfriesischen Vogelinsel. Ibid .
- VOLK, O. H. Beiträge zur Ökologie der Sandvegetation der oberrheinischen Tiefebene. Zeitschr. f. Botanik, Bd. 24 , 1931 .
- VREDE, H. Über den Mechanismus und die Bedeutung des Einrollens der Blätter einiger Dünengräser. Beitr. Biol. d. Pfl., 18, 1930 .
- WANGERIN, W. Beobachtungen über die Entwicklung der Vegetation in den Dünentälern. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 39 , 1921 .
- WARMING, E. Dansk Plantevaekst. 1. Strandvegetation, 2. Klitterne. Kobenhavn og Kristiana 1906 , 1907/09 .
- WENDEHORST, Die Pflanzenwelt der Nordseeinsel Trischen. Schr. Naturwiss. Ver. f. Schleswig-Holstein , Bd. XVII, H. 2., 1926 .
- WESTHOFF, V. The Vegetation of the Dunes and Salt Marshes on the Dutch Islands of Terschelling, Vlieland and Texel. De Hague 1947 (Zus. fassg. einer unveröff. Diss. Utrecht 1947 )
- WESTHOFF, V. Die Dünenbepflanzung in den Niederlanden. Angewandte Pflanzensoz. H. 17 , 1961 .
- WESTHOFF, V. u. OTTO, H. Beplanting en Recreatie in de Haagse Duinen. Mededeling Nr. 39 van het Inst. voor Toegepast Biol. Onderzoek in de Natuur. Arnhem 1958 .
- WIEMANN, P. u. DOMKE, W. Vegetationsübersicht der ostfriesischen Insel Spiekerooge . Hamburg 1959 .
- WIINSTEDT, K. Højsommerekskursionen til Nordjylland. Bot. Tidskr. 44, 1938 .
- WIINSTEDT, K. Røms Vegetation og Flora. Bot. Tidskr. 46, H. 4, 1946.
- WILDVANG, D. Der tiefere Untergrund der ostfriesischen Inseln. Veröff. d. Naturforsch. Ges. in Emden , 1936 .
- WOHLENBERG, E. Entstehung und Untergang der Insel Trischen. Mitt. d. Geogr. Ges. Hamburg, Bd. XLIX , 1950 .





TAB. II. DONENBILDUNG AUF GEALTERTEN HOCHFLUTSÄUMEN

Ort:	Sy	Sy	Sy	Sy	Am	Am	Sy	Bo	Sy	Sy	J	F	F	F	F	F	Bi	Bi	He	Sy	E	La	E	Sy	Sy	F	F	Sy	Sy	Sy	Sy		
Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Vergleichsbedeckung:	30	75	75	30	40	35	40	35	50	+	+	+	+	+	+	+	35	30	65	75	60	50	85	55	80	90	85	95	55	75	60	80	
Vergleichszahl:	9	5	6	6	5	5	1	1	2	4	3	4	4	4	9	7	5	4	5	7	9	9	6	10	14	8	10	11	14	42	71	14	14
Atriplex hastata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Suaeda maritima	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Plantago maritima	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Glaux maritima	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Atriplex littoralis	20	15	15	30	30	20	40	35	50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Agropyron junceum	8	7	+	+	+	+	6	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Minuartia pedicularis	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Elymus arenarius	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cakile maritima	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Agropyron junceum littorale	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ammophila arenaria	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Festuca rubra	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Sonchus oleraceus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Carex arenaria	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Lepturus maritimus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Oenothera ammophila	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cirsium arvense	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Senecio viscosus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Agropyron junceum x repens	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Senecio vulgaris	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cerastium purpureus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Corynephorus canescens	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Galium verum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Jasione montana	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hypochaeris radicata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Trifolium arvense	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Lotus corniculatus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Sedum acre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Hieracium umbellatum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Taraxacum officinale	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Viola canina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Rumex acetosella	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Ammophila baltica	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Cerastium tetrandrum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Taraxacum laevigatum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Brachyneurium albicans	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Agropyron repens	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Phragmites communis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Polygonum aviculare	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Rubus caesius	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Salsola kali	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Poa pratensis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Aufgaben: In Nr. 2 *Spergularia marginalis* +; in Nr. 15 *Ricinus communis* (+); in Nr. 24 *Potentilla Anserina* 7; in Nr. 25 *Lolium perenne* 7; Hieracium *Pilosella* 7; *Leontodon autumnalis* +; *Cirsium vulgare* +; in Nr. 28 *Rumex crispus* +; *R. acetosa* +; in Nr. 29 *Pimpinella saxifraga* 4; *Campanula rotundifolia* 7; *Agrostis tenuis* 7; *Cirsium arvense* 5; in Nr. 33 *Empetrum nigrum* 4; *Syntherisma ruralis* +; *Leuzia campestris* 7; in Nr. 37 *Cerastium semidecandrum* 7.

# TAB. III. VEGETATION STARK ÜBERSANDETER HOCHFLUTSÜBME

Ort:	Am F	F	Bl	Bl	Am	50	Am	Sy F	Am	50	Me
Aufnahme-Nr.	1 2	3 4	5 6	7 8	9 10	11	12	13	14	15	16
Vegetationsbedeckung:	30 40	35 20	30 30	35 20	50 35	45	45	55	45	40	
Artenzahl:	1 1	3 4	7 6	6 6	5 8	7	8	10	14	10	10
Cakile maritima		35	20	12	8	10	20	10	40	5	
Agropyron junceum		2	+ 15	15	12	15	2	2	3	5	6
Elymus arenarius		+ 2	+ 3	2	+ 2	+ 3	3	8	+ 2	5	
Minuartia pepioides		+ 2	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 2	12	8	1
Salsola Kali		5	3	1	3	1	1	1	1	4	+
Ammophila arenaria		3	1	8	2	8	10	6	6	+ 1	2
* ballica			5	+ 1	15				+		
Puccinellia maritima		1								6	
Atriplex litoralis											
Festuca rubra									1	1	+
Agropyron junceum x litorale									3	+	
Atriplex maritima									1	1	
Silicornia patula									+	+	+
Obione portulacoides									+	3	
Suaeda maritima									+	1	
Glaux maritima									3	1	

Aufdeckung: In Nr. 10 Hordeum nodosum +; in Nr. 11 Phragmites communis 2; in Nr. 12 Agrostis stolonifera 2; in Nr. 13 Carex arenaria +; in Nr. 15 Helianthus annuus 1; in Nr. 16 Ricinus communis (+).

## TAB. IV. VEGETATION HÄUFIG ÜBERSPÜLTE SANDPLATEN

Ort:	Ro E	J	Wa	E	Sy	Sy	Bo	Sy	Sy	Sy	Fa	Fa	Ro	Fa	E	Ro	Ro	Me
Aufnahme-Nr.	1 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Vegetationsbedeckung:	60	60	40	45	45	65	80	50	45	50	90	70	35	25	55	50	15	45
Artenzahl:	2	3	6	9	13	9	9	8	12	6	8	6	5	4	9	13	17	5
Puccinellia maritima		60	40	75	30	80	40	65	+	5	10	+		35	15	40	18	2
Agropyron junceum		1	+	+	5	1	+	2	8	1				2	5	5	12	30
Glaux maritima		+	5	+	+	+	+	+	1					3				15
Silicornia patula		+	+	+	+	2	+	+	+					+				+
Agrostis stolonifera		+	3	1	+	+	+	+	+					5	3			+
Salsola Kali		2	1	6	+	+	+	+	1					+	2	+		+
Limonium vulgare		+	+	+	+	+	+	+	+					+				5
Plantago maritima		+	+	+	+	+	+	+	+					+				1
Festuca rubra		+	+	1	5	35	60	40	90	70								
Spergularia marginata				1	+													
Obione portulacoides																		
Suaeda maritima																		
Artemisia maritima																		
Cakile maritima																		
Minuartia pepioides																		
Elymus arenarius																		
Agropyron junceum x repens																		
Ammophila arenaria																		
Atriplex maritima																		
* litoralis																		
Triglochin maritimum																		
Sonchus oleraceus																		
Senecio vulgaris																		

Aufdeckung: In Nr. 5 Spartina Townsendii 1; Aster tripolium +; Juncus ranarius +; Phragmites communis +; Centaurea vulgare +; in Nr. 9 Potentilla Anserina 10; Poa annua +; Juncus Gerardi 1; Quercus repens 1; in Nr. 15 Helianthus annuus +; in Nr. 16 Plantago Coronopus +; Sagina nodosa +; in Nr. 17 Agropyron repens +; in Nr. 19 Taraxacum officinale +.







TAB. VIII SYLT: SANDABLAGERUNGS GEBIETE WANDERNDER DÜNEN

[illegible]

TAB. VII SYLT: VEGETATIONSZONIERUNG AM OSTHANG EINER WANDERDÜNE.

Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6
Vegetationsbedeckung:	100	70	90	60	25	15
Artenanzahl:	20	12	8.	9	4	1

<i>Ammophila arenaria</i>	+	4	6	10	20	15
<i>Salix repens</i>	8	15	35	20	8	
<i>Carex arenaria</i>	1	3	5	15	+	
<i>Rumex Acetosella</i>	+	2	3	+		
<i>Empetrum nigrum</i>	12	20	60	10		
<i>Corynephorus canescens</i>	3	1	+			
<i>Festuca rubra</i>	+	3	3			
<i>Hypochaeris radicata</i>	1	1	1	+		
<i>Erica Tetralix</i>	6	15				
<i>Calluna vulgaris</i>	70	10				
<i>Vaccinium uliginosum</i>	3	1				
<i>Carex stolonifera</i>	+	2				
<i>Gallium verum</i>	+					
<i>Cladonia chlorophaea</i>	1					
<i>Parmelia physodes</i>	2					
<i>Luzula campestris</i>	+					
<i>Phluidum ciliare</i>	+					
<i>Scleropodium purum</i>	2					
<i>Pelligera canina</i>	+					
<i>Cladonia mitis</i>	10					
" <i>syilatica</i>	12					
<i>Dicranum scoparium</i>	3					
<i>Hyloium cupressiforme</i>	15					
<i>Pneurozium Schreberi</i>	55					

TAB. IX SYLT: ABTRAGSFLÄCHEN WANDERNDER DÜNEN

Aufnahme-Nr.:	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	26, 27, 28
Exposition:	15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45
Vegetationsbedeckung:	35, 30, 45, 50, 55, 45, 50, 60, 75, 60, 40, 45	65, 60, 85, 50, 70, 55, 55, 90, 80, 90, 75	35, 60, 20
Artenanzahl:	5, 6, 9, 11, 10, 14, 12, 14, 16, 15, 14, 18, 13	16, 16, 15, 14, 17, 13, 17, 17, 16, 19, 17	23, 20, 15
<i>Corynephorus canescens</i>	35, 30, 30, 35, 40, 35, 30, 35, 40, 45, 40, 30, 30	2, 1, +, +, 2, 2, 2, +, 1, 2	+
<i>Juncus montana</i>	+ + 3 5 4 3 5 6 5 10 6 6 5	1, + 2, + 1, 2, + 1, 2, 1, + 1	+ 1
<i>Hypochaeris radicata</i>	+ 1 2 10 6 4 5 1 8 8 10 3 2	+ + + + 1, + +	+ 1
<i>Ammophila arenaria</i>	+ 1 8 2 3 3 5 3 1 2 2, + 4	+ + 1, 1, + + + 1, +	+ 1
<i>Hieracium umbellatum</i>	+ 4 1 1 + + + 1 1 + 1	+ + + + 1, 1, + + 1, +	+ 1
<i>Cornicularia tenuissima</i>	+ 3 3 5 5 3 8 10 3 6 5	2, 2, 1, 3, + + 1, 1, + 1, 1	1 4 4
<i>Empetrum nigrum</i>	+ 1 + 2 + 1 2 3 1 1 1 4	60 60 80 45 60 65 50 45 80 70 75 60	30 60 20
<i>Carex arenaria</i>	+ + 1 + + + 1 2 1	+ + + + 1, + +	+
<i>Viola canina</i>	+ + 1 1 2 3 1 + + +		
<i>Rumex acetosella</i>	1 + 1 + + 2 2 1 + + 1	1 + + + 1 + 2 1 1 + 1	+
<i>Cladonia alicronis</i>	+ + + + 1 1 + 1 1	1 + + + 1 + 2 + 1 + 1	3 2 1
<i>Festuca rubra</i>	+ + + + + 1 1	+ + 1 2 1 + + + 1 1 1 2	+
<i>Cerastium purpureus</i>	2 1 + 1 + 1 2	5 3 2 8 8 4 5 3 2 5 3 10	1 +
<i>Taraxacum nudicaulis</i>	+ + + + 1 2	2 2 1 2 2 3 2 3 3 2 8 4	2 4 3
<i>Cladonia furcata</i>	+ + + + 1 2	5 + 1 3 3 2 5 3 2 3 1 +	3 +
<i>Alva praecox</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	2 3 +
<i>Cladonia chlorophaea</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	5 3 8
<i>Parmelia physodes</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Cladonia floerkeana</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Cephalozelia Starkei</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Luzula campestris</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Hypnum cupressiforme</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Dicranum scoparium</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Calluna vulgaris</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Cladonia mitis sylvatica</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Impatiens</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>gracilis</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Hieracium pilosella</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>Cladonia cornuticarpa</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1
<i>coniocraea</i>	+ + + + 1 2	3 2 1 + 1 + 2 2 3 1 1 +	1 1 1

Außerdem: In Nr. 20 *Polytrichum pilosum* +; in Nr. 26 *Peltigera canina* +; *Cladonia pleurota* +; in Nr. 28 *C. uncialis* 6.







TAB. XIII SYLT: SEKUNDÄRE DÜNNENTÄLER

Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Vegetationsbedeckung:	30	40	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900	905	910	915	920	925	930	935	940	945	950	955	960	965	970	975	980	985	990	995	1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Artenanzahl:	6	6	7	9	9	10	9	10	11	9	13	10	13	11	11	8	14	11	13	14	10	11	10	11	10	11	10	11	9	14	9	8	10	10	11	14	13	14	13	16	19	14	13	15	12	11	13	15	23	24	22	20	14	21	24	21	20	17	13	11	13	14	19	21	20	17	17	17	15	17	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

# TAB. XIV SYLT: SEKUNDÄRES DÜNNENTAL BEI PUAN KLENT

Aufnahme-Nr.:

Vegetationsbedeckung:

Artenanzahl:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	30	35	45	40	55	60	60	70	35	30	100	100	60	75
	6	7	8	12	13	13	12	14	14	14	16	16	14	16
<i>Littorella uniflora</i>	30	30	35	25	20	40	25	15			+	r		
<i>Deschampsia setacea</i>	+	1	5	8	5	3	15	30	8	5	75	70	30	40
<i>Carex stolonifera</i>	3	2	1	1	2	+	3	6	3	2	+	1	6	10
<i>Agrostis stolonifera</i>	+	1	3	4	10	+	+	1	3	2				
<i>Sphagnum subsecundum</i> s.l.	+	1	1	5	2	8	6	20	1	+	30	20	15	15
<i>Salix repens</i>	+	+		2		1	r	5	3	2	25	20	8	3
<i>Drepanocladus aduncus</i>	+	+		6	+	3	10	15	15	30	30	10	15	
<i>Ranunculus Flammula</i>			+	+	3	1	1	1			1	1	3	5
<i>Potentilla Anserina</i>			+	+		+	+				2	1		
<i>Juncus bulbosus</i>				1	8	10	12	10	10	12	1	1	3	5
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>				+	4	3	6	3			2	3	3	5
<i>Juncus articulatus</i>				+	+	+	+		2	1			+	+
<i>Eleocharis pauciflora</i>				+	2						+	r	+	1
<i>Gymnocolea inflata</i>						25	15	3						
<i>Drosera intermedia</i>							+	1	+	+	+	+	2	2
<i>Juncus pygmaeus</i>								5	6					
<i>Radiola Linoides</i>									+	+				
<i>Juncus bufonius</i>									+	+				
<i>Acrocladium cuspidatum</i>									2	1			2	1
<i>Leontodon autumnalis</i>								+	r					
<i>Carex panicea</i>							+			1	2		+	
<i>Erica Tetralix</i>										+	1	+	+	
<i>Eriophorum angustifolium</i>										4	6	2	1	
<i>Nardus stricta</i>										+	+		+	

Außerdem: Jn Nr. 5 *Siegingia decumbens* 2; *Lycopodium inundatum* 1.







TAB. XVII AMRUM: SANDABLAGERUNGSGEBIETE WANDERNDER DÜNNEN

Aufnahme - Nr.:	Exposition:	Vegetationsbedeckung:	Artenanzahl:
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

Außerdem: *Ammophila baltica* 1 in Nr. 3, 1 in Nr. 15; *Cornicularia tenuissima* + in Nr. 23; *Dicranum scoparium* 1 in Nr. 28.

TAB. XVII AMRUM: SANDSTRASFLÄCHEN WANDERNDER DÜNEN UND KLEINFEL-  
CHIGE AUSBLASUNGEN IN ALTEN DÜNEN.

Aufnahme-Nr.:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
Exposition:	SW NW W NW W - W N S S	- - - W S S - SW - W -
Vegetationsbedeckung:	45 40 50 50 60 20 10 40 45 90 85 95	65 20 30 40 20 20 15 15 35 18 30 30
Artenzahl:	8 9 9 12 10 12 10 11 17 10 20 23	8 17 16 13 18 19 17 19 14 18 16 17 21
<i>Corynephorus canescens</i>	35 25 35 30 40 42 6 35 25 2 6 2	60 10 8 35 15 10 4 3 25 8 12 5 1
<i>Carex arenaria</i>	2 3 2 5 3 2 2 1 4 2 4 5	1 3 2 1 2 + 5 2 2 + 2 1 +
<i>Aimophila arenaria</i>	3 8 3 1 8 3 + 3 3 3	3 1 r 2 r + 2 r
<i>Jasione montana</i>	1 1 3 3 1 2 + + 8 + 5 5	1 + + 1 + 2 + 1 3 2 2 2 1
<i>Cornicularia tenuissima</i>	1 5 2 + 10 1 8 5 6 2 3 4	8 5 2 10 30 20 5 6 20 12 10 12
<i>Viola canina</i>	1 1 3 1 1 + 2 3 5	+ 2 + + +
<i>Hieracium umbellatum</i>	2 1 4 3 5 2 + 2 1	+ 2 2 1 1
<i>Hypochaeris radicata</i>	+ 1 + 1 + 1 + +	+ + 1 1 +
<i>Cladonia chlorophaea</i>	+ + + + +	+ + + +
<i>Empetrum nigrum</i>	1 5 4 1 1 r 1 85 60 70	2 4 10 2 5 1 2 2 6 8
<i>Cerastodon purpureus</i>	2	4 2
<i>Teesdalia nudicaulis</i>	+ + 1 r 1 + 1 +	1 + + + r
<i>Calluna vulgaris</i>	(1) + 1 1 2	1 + 3 5 8 2 5 3 8 15 20
<i>Cladonia alicornis</i>	+ 2 3 + + +	3 2 1 10 15 10 6 2 + 1 + 1
" <i>destituta/uncialis</i>	1 10 6 + 3 +	8 2 3 15 20 15 8 8 6 10 5 6 8
" <i>furcata</i>	1 1 1 1 3 5	1 + 2 2 3 + 3 10 2 2 1 2
<i>Cerastium tetrandrum</i>	2 + 1	+ + + 1
<i>Festuca rubra</i>	+ + + + 1	1
<i>Aira praecox</i>	+ + +	+ + +
<i>Luzula campestris</i>	+ + +	+ + +
<i>Parnassia physodes</i>	+ + +	+ + +
<i>Polytrichum pilosum</i>	+ + +	+ + +
<i>Dicranum scoparium</i>	2	5 10 8 5 10 10 30 50 40 60 40 30
<i>Cladonia impexa</i>		+ 1 2 3 1 + 3 2
" <i>mitis/sylvatica</i>		3 5 5 + + + 1 5
<i>Rumex acetosella</i>		1 + 1 3 2 1 3 3
<i>Cladonia floerkeana</i>		+ r 1 + +
" <i>gracilis</i>		+ 2 1 + 1
<i>Cornicularia muricata</i>	+	1 + 2
<i>Hypnum cupressiforme</i>	3	+ 2 +

Außergewöhnlich: In Nr. 10 *Agrostis tenuis* 1; In Nr. 12 *Lotus corniculatus* 3; *Hieracium Pilosella* +.

TAB. XIX AMRUM: VERTRETENE UND  
BEWEIDETE GRAUDÜNNEN.

Aufnahme -Nr.:	1	2	3	4	5	6	7
Vegetationsbedeckung:	70	70	65	65	25	70	50
Artenanzahl:	17	18	12	13	13	11	11
<i>Festuca ovina</i>	8	3	40	50	10	60	40
<i>Calluna vulgaris</i>	25	20	r	5	+	2	
<i>Ammophila arenaria</i>	+	1	+	3	+	1	3
<i>Carex arenaria</i>	3	1	8	10	3	5	2
<i>Agrostis tenuis</i>	3	+	5	2	+	4	2
<i>Hypnum cupressiforme</i>	15	10	10	3		3	2
<i>Jasione montana</i>	1	+	+				+
<i>Empetrum nigrum</i>	5	+	2	+	1		
<i>Cladonia chlorophaea</i>	+	+			+		
<i>Polytrichum juniperinum</i>	2	1			3		
<i>Deschampsia flexuosa</i>	30	45					
<i>Viola canina</i>	+	+					
<i>Cladonia furcata</i>	3	2					
<i>Pleurozium Schreberi</i>	2	3					
<i>Parmelia physodes</i>	+	2					
<i>Dicranum scoparium</i>	5	1					
<i>Luzula campestris</i>	+		+		+		
<i>Ceratodon purpureus</i>		5	12	3	15	8	
<i>Brachythecium albicans</i>		+	1		1	+	
<i>Hypochaeris radicata</i>		1	+			+	
<i>Corynephorus canescens</i>		2	+	r			
<i>Rumex Acetosella</i>	+			+	+	+	+
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>		3	+				

Außerdem: In Nr. 2 *Anthoxanthum odoratum* 1;  
in Nr. 5 *Cephalozieila starkei* 1, *Cladonia Fioderke-*  
*na* 1; *Hieracium Pilosella* 5.

TAB. XX AMRUM: SEKUNDÄRE DÜNENTALER

Aufnahme-Nr.:		Vegetationsbedeckung:		Artenzahl:	
<i>Salix repens</i>	1 5 3 2 1 + + 2 5	+ 5 3 40 6	70 15 10 6 10 20 40	1 2	26 27 28 29 30 31 32
<i>Juniperus anceps</i>	+ 2 1 3 2 + + + 1 3	1 (4) 3 2 12 8	5 25 6 10 3 45 25	3 1	3 1 45 2 1 8 1 1 1
<i>J. articulatus</i>	1 + + 1 + + + 2 1	2 + + + +	2 + + + +	3 1	1 +
<i>Agrostis stolonifera</i>	+ 1 + + + 1 + 3 2	+ + + 1 2	8 2 8 5 15	3	
<i>Juniperus bulbosus</i>	5 8 15 8 3 2 1 + 1 + 1 2 3 6 6 1 1	40 18 20 18 18 8			
<i>J. pygmaeus</i>	+ + 10 8 10 2 3 2 40 8 5 3	+ 1 + 6 +			
- <i>bulbosus</i>	1 + + + + 1 1				
<i>Carex arenaea</i>		1 + + + +			
<i>Eleocharis palustris</i>		+ 1			
<i>Ranunculus flammula</i>					
<i>Bryum spec.</i>		1 15 10			
<i>Dryopteris adnigrum</i>		2 1 4			
<i>Carex stolonifera</i>		3 + 1			
<i>Eriophorum aquatilis</i>		1 3 + 1 + 5 2			
<i>Gymnoclita infata</i>		15 3 25 10 25 70			
<i>Carex canadica</i>		1			
<i>Dicranostema arctica</i>		50 5			
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>		15 5			
<i>Sedum spec.</i>		45 10 40 95 80 20			
<i>Chamaenerion spec.</i>		2 +			
<i>Chamaenerion canescens</i>		15 10 8 10			
<i>Drosera rotundifolia</i>		1 1			
<i>Juniperus communis</i>		1 1			
- <i>filliformis</i>		(4)			
<i>Erica Tetralix</i>					
<i>Vaccinium myrtillus</i>		+			
- <i>uliginosum</i>		+			
<i>Empetrum nigrum</i>		+			
<i>Agrostis canina</i>					
<i>Potentilla nutans</i>					
<i>Aulacomnium palustre</i>					
<i>Mollinia coarctata</i>					
<i>Gentiana erecta</i>					
<i>Gentiana anglica</i>					
<i>Calluna vulgaris</i>					
<i>Pleurozium scoparium</i>					
<i>Hypnum cupressiforme</i>					
<i>Luzula campestris</i>					
<i>Cadonia mitis lycopodioides</i>					
- <i>impressa</i>					
<i>Parnassia physodes</i>					
<i>Cladonia glauca</i>					
<i>Dicranum scoparium</i>					
<i>Cladonia chlorophaea</i>					
- <i>corniculata</i>					
<i>Chrysothrix communis</i>					

Außerdem: *Vicia palustris* R. in Nr. 30, 2 in Nr. 35; *Lophoclaa bidentata* + in Nr. 33, 1 in Nr. 34; in Nr. 30 *Carex echinata* +; in Nr. 31 *Potentilla Anserina* 2; *Lysimachia vulgaris* +; *Radiola linodes* 4; in Nr. 35 *Sileneopodium purum* 15; in Nr. 38 *Fetula ovina* 4; *Brachythecium rutabulum* 2; *Hieracium umbellatum* +; *H. Pilosella* +; in Nr. 41 *Conicularia tenuissimum* 3; *Cladonia uncialis* 2; *Phylidium citiare* 3.



TAB. XXI AMRUM: VEGETATION FEUCHTER  
SENKEN AUF ÜBERSANDEITEM  
GEESTBODEN

Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7
Vegetationsbedeckung:	15	35	30	100	60	40	
Artenanzahl:	16	18	17	18	27	18	16
<i>Juncus supinus</i>	2	+					
<i>Lycopodium inundatum</i>	8	15	20	6			
<i>Carex panicea</i>	+	+	+				
<i>Gymnocleis inflexa</i>	60	30	20				
<i>Drosera rotundifolia</i>	1	1	1	+	2		
* <i>intermedia</i>	+						
<i>Pedicularis silvatica</i>	+	+	+	1	+		
<i>Narthecium ossifragum</i>	+	15	10	5	30	1	2
<i>Sphagnum div. spec.</i>	5	12	6	10	20	3	
<i>Carex stolonifera</i>	3	2	3	5	20	2	
<i>Eriophorum angustifolium</i>	+	+	1	+	+		
<i>Cephaloxella elachista</i>	+	+	+	+	+		
<i>Gentiana Pneumonanthe</i>	+	+	+	+	+		
<i>Mollinia caerulea</i>	+	+	1	3	3	15	
<i>Erica Tetralix</i>	3	2	2	8	10	15	5
<i>Empetrum nigrum</i>	+	+	+	+	5	1	
<i>Calluna vulgaris</i>	+	+	10	12	10	10	
<i>Vaccinium Oxycoccus</i>	+	+	+	1	1	+	
<i>Drepanocladus aduncus</i>	+	1	+	+	3		
<i>Juncus acrotes</i>	+	+					
<i>Gentia anglica</i>	+	+	2	+	1		
<i>Potentilla erecta</i>	+	1	1	1			
<i>Salix repens</i>	2	+	2				
<i>Agrostis canina</i>	2	+	+				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1	+	+				
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2	1					
<i>Juncus conglomeratus</i>	1						

Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8
Exposition:	-	-	-	W	W	W	W	W
Vegetationsbedeckung:	12	15	30	75	65	70	70	75
Artenanzahl:	5	4	7	15	14	17	13	12
<i>Agropyron junceum</i>	1	r						
<i>Cakile maritima</i>	+	r						
<i>Minuartia peploides</i>	8	1	1	1	5			+
<i>Elymus arenarius</i>	5	3	3					
<i>Sonchus oleraceus</i>	3	5	3	3				
<i>Amphiphila ballica</i>	+	15	5	15	10	4		
* <i>arenaria</i>	+	10	30	20	20	3	5	
<i>Festuca rubra</i>	8	10	8	10	2	1		
<i>Carex arenaria</i>	2	2	4	8	5	3		
<i>Hieracium umbellatum</i>	+	2	1	3	8	10		
<i>Lathyrus maritimus</i>	5							
<i>Ceratodon purpureus</i>	40	20	12	2	1			
<i>Corynephorus canescens</i>	3	10	12	35	30			
<i>Jasione montana</i>	3	5	+	15	10			
<i>Hypochaeris radialis</i>	3	5	4	+	12			
<i>Cirsium arvense</i>	1	+						
<i>Viola tricolor</i>	+	1	+					
<i>Taraxacum officinale</i>	+	1	+					
<i>Agropyron junceum x repens</i>	+	+	2					
<i>Oenothera ammobila</i>	+							
<i>Syntherisma ruralis</i>	3							
<i>Viola canina</i>	2	+						
<i>Empetrum nigrum</i>	2	5						
<i>Cornicularia tenuissima</i>	+	+						
<i>Cladonia furcata</i>	r	+						
* <i>chlorophaea</i>	+							

TAB. XXII EIDERSTEDT: KOSTENDUNEN  
BEI ÖRDING.

Außerdem: In Nr. 1, 2 u. 3 *Hepatica div. spec.* x, in  
Nr. 2 *Riccardia pinguis* 3; in Nr. 5 *Luzula campestris*  
+; *Holcus lanatus* +; *Juncus articulatus* 1; *Phinanthus*  
minor 2; *Tussilago farfara* +; in Nr. 6 *Lophocolea bi-*  
*dentata* +; in Nr. 7 *Pneuzotium Schreberi* 1; *Lotus*  
*corniculatus* +.

TAB. XXIII EIDERSTEDT: SANDLAGERUNGSGEBIETE  
WANDERNER DÜNEN BEI ÖRDING.

Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Exposition:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vegetationsbedeckung:	30	30	20	35	40	40	30	30	40	35	35	20	25	25	10	30
Artenanzahl:	15	15	28	30	18	15	28	30	65	40	25	50	50	55	5	55
<i>Amphiphila arenaria</i>	15	10	15	20	25	10	6									
<i>Festuca rubra</i>	+	1	3	5						3	2				2	
<i>Corynephorus canescens</i>	3	1	+							5	8	5	30	15	15	
<i>Salix repens</i>	2	8	5							10					2	
<i>Hieracium umbellatum</i>	+	2								1	+				+	3
<i>Jasione montana</i>	+	+	3	2	1	2									+	1
<i>Hypochaeris radialis</i>	+	+	+	+						2	5				+	5
<i>Ceratodon purpureus</i>										35	35	20	35		1	
<i>Agrostis tenuis</i>	1									35	30				3	+
<i>Carex arenaria</i>	+									+	+				+	
<i>Amphiphila ballica</i>	+									+	+				+	
<i>Empetrum nigrum</i>										2					+	

[illegible][illegible]

TAB. XXVI OSTFRIESISCHE INSELN: SANDDORN-  
GEBÜSCH AN SÜDHÄNGEN.

Ort:	Sp	La	La	Ba	Ba	J	J	J	J
Aufnahme-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Exposition:	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Vegetationsbedeckung:	30	20	30	30	30	30	20	20	40
Artenanzahl:	90	100	100	100	100	100	100	100	100
	16	17	15	21	22	15	16	15	11
<i>Hippophae rhamnoides</i>	60	60	50	60	40	40	95	80	10
<i>Galium Mollugo</i>	15	15	15	25	40	40	15	25	10
<i>Rubus caesius</i>	3	8	40	70	20	20	50	80	
<i>Ammophila baltica</i>	5	1	4	+	r	2	10	2	5
" <i>arenaria</i>	15	10	5	2	+	+	5	+	
<i>Festuca rubra</i>	3	1	3	8			5	10	+
<i>Carex arenaria</i>	6	5	3			25	15	6	1
<i>Viola tricolor</i>	2	5	+	5		+	2	r	
<i>Linaria vulgaris</i>	+	1	1	2	1		+	+	
<i>Solanum Dulcamara</i>	1	8	1	8		2			
<i>Sambucus nigra</i>	2	40	10	3					
<i>Brachythecium rutabulum</i>	+	2	25	5	5	3			
<i>Elymus arenarius</i>	r	2	1	r	+		+		
<i>Oenothera ammobilia</i>	+	2		r	r				
<i>Agropyron junceum</i> x <i>repens</i>			1	+	3	1	3	+	
<i>Cardamine hirsuta</i>	3		1				+		
<i>Hieracium umbellatum</i>	r	2			+				
<i>Poa pratensis</i>			2	1			2		
<i>Senecio Jacobaea</i>		+	+			+			
<i>Brachythecium albicans</i>					2	1	8		
<i>Eryngium maritimum</i>	r (1)								
<i>Jasione montana</i>	+	8							
<i>Stellaria media</i>	1			1					
<i>Corynephorus canescens</i>	2	+							
<i>Phleum arenarium</i>			+	+					
<i>Salix repens</i>				10	10				
<i>Arabidopsis Thaliana</i>	1						+		

Außerdem: *Sedum acre* 1 in Nr. 2; *Rumex Acetosella* r in Nr. 3; *Senecio vulgaris* + in Nr. 4; in Nr. 4 *Arenaria serpyllifolia* r; *Alia praeox* +; *Dactylus glomerata* +; in Nr. 5 *Cerastium semidecandrum* +; *Stellaria graminea* +; *Agrostis tenuis* +; *Urtica dioica* +; *Calamagrostis epigeios* +; in Nr. 6 *Agropyron junceum* +; *Agropyron repens* 1; in Nr. 7 *Viola canina* +; *Thalictrum minus* 2; *Galium verum* r; in Nr. 8 *Epiobium montanum* r.

TAB XXV OSTFRIESISCHE INSELN. VORWIEGEND SODEXPONIERTE HÄNGE  
TERTIÄRE DÜNNEN.

Ort:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Alfahne-Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Exposition:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Vegetationsbedeckung:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
Artenzahl:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Ammophila baltica</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Agropyron junceum</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Eryngium maritimum</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Senecio vulgaris</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Eriogon acer</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Cardamine hirsuta</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Elymus arenarius</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Hippoboscus maritimus</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Polygonum arenastrum</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Syntherisma rufalis</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Hypochaeris radicata</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Hieracium umbellatum</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
<i>Rubus caesius</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26																																																																										





TAB. XXVII OSTFRIESISCHE INSELN: ROSA SPINOSISSIMA-REICHE GESELL-  
SCHAFT AN SÜDHÄNGEN.

Ort:

Aufnahme-Nr.:

Exposition:

Vegetationsbedeckung:

Artenanzahl:

J J J Ba Ba My My My My  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
40 45 46 47 48 49 50 51 52 53  
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100  
29 39 23 23 31 31 30 30 28 25

<i>Rosa spinosissima</i>	80	70	70	60	90	70	80	70	35	60
<i>Carex arenaria</i>	3	1	15	2	2	1	10	12	5	15
<i>Galium verum</i>	3	18	5	20	5	+	3	5	5	3
<i>Ammophila arenaria</i>	5	+	1	8	+	1	2	3	8	
<i>Brachythecium albicans</i>	1	18	5	1	2	1	+	1	2	1
<i>Koeleria albescent</i>	2	5	2	1	(+)	+	r	+	3	+
<i>Corynephorus canescens</i>	+	3	+	r	1	+	r	2	5	
<i>Galium Mollugo</i>	10	10	2	+	2	5	2	1	+	
<i>Viola canina</i>	+	2	+	1	1	+	+	10	1	
<i>Poa pratensis</i>	+	1	+	+	+	1	1	+	+	
<i>Hypanum cupressiforme</i>	3	5	30	60	45	3	5	10	20	
<i>Viola tricolor</i>	2	5	1	+	1	1	2	1		
<i>Stellaria graminea</i>	+	2	+	r	+	1	1	3		
<i>Trifolium arvense</i>	1	3	r	+	r	+	+	1	1	
<i>Cladonia furcata</i>	1	2	1	+	+	1	+	1	+	
<i>Festuca rubra</i>	4	+	+	3	5	8	15	+	5	
<i>Hypochaeris radicata</i>	+	1	+	r	+	+	+	1		
<i>Jasione montana</i>	1	3			1	+	+	r	1	
<i>Sedum acre</i>	3	5	3	1	+	+	+			
<i>Silene Orites</i>	1	3	1	+	+	+	1	+		
<i>Cladonia chlorophaea</i>	1	1					+	+	+	
<i>Lotus corniculatus</i>	1	1	+	1	+			2		
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	r	r		1					+	
<i>Agropyron junceum</i>	+	+			r					
<i>Arabisidopsis Thaliana</i>					+					
<i>Anthyllus Vulneraria</i>	+	+			+					
<i>Syntrichia ruralis</i>	1	1	+							
<i>Pheum arenarium</i>	r	+	+	r	1	+			+	
<i>Aira praecox</i>					+	1				
<i>Cerastium semidecandrum</i>					3					
<i>Bromus mollis</i>					+	+	+			
<i>Myosotis collina</i>					+	1	1	+		
<i>Rubus caesius</i>	8	8	12	8	5	8	+	1		
<i>Brachythecium rububulum</i>	3	3	1	5	2	3	5			
<i>Cerastodon purpureus</i>	3	5			2	2	1			
<i>Agrostis tenuis</i>	1		5	8	15	20	12	3		
<i>Luzula campestris</i>				3	2	1	+	+		
<i>Salix repens</i>	1				1	5	3	8		
<i>Dicranum scoparium</i>					+	1	1	15	4	
<i>Festuca ovina</i>	1							1	15	20
<i>Rhytidiaelaphus triquetrus</i>	1									
<i>Rumex Acetosella</i>										
<i>Hieracium umbellatum</i>					+	+	+			
<i>Cladonia alcinoris</i>					1			1		
<i>Thalictrum minus</i>					6	3				
<i>Asparagus officinalis</i>					2	5				

Außerdem:

in Nr. 1	<i>Hippophaë rhamnoides</i>	10
	<i>Agropyron junceum x repens</i>	+
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
	<i>Lotus corniculatus</i>	+
in Nr. 2	<i>Trifolium campestre</i>	1
	<i>Plantago lanceolata</i>	1
	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	+
	<i>Agropyron junceum x repens</i>	+
	<i>Eriophila verna</i>	+
in Nr. 3	<i>Polygonum Convolvulus</i>	r
in Nr. 5	<i>Elymus arenarius</i>	+
	<i>Vicia cracca</i>	+
in Nr. 6	<i>Epilobium angustifolium</i>	+
in Nr. 7	<i>Senecio vulgaris</i>	3
in Nr. 8	<i>Linaria vulgaris</i>	1



Out

Aufnahme - Nr.:

**Exposition:**

Vegetationsbedeckung:

Artenanzahl:

[illegible]







Ort.

Aufnahme-Nr.:

**Exposition:**

Vegetationsbedeckung:

Artenanzahl:

Bh	Lk	Bh	Fb	Lk	Sng	Sng	Bh	Bh	Bh	Bh	Sng	Sng
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	5W	5	50	50	50	50	5	5	5	5	5	5
10	40	45	40	45	40	45	40	45	40	45	40	45
100	45	70	100	50	95	35	60	35	35	35	20	45
26	28	29	32	21	25	40	33	45	31	49	34	26

**Außerdem:**

in Nr. 1

- 1 *Peutzolium Schreberi* 3
- 2 *Vicia sativa* ssp. *angustifolia* 1
- 3 *Myosotis micrantha* 1
- 4 *Plantago lanceolata* 10
- 5 *Rhinolaelapinus trigretus* 5
- 6 *Vicia sativa* ssp. *angustifolia* +
- 7 *Senecio vulgaris* +
- 8 *Aquopyron repens* 2
- 9 *Elymus mollis* +
- 10 *Bromus tectorum* +
- 11 *Taraxacum laevigatum* +
- 12 *Anthrillus vulneraria* +
- 13 *Trifolium campestre* +
- 14 *Eryngium maritimum* +
- 15 *Cerastium tennardianum* +
- 16 *Phleum pratense* 1
- 17 *Arenaria serpylliflora* +
- 18 *Eryngium maritimum* +
- 19 *Cerastium caespitosum* +
- 20 *Peutzolium Schreberi* 5
- 21 *Taraxacum laevigatum* +
- 22 *Pimpinella saxifraga* 2
- 23 *Galium pumilum* 1
- 24 *Leonodon autumnalis* 2
- 25 *Trifolium repens* +
- 26 *Solidago virgaurea* 1
- 27 *Plantago maritima* 3
- 28 *Cerastium caespitosum* +
- 29 *Senecio vulgaris* +
- 30 *Pellaea spuria* 1
- 31 *Munaria epiploides* 2
- 32 *Eryngium maritimum* (2)
- 33 *Plantago maritima* (+)
- 34 *Pellaea maclea* 3
- 35 *Cladonia saccurcula* 4
- 36 *puvora* +
- 37 *baclaris* 1
- 38 *timbrata* 1
- 39 *Juniperus communis* +
- 40 *Anthozanthum odoratum* +
- 41 *Cadonia impera* 1
- 42 *Bacrythecium rotabulum* +
- 43 *Aira praeco* 1
- 44 *Anthrillus vulneraria* +
- 45 *Trifolium campestre* +
- 46 *Cadonia timbrata* +
- 47 *Juniperus communis* 2
- 48 *Pellaea maclea* +
- 49 *Cadonia pleurata* +
- 50 *baclaris* +
- 51 *Erophila verna* +
- 52 *Batrachia repens* +
- 53 *Aira praeco* +
- 54 *Silene repens* 2

<i>Ammophila arenaria</i>	30	6	8	15	8	25	3	15	5	3	1	5	5
<i>Festuca rubra</i>	15	12	3	20	20	30	3	1	3	1	3	1	5
<i>Hieracium umbellatum</i>	12	+	8	15	+	20	+	+	+	3	6	5	
<i>Galium verum</i>	5	5	8	3	8	3	10	3	1	1	+	+	
<i>Campanula rubrifolia</i>	15	+	1	10	8	+	2	+	+	+	+	3	
<i>Brachythecium albidans</i>	3	5	10	10	3	2	+	2	3	+	+	+	
<i>Hieracium pilosella</i>	3	+	15	3	+	+	5	2	3	1	+	+	
<i>Arenaria campensis</i>	8	10	3	2	1	1	+	2	1	+	+	+	
<i>Linaria vulgaris</i>	8	3	+	+	+	+	1	3	+	1	+	+	
<i>Pellaea canina</i>	+	+	2	1	+	+	1	3	+	1	+	+	
<i>Sedum acre</i>	+	15	+	+	+	+	5	+	+	+	+	+	
<i>Viola tricolor</i>	3	2	+	1	1	+	1	+	1	+	+	+	
<i>Agrostis tenuis</i>	2	1	+	2	1	5	2	3	1	+	+	+	
<i>Trifolium arvense</i>	2	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	
<i>Lotus corniculatus</i>	+	5	+	8	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Arenaria maritima</i>	+	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Carex arenaria</i>	+	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Thymus serpyllum</i>	+	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Jasione montana</i>	+	1	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Viola canina</i>	2	1	+	1	+	+	+	+	1	+	+	+	
<i>Emeptrum nigrum</i>	1	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Syrinchia ruralis</i>	1	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Lucula campestris</i>	1	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Poa pratensis</i>	1	1	3	3	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Achillea Millefolia</i>	5	1	+	5	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Taraxacum officinale</i>	+	2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Eriogon acer</i>	+	1	1	3	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Lycia lathyroides</i>	+	1	1	8	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Lathyrus maritimus</i>	+	1	1	8	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Hippocrepis rhamnoides</i>	+	1	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Koeleria glauca</i>	+	2	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Taraxacum nudicaulis</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Rumex acetosella</i>	1	3	8	3	3	5	8	+	+	+	+	+	
<i>Hypochaeris radicata</i>	+	3	2	+	8	10	4	3	6	+	+	+	
<i>Corynephorus canescens</i>	+	10	10	10	10	10	8	3	3	+	+	+	
<i>Myriophyllum cymosum</i>	+	18	5	10	2	5	15	2	5	+	+	+	
<i>Cladonia furcata</i>	+	2	5	15	3	2	5	5	5	+	+	+	
<i>Dicranum scoparium</i>	+	3	8	+	3	1	5	3	1	+	+	+	
<i>Cladonia alcinonis</i>	+	5	3	1	2	5	2	+	+	+	+	+	
<i>Polytrichum pilosum</i>	+	20	2	50	30	15	8	+	+	+	+	+	
<i>Cladonia mitis/lysiptila</i>	+	1	1	5	3	2	8	+	+	+	+	+	
<i>Cornicularia tenuisima</i>	+	5	2	5	1	8	+	+	+	+	+	+	
<i>Psaralepis purpurea</i>	+	5	+	1	1	2	+	+	+	+	+	+	
<i>Polytrichum juniperinum</i>	+	3	1	1	2	2	+	+	+	+	+	+	
<i>Cladonia uncialis</i>	+	3	1	1	2	2	+	+	+	+	+	+	
<i>Floerkeana</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cetraria glauca</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cladonia cornutioides</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Rhacomitrium canescens</i>	+	1	+	+	+	3	10	+	+	+	+	+	
<i>Cladonia coniocraea</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>gracilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>cornuta</i>	+	8	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cornicularia muricata</i>	+	2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cladonia rangiferinis</i>	+	2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Calicia vulgaris</i>	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Polytrichum vulgare</i>	1	2	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Aufnahme-Nr.:																															
Vegetationsbedeckung:																															
Artenzahl:																															
Agropyron junceum	12	6	3	8	5	2																									
Amomophila arenaria	8	4	12	24	30	35	20	35	35	30	8	40	5	8	5	8															
Elymus arenarius	+	2	5	5	3	r	3	+	+	+	+	+	+	+	+																
Hippophae rhamnoides					5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Festuca rubra					+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Hieracium umbellatum					+	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Sonchus oleraceus					+	+	10	8	10	8	2	+	+	+	+	+															
Traxacum officinale					8	3	+	5	+	3	1	+	+	+	+	+															
Lolium canaliculatum					1	r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Arrhenia cernuifolia					2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Oenothera biennis					10	1	8	1	8	2		2		3																	
Koeleria glauca					3	8	2	10	10	7	3	2	1	2	2																
Sedum acre					2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Anthriscus vulgaris					3	2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Viola tricolor					2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Senecio vulgaris					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Eriogonon acer					r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Tussilago farfata					r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Cerastium semidecandrum					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Phleum pratense					3	1	3	1	2	1	3																				
Phleum pratense					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Syntherisma rivale					3	5	2	8	15	10																					
Poa pratensis					r	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Bicklythetum rubellum					15	20	5	3	+	+	+	+	+	+	+	+															
Critium vulgare					5	20	10	15	20																						
Amomophila ballica					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Samolus nigra					10	3																									
Epilobium angustifolium					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Stachys dictamnaria					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Epilobium montanum					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Salix repens					1																										
Linaria vulgaris					+																										
Geranium sanguineum					+																										
Galium verum					2	1	1	2	1	+	+	+	+	+	+	+															
Veronica damadensis					+																										
Plantago lanceolata					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Alchemilla pulchella					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Thalictrum minus					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Campylosiphium radiculatum					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Polypodium vulgare					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Veronica officinalis					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Hieracium pilosella					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Viola canina					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Pewazium Schreberi					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Bicklythetum albidum					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Vicia hirsuta					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Ranunculus acris					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Hypnum cupressiforme					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Carex arenaria					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Thymus Serpyllum					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Bromus mollis					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Trifolium arvense					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Cornicularia tenuisima					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Cladonia div. spec.					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Racomitrium canescens					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Cerastodon purpureus					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Hypochaeris radicata					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Achillea Millefolium					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Juniperus communis					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Luzula campestris					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Trifolium pratense					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															
Rhytidolepis triquetra					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+															

*Androsace*: *Rumex crispus* r in Nr. 8, + in Nr. 18, *Agropyron repens* r in Nr. 71, 2 in Nr. 25, *Sagina media* r in Nr. 13, 1 in Nr. 49, in Nr. 5 *Carex maritima* r, *Eriophorum maritimum* r, in Nr. 8 *Carex capillaris* r, in Nr. 10 *Juncus viciae* r, in Nr. 11 *Centaurium vulgare* r, *Thlaspi rotundifolium* r, in Nr. 14 *Solidago virgaurea* r, in Nr. 23 *Plantago maritima* r, *Rumex acetosa* r, *Trifolium pratense* r, *Polygala canina* r, in Nr. 25 *Cerastium caespitosum* r, *Trifolium campestre* r, *Rhinanthus minor* r, *Pedicularis spicata* r, *Stellaria germanica* r, *Stachys recta* r, in Nr. 26 *Epipactis atrorubens* r, *Coleoglossa monogyna* r, *Hyssopus officinalis* r, *Hyssopus officinalis* r, in Nr. 27 *Prunella vulgaris* r, in Nr. 28 *Lathyrus pratensis* r, *Euphrasia spec.* r, *Oenothera biennis* r, *Pimpinella saxifraga* r, in Nr. 30 *Boraginaceae* r, in Nr. 31 *Caryophyllus canescens* r, in Nr. 14 *Stachys germanica* r, in Nr. 30 *Boraginaceae* r.



[illegible]

Außerdem: *Lythrum Salicaria* 3 in Nr. 5, 1 in Nr. 13; *Sagina nodosa* + in Nr. 8, 1 in Nr. 13; *Lathyrus pratensis* + in Nr. 9, + in Nr. 12; *Lycopus europaeus* + in Nr. 10, r in Nr. 14; *Polygala vulgaris* + in Nr. 10, + in Nr. 11; *Carex trivervis* 2 in Nr. 13, + in Nr. 14; *Epipactis Helleborine* 1 in Nr. 17, + in Nr. 34; *Anthraxanthum odoratum* + in Nr. 20, + in Nr. 18; *Scleropodium purum* 1 in Nr. 9, 10 in Nr. 29; *Sorbus aucuparia* + in Nr. 22, 2 in Nr. 29; *Rumex Acetosella* 1 in Nr. 27, 1 in Nr. 28; *Polypodium vulgare* 1 in Nr. 29; 2 in Nr. 34; *Galium Mollugo* 5 in Nr. 29, + in Nr. 34; *Dryopteris Filix-mas* + in Nr. 34, r in Nr. 35; in Nr. 1 Scirpus *Tabernaemontani* +; *Lysimachia vulgaris* + in Nr. 10; in Nr. 11 *Odontifolia rubra*; +; *Leonotodon autumnalis*; + in Nr. 12 *Rhinanthus glaber* 2; in Nr. 13 *Epilobium parviflorum* 1; in Nr. 15 *Ammophila baltica* r; *Synthyris ruralis* 5; *Sonchus asperis* r; *Brachythecium rutabulum* 5; in Nr. 17 *Epilobium montanum*; +; *Potentilla biflora* 1; *Cerastium cespitosum* r; in Nr. 18 *Myosotis scorpioides* +; *Nardus stricta* r; in Nr. 22 *Myrica Gale* 20; in Nr. 30 *Jasione montana* r; *Peltigera canina* 1.



[illegible]

**Außerdem:** *Agropyron junceum* × *repens* 2 in Nr. 2, 1 in Nr. 6; *Minuartia peploides* 1 in Nr. 8, + in Nr. 16; *Arenaria serpyllifolia* + in Nr. 6, + in Nr. 11; *Sagina nodosa* + in Nr. 10, + in Nr. 11; *Aira praecox* + in Nr. 16; + in Nr. 17; *Euphrasia spec.* + in Nr. 16; + in Nr. 17; *Vicia sativa ssp. angustifolia* + in Nr. 13, + in Nr. 17; *Pelliterra rufescens* 2 in Nr. 15, + in Nr. 24; *Cornicularia muricata* + in Nr. 14, + in Nr. 29; *Vaccinium uliginosum* + in Nr. 27, 1 in Nr. 28; *Sarothamnus scoparius* 12 in Nr. 27, 3 in Nr. 28; in Nr. 2 Senecio vulgaris +; in Nr. 6 *Agropyron repens* 3; in Nr. 8 *Oenothera amplexifolia* 8; in Nr. 11 *Brachythecium rutubulum* +; *Cladonia alcionis* +; *Hylocomium splendens* in Nr. 13 +; in Nr. 13 *Bromus mollis* +; *Rhytidadelphus squarrosus*; *Ranunculus bulbosus* + in Nr. 15 *Lophozia Hatcheri* +; *Nardus stricta* 1; in Nr. 17 *Armeria maritima* 2; *Rumex Acetosus* +; *Epilobium angustifolium* 1 in Nr. 19; in Nr. 23 *Potentilla erecta* 1; in Nr. 25 *Antennaria dioica* +.

