

# Die Küstenvegetation der arktischen und borealen Zone

– Dietbert Thannheiser, Hamburg –

Öffentlicher Abendvortrag anlässlich der Verleihung des Reinhold-Tüxen-Preises  
an Herrn Prof. Dr. V. Westhoff

## Abstract

In spite of the significant expansion of the research area the coastal vegetation of the northern hemisphere, especially along the North Atlantic, differs only slightly and can be treated the same way.

Throughout the arctic zone salt meadows hardly show regional differences as all vegetation communities exist on nearly all arctic shores with favourable ecologic conditions. *Caricetum ursinae* is the unique phytocoenose bount to arctic coasts. A coastal dune vegetation of *Elymus* (lyme-grass) can only be found in the transitional zone to the subarctic. In comparison the hemikryptophytes *Mertensia maritima* and *Honckenya peploides* grow more often on arctical coastal dunes. In the boreal zone numerous vegetation communities can be observed in the salt meadows on either side of the Atlantic, however, vicarious phytocoenoses also exist. Spectacular is the great number of associations on Newfoundland, where, besides representatives from the boreal zone, vegetation units can be found which mainly grow in temperature zones. The coastal dune vegetation with *Elymus* has well evolved everywhere in the boreal zone under favourable conditions. In East-Canada an association with *Ammophila* (marram) spreads. A vegetation on the littoral fringe deposits cannot develop in the arctic zone because of the short vegetation time, it exists, however, in the boreal zone. The species of *Cakile* can be observed on all boreoatlantic shores mostly, however, vicarious phytocoenoses evolve.

## 1. Einleitung

Es ist für mich eine Ehre, im Anschluß an die Verleihung des Reinhold-Tüxen-Preises an Herrn Prof. Westhoff einen Vortrag über die Küstenvegetation halten zu können. Wie aus der Laudatio durch Frau Prof. Wilmanns hervorging, hat sich der Jubilar seit über 50 Jahren mit der Küstenvegetation besonders auf den westfriesischen Inseln beschäftigt, aber auch Strandgesellschaften in Nordeuropa untersucht.

In meinen Ausführungen gehe ich nicht auf die Verhältnisse der Küstenvegetation in den gemäßigten Breiten ein, sondern versuche Gemeinsamkeiten bzw. Besonderheiten der Küstenvegetation in den nördlicheren Zonen aufzuzeigen.

Das Schwergewicht meiner Ausführungen liegt am Nordatlantik einschließlich seiner Nebenmeere, da ich dort auf eigene Feldforschungen zurückgreifen kann.

Die Küstenpflanzen auf der nördlichen Hemisphäre werden dem Florenreich der Holarktis zugeordnet, so daß es nicht verwunderlich ist, daß viele Vegetationseinheiten über große Gebiete sich ähneln. Besonders lassen sich in der Küstenvegetation beiderseits des Nordatlantiks Gemeinsamkeiten feststellen, dagegen erscheint die Küstenvegetation am Nord-Pazifik, bedingt durch eine andere Einwanderungsgeschichte recht verschieden (OHBA 1972, THANNHEISER u. HELLFRITZ 1989). Nirgends auf der Nordhalbkugel sind Vegetationseinheiten in ihrem physiognomischen Aussehen sowie in ihrer floristischen Zusammensetzung über so große Gebiete ähnlich wie gerade die Pflanzengesellschaften an den Küsten.

Das Meer zeigt im Strandbereich ausgleichende Tendenzen, so daß sich die klimatologischen und standort-ökologischen Gegebenheiten über große Entfernungen wenig verändern; daneben herrschen im allgemeinen gute Ausbreitungsmöglichkeiten für die Salzpflanzen.

Für die Veränderungen der Küstenpflanzen-Gesellschaften sind die großklimatischen Verhältnisse in meridionaler Sicht ausschlaggebend. Die gleichen Vegetationseinheiten verhalten sich auf der Nordhalbkugel nicht breitenkreismäßig konform, sondern bedingt durch kalte und warme Meeresströmungen variieren die Ausbreitungstendenzen der Vegetationseinheiten. Einzelne Salzpflanzen können eine weite Amplitude in ihren ökologischen Ansprüchen sowie in ihrem Verbreitungsareal aufweisen, wobei meistens ein Kernbereich mit verstärktem Vorkommen zu beobachten ist.

## 2. Arktische Zone

### 2.1. Die abiotischen Verhältnisse

Die arktische Zone schließt sich bekanntlich polwärts der borealen Zone an und wird durch Baum- und Waldlosigkeit gekennzeichnet (Abb. 1).

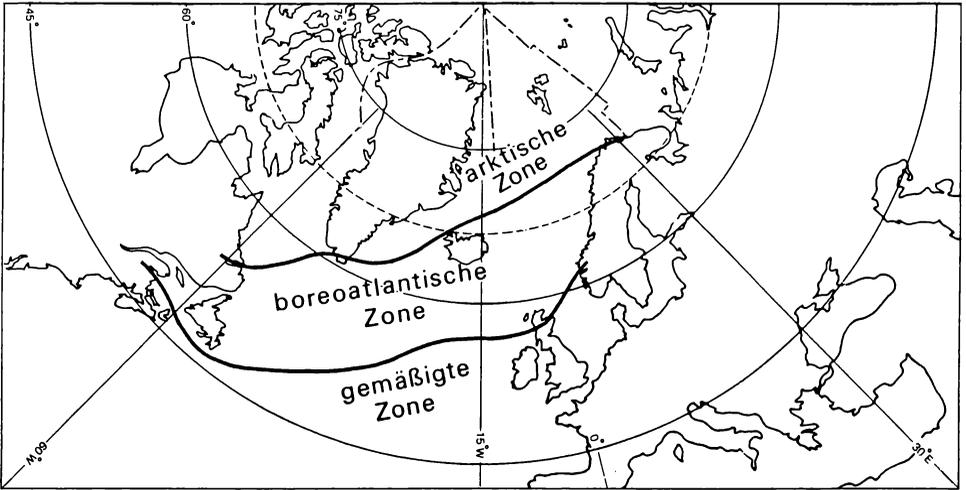


Abb. 1: Vegetationszonen der Küstenvegetation am Nordatlantik

Im Küstenbereich ist es viel schwieriger, eine Grenzziehung zwischen der borealen und arktischen Zone festzulegen. In der Natur ist von einem sehr breiten Überlagerungsraum auszugehen, wobei Vertreter der arktischen und borealen Zonen sich vermischen. Es existieren Bereiche, bei denen das Binnenland durch boreale Elemente, der Küstenbereich aber durch arktische Vertreter gekennzeichnet ist. Solche Beobachtungen sind auf der Nordhalbkugel nicht selten. In Nordnorwegen, am Mackenziedelta, an der westlichen Seite der Hudson Bay, auf Neufundland und Island sind arktische Pflanzengesellschaften anzutreffen, die im allgemeinen ihr Hauptvorkommen meist weiter nördlich haben. Der wesentlichste Parameter für die Existenz der arktischen Vegetationseinheiten in borealen Breiten ist in abkühlenden Auswirkungen des Meerwassers zu suchen.

Die arktischen Küsten werden vorrangig von Steilküsten geprägt, dagegen sind Flachküsten mit geringer Ausdehnung nur an wenigen Stellen anzutreffen. Die Voraussetzung zur Ablagerung von Schlick ist durch den geringen Tidenhub (durchschnittlich unter 1 m) und durch Eisgang ungünstig. Es kommt nur im Innern von Buchten und an Flußmündungen zu feinen marinen Ablagerungen von äußerst geringer Mächtigkeit. Diese Physiotope im Bereich der mittleren Tidehochwasserlinie werden von einer Salzrasenvegetation eingenommen (THANNHEISER 1987).

Neben der Salzrasenvegetation zählt man zur Küstenvegetation noch die Sandstrandvegetation. Bei den arktischen Flachküsten dominieren die Geröll- und Kiesstrände, dagegen sind

die Sandstrände nur in geschützten Buchten an Nehrungsansätzen ausgebildet. Für die meist schmalen Sandstrände sind grobkörnige Sande typisch. Der geringe Tidenhub und die kurze eisfreie Zeit behindern den äolischen Formenkreis.

## 2.2. Salzrasenvegetation

Da sich durch die klimatische Ungunst keine reichhaltige Pflanzenwelt entwickeln kann, ist die Halophyten-(Salzpflanzen)Vegetation nur durch wenige Arten vertreten. Eine zusammenhängende Pflanzendecke von Salzrasenarten kann sich wegen des winterlichen Eisgangs nur an geschützten Stellen hinter Strandwällen oder in Flußmündungen ausbilden (vgl. Photo 1). Großflächige Salzrasen gedeihen nur auf flachen Stränden, wo im Frühjahr starke Südwestwinde Brandungswellen aufs Land spülen. Der flache Strandbereich wird in der Arktis durch abfließende Schmelzwässer beeinflusst, so daß die für die Halophyten geeignete Zone stark eingeengt wird. Eine Differenzierung der Zusammensetzung der Salzrasenarten läßt sich nach der Häufigkeit der Überflutung mit Salzwasser feststellen (THANNHEISER u. WILLERS 1988). Die floristisch armen Vegetationseinheiten sind in Gürteln angeordnet und lehnen sich auf immer höherem Niveau am Meeresufer an (BRATTBAKK 1979). Der unterste Gürtel wird vom *Puccinellietum phryganodis* eingenommen. Es ist eine typisch arktische Salzwiesen-Phytozönose, die bis in die subarktische Zone reicht. Die Grenzzone zum Wasser wird von der Initialausbildung geprägt, die sich oft in Form einer auflösenden Herde äußert. Bei günstigeren ökologischen Verhältnissen bildet die große Individuenzahl von *Puccinellia phryganodes* mit ihren zahlreichen Sprossen einen verfilzten Teppich. Oberhalb des *Puccinellietum phryganodis* folgt das *Caricetum subspathaceae*. Es ist eng verzahnt sowohl mit dem *Puccinellietum phryganodis* unterhalb sowie mit dem oberhalb anschließenden *Caricetum ursinae* (Abb. 2).

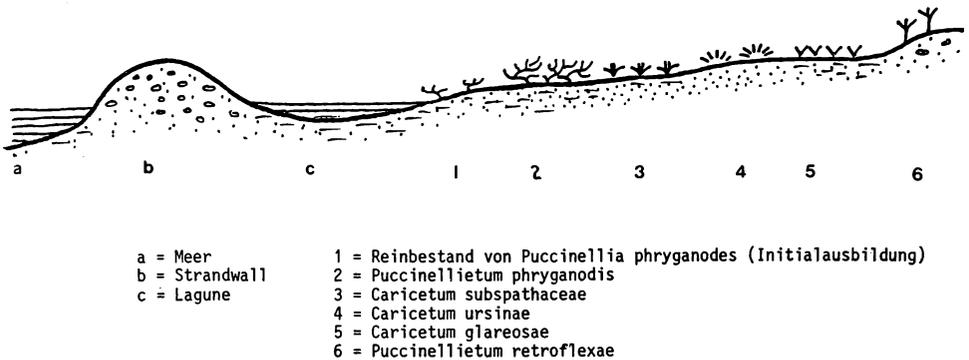


Abb. 2: Schematische Darstellung der Vegetationszonierung an arktischen Küsten

Die Physiognomie des *Caricetum ursinae* ist durch einzelne runde Polster von *Carex ursina* gekennzeichnet (vgl. Photo 2). Sie ist die einzige weitverbreitete Salzwiesenphytozönose, die an arktische Küsten gebunden ist. Regional gibt es keine Unterschiede, denn alle drei Vegetationseinheiten können bei günstigen ökologischen Bedingungen an fast allen arktischen Strandbereichen von Spitzbergen, Grönlands, der kanadischen Arktis, Nord-Alaskas bis nach Nord-Rußland vorkommen (BOURNERIAS 1975, MOLENAAR 1974, THANNHEISER u. HOFMANN 1977). Jedoch ist festzustellen, daß in den nördlichsten Breiten Ansätze einer Küstenvegetation nur noch selten anzutreffen sind. In Nordwest-Spitzbergen (bei 80°N) trifft man nur noch auf Fragmente der genannten Assoziationen, die auch weiter entfernt von der MHW-Linie gedeihen. Durch Spritzwassereffekte bedingt können sie bis zu 100 m landeinwärts bzw. bis zu 10 m über NN vorkommen.

Weitere Phytozönosen sind in den arktischen Salzrasen meist oberhalb von *Puccinellietum ursinae* anzutreffen, wobei es sich um verarmte Vegetationseinheiten handelt, die ihr Haupt-



Photo 1: Salzrasen am Unterlauf eines Baches auf Victoria Island (N.W.T., Kanada).  
Photo: Thannheiser, Juli 1983

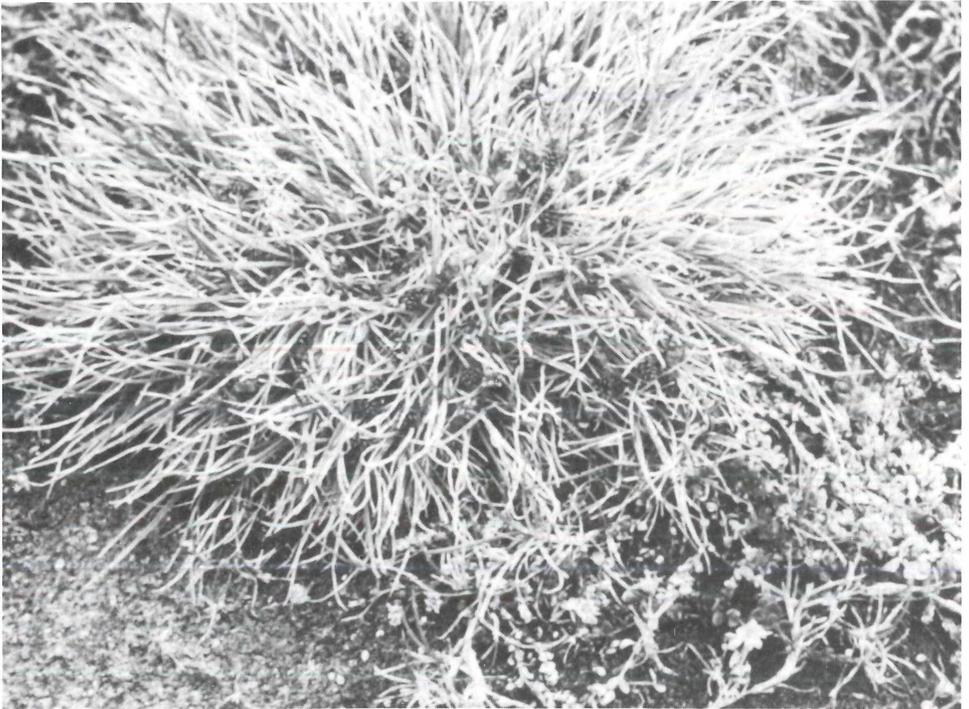


Photo 2: Die Hylophyten *Carex ursina*, *Stellaria humifusa* und *Puccinellia phryganodes* in der kanadischen West-Arktis. .  
Photos: Thannheiser, Juli 1971

verbreitungsgebiet in der borealen Zone haben und nur in die Arktis auskeilen (*Caricetum glareosae*, *Potentilletum egedii*, *Caricetum retroflexae*, *Caricetum mackenziei*). Diese Assoziationen sind kleinflächig vertreten und siedeln im Bereich der höchsten Flutmarken oder auf alten Strandwällen inmitten der Salzwiesen. Trotz der relativ kurzen Besiedlungsphase nach der letzten Eiszeit, kommen auch in der Arktis endemische Vegetationseinheiten vor (Tab. 1).

In der westlichen kanadischen Arktis ist ein *Puccinellietum agrostideae* zu beobachten (vgl. Photo 3), welches die höchsten Salzrasen besiedelt und nur sporadisch vom Salzwasser beeinflusst wird (THANNHEISER u. WILLERS 1988). Auf Spitzbergen ist ebenfalls eine endemische Vegetationseinheit (*Puccinellietum svalbardensis*) zu beobachten, die jedoch nur sehr gering verbreitet ist.

### 2.3. Küstendünenvegetation

Die arktischen Strandpartien aus Kies und Sand sind selten mit einer schütterten Vegetation bewachsen. Das Bodensubstrat ist nährstoffarm und wasserdurchlässig. Bei den typischen Vertretern, die auf Strandwällen und Stranddünen existieren können, handelt es sich um *Mertensia maritima*, *Honckenya peploides* s.l., *Elymus arenarius* und *Elymus mollis*. Die Hemikryptophyten *Mertensia maritima* (vgl. Photo 4) und *Honckenya peploides* haben sich an die ungünstige ökologische Situation im Strandbereich adaptiert und dringen vereinzelt bis in die Hoch-Arktis vor. Die *Elymus*-Bestände werden polwärts durch großklimatische Faktoren begrenzt. Die fast einartige Phytozönose *Mertensietum maritimae* wächst auf dem Vorstrand der Kies- und Geröllwälle sowie als schmales Vegetationsband auf den Feinsandküsten. Auf weiten Strecken sind häufig nur einzelne Polsterindividuen, oft in Abständen von mehreren Metern, zu finden; die Bedeckung übersteigt nie 35%. Das *Mertensietum maritimae* wird der Dünenvegetation zugeordnet und untersteht damit synsystematisch der Klasse *Honckenyo peploides-Elymetea*.

Für die arktischen Sand- und Kiesstrände ist eine Zonierung der Pflanzengesellschaften in küstenparalleler Anordnung charakteristisch (SASSE u. THANNHEISER 1988).

Physiognomisch sind die Küstendünen in drei Abschnitte zu untergliedern (Abb. 3):

- Zone des Vorstrandes mit Strandwällen und Embryonaldünen, die von *Mertensia*- und *Honckenya*-Polstern bewachsen werden können.
- Zone der aufgewehten Dünenhügel, die von *Elymus*-Beständen besiedelt sind.
- Zone von niedrigen Flugsanddecken, die von *Lathyrus japonicus*- und *Carex maritima*-Beständen eingenommen werden.

Der Strandroggen (*Elymus* sp.) als eigentlicher Dünenbildner besitzt die Fähigkeit, frisch übersandete Bereiche durch starkes Streckungswachstum und durch Bildung von Rhizomstockwerken schnell wieder zu durchwachsen. Mittels äußerst intensiver Durchwurzelung erfolgt eine Festigung, womit er zum Aufbau von Dünen beiträgt.

Eine reliefierte Küstendünenlandschaft mit Hochgräsern ist in der Arktis nicht anzutreffen (vgl. Photo 5). Es werden oft nur flachwellige Strandpartien mit mehreren Quadratmetern großen *Elymus*-Beständen beobachtet (BOURNARIAS et FOREST 1971). Selten sind Sandhügel von höchstens 1 m isoliert auf dem Vorstrand zu beobachten, nur bei günstigen Voraussetzungen in Flußdeltas mit reichlich angewehten Feinsanden können sich größere Dünen entwickeln (SASSE u. THANNHEISER 1988). Die Dünengräser in der Arktis weisen eine reduzierte Vitalität und Fertilität auf. Dies hängt einerseits von der großklimatischen Situation, andererseits von dem Mangel an Nährstoffen (besonders Stickstoff) ab. Auffallend ist der niedrige Wuchs der *Elymus*-Halme, die selten mehr als 30 cm Höhe erreichen. Die Leelagen von Primärdünen werden von *Carex maritima*- oder *Lathyrus japonicus*-Beständen eingenommen, die im Verlauf ihrer allogenen Entwicklung zur Fjellvegetation überleiten.

Die arktischen Gebiete Eurasiens werden durch die Phytozönose *Honckenyo diffusae*-*Elymetum arenariae* repräsentiert (Tab. 2). Die Küsten des arktischen Nordamerikas (einschließlich Grönland) werden vom *Honckenyo diffusae*-*Elymetum mollis* eingenommen (TÜXEN 1966 u. 1970).

Tab.1: Tabellarische Übersicht über die Verbreitung der Salzrasen-Assoziationen am Nordatlantik

	Arktische Zone				Boreoatlantische Zone						
	Spitzbergen	Grönland	Nordwest-Kanada	Nordost-Kanada	Island	Nord-Norwegen	Mittel-Norwegen	Süd-Labrador	Neufundland	Gaspé-Halbinsel	Bottnischer Meerbusen
<i>Puccinellietum svalbardensis</i>	●										
<i>Puccinellietum agrostideae</i>			●								
<i>Caricetum ursinae</i>	●	●	●	●							
<i>Puccinellietum phryganodis</i>	●	●	●	●		●		●			●
<i>Caricetum subspatheae</i>	●	●	●	●	●	●		●			
<i>Caricetum glareosae</i>	●	●	●	●							
<i>Puccinellietum retroflexae</i> (1)		●			●	●	●	●	●		
<i>Caricetum mackenziei</i>			●	●	●	●	●	●	●		●
<i>Puccinellietum pauperculae</i>			●	●				●	●	●	
<i>Potentilletum egedii</i>			●		●	●					●
<i>Agrosto-Caricetum subspatheae</i> (2)					●	●					
<i>Spergularietum salinae</i>					●	●	●				●
<i>Festucetum litoralis</i>					●	●	●				
<i>Puccinellietum maritimae</i>					●	●	●				
<i>Zosteretum marinae</i>					●	●	●	●	●	●	
<i>Ruppium maritima</i>					●	●	●	●	●	●	●
<i>Plantaginietum maritimae</i>					●	●	●	●	●	●	
<i>Festuco-Caricetum glareosae</i> (3)					●	●	●		●		●
<i>Caricetum salinae</i>					●	●	●			●	
<i>Caricetum paleaceae</i>						●	●	●	●	●	●
<i>Scirpetum rufi</i>						●	●	●	●	●	●
<i>Salicornietum europaeae</i> (4)						●	●		●	●	●
<i>Juncetum gerardii</i>						●	●			●	●
<i>Eleocharitetum uniglumis</i>						●	●				
<i>Puccinellio maritimae-Caricetum subspatheae</i>							●				
<i>Caricetum rectae</i>							●				
<i>Puccinellietum pauperculae</i>								●	●	●	
<i>Triglochinietum gaspensis</i>								●	●	●	
<i>Plantagini-Caricetum subspatheae</i>								●	●		
<i>Eleocharitetum parvulae</i>									●	●	●
<i>Spartinetum alterniflorae</i>									●	●	
<i>Eleocharitetum halophilae</i>									●	●	
<i>Ranunculetum cymbalariae</i>										●	
<i>Spergularietum canadensis</i>									●		
<i>Spartinetum patens</i>										●	
<i>Puccinellietum ambiguae</i>										●	
<i>Scirpetum americanum</i>										●	

(1) einschl. *Puccinellietum coarctatae*(2) einschl. *Triglochino-Caricetum subspatheae*(3) einschl. *Agrosto-Caricetum glareosae*(4) einschl. *Salicornietum pojarkovae*, *Salicornietum strictae* und *Salicornietum ramosissimae*● flächenhaft-gehäuftes  
Vorkommen● einzelnes  
VorkommenBeobachtungen  
liegen nicht vor

Tab. 1: Tabellarische Übersicht über die Verbreitung der Salzrasen-Assoziationen am Nordatlantik



Photo 3: Das Puccinellietum agrostideae bei Cambridge Bay (N.W.T., Kanada).  
Photo: Thannheiser, August 1986



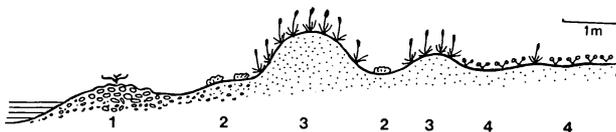
Photo 4: *Mertensia maritima* auf einem Kieswall am Minto Inlet (N.W.T., Kanada)  
Photo: Thannheiser, August 1986

	Arktische Zone				Boreoatlantische Zone					
	Spitzbergen	Grönland	Nordwest-Kanada	Nordost-Kanada	Island	Nord-Norwegen	Mittel-Norwegen	Süd-Labrador	Neufundland	Gaspé-Halbinsel
<b>Küstendünen-Assoziationen:</b>										
Mertensietum maritimae	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Honckenyo diffusae-Elymetum mollis		●	●	●						
Honckenyo diffusae-Elymetum arenariae (1)					●	●	●			
Sileno maritimae-Festucetum cryophilae					●					
Honckenyo robustae-Elymetum mollis								●	●	●
Lathyro japonici-Ammophiletum breviligulatae								●	●	●
<b>Spülsaum-Vegetationseinheiten:</b>										
Cakiletum islandicae					●					
Matricario ambiguae-Atriplicetum glabriusculae					●					
Atriplex praecox-Gesellschaft					●		●		●	
Polygonetum heterophylli litoralis					●	●	●			
Polygonetum norvegici (2)						●	●			
Atriplicetum latifolii						●	●			
Atriplicetum littoralis						●	●			
Atriplici-Cakiletum islandicae						●	●			
Cakiletum maritimae						●	●			
Cakiletum edentulae								●	●	●
Polygonum boreale-Gesellschaft									●	
Polygonum heterophyllum-Gesellschaft									●	
Polygonum raji-Gesellschaft									●	
Polygonum fowleri-Gesellschaft									●	
Atriplex subspicata-Gesellschaft										●

(1) einschl. Elymo-Festucetum arenariae subarcticum  
 (2) einschl. Polygonetum raii norvegici

- flächenhaft-gehäuftes Vorkommen
- vereinzelt Vorkommen
- Beobachtungen liegen nicht vor

Tab. 2: Tabellarische Übersicht über die Verbreitung der Küstendünen-Assoziationen und der Spülsaum-Vegetationseinheiten am Nordatlantik



- 1 = Mertensia maritima
- 2 = Honckenya peploides var. diffusa
- 3 = Elymus arenarius ssp. mollis
- 4 = Astragalus alpinus

Abb. 3: Schematische Darstellung der Vegetationsverhältnisse auf Kiesstrand und Stranddünen in der kanadischen Arktis



Photo 5: Küstendünen-Fragmente mit *Elymus* in der kanadischen West-Arktis.  
Photo: Thannheiser, Juli 1983

### 3. Die boreale Zone

#### 3.1. Die abiotischen Verhältnisse

Ausgedehnte Küstenstreifen sind in der borealen Zone circumpolar anzutreffen. Die Südgrenze reicht an den Ostseiten der Kontinente bis etwa 50°N, an der Westseite nur bis 60°N. Eine deutliche Grenzziehung im Küstenbereich zu der südlich gemäßigten Zone ist nur grob festzulegen. Hier kommt es zu einer starken Überlagerung von Vegetationseinheiten, die ihren Schwerpunkt in der borealen bzw. gemäßigten Zone haben.

So wie arktische Phytozöosen weit nach Süden in die boreale Zone vordringen, finden sich auch boreale Vegetationselemente tief in den gemäßigten Breiten, aber auch an klimatisch günstigen Buchten gedeihen in der borealen Zone Pflanzengesellschaften, die ihr Hauptverbreitungsgebiet in der gemäßigten Zone haben.

Die Strandgesellschaften am Bottnischen Meerbusen (ein Nebenmeer des Atlantiks) nehmen eine Sonderstellung ein.

Wie in der Arktis ist die außerordentlich reich gegliederte Küstenlinie in der borealen Zone primär die Folge geomorphologischer Vorgänge. Die vorherrschenden Küstenformen sind Fjord- und Fjärd-Schären-Typen, trotzdem treten verstärkt flache Strandpartien auf, weil durch die isostatische Landhebung sich die Küstenlinien in den letzten 12.000 Jahren laufend verändert haben. Als extremes Beispiel gilt heute die maximale Landhebungsrate mit 0,90 m in 100 Jahren im nördlichen Bottnischen Meerbusen (WILLERS 1987). Nur in Buchten und Flußmündungen wird durch die geringe Wasserbewegung bei Hochwasser das Absetzen von Schlick gefördert, so daß es zur Entstehung von Seemarschen kommt.

An den borealen Küstenstreifen ist eine vielfältige Salzrasenvegetation und eine ausgeprägte Dünenvegetation zu beobachten; daneben findet sich noch eine isolierte Spülsaumvegetation.

Die großklimatisch günstigen Verhältnisse in der borealen Zone lassen großflächig Salzpflanzendecken gedeihen und die Zahl der Küsten-Phytozönosen beträchtlich anschnellen (BEEFTINK 1968 u. 1977). Im Gegensatz zur arktischen Zone unterscheiden sich die borealen Phytozönosen beiderseits des Nordatlantiks in ihrer Vegetationsstruktur und der Artenzusammensetzung viel stärker. Auf der Nordhemisphäre zeigt der Übergangsraum von der borealen zur gemäßigten Zone die größte Anzahl von Küstenvegetationseinheiten. Weiter im Süden in der gemäßigten Zone nimmt die Zahl der Phytozönosen wieder ab und die Salzwiesen sowie Küstendünen zeigen eine monotonere Pflanzendecke.

### 3.2. Salzrasenvegetation

In der idealisierten Höhenzonierung (Abb. 4) wird eine schematische Abfolge der einzelnen Vegetationseinheiten auf den Seemarschen Islands skizziert. Die Ausdehnung der Salzwiesen

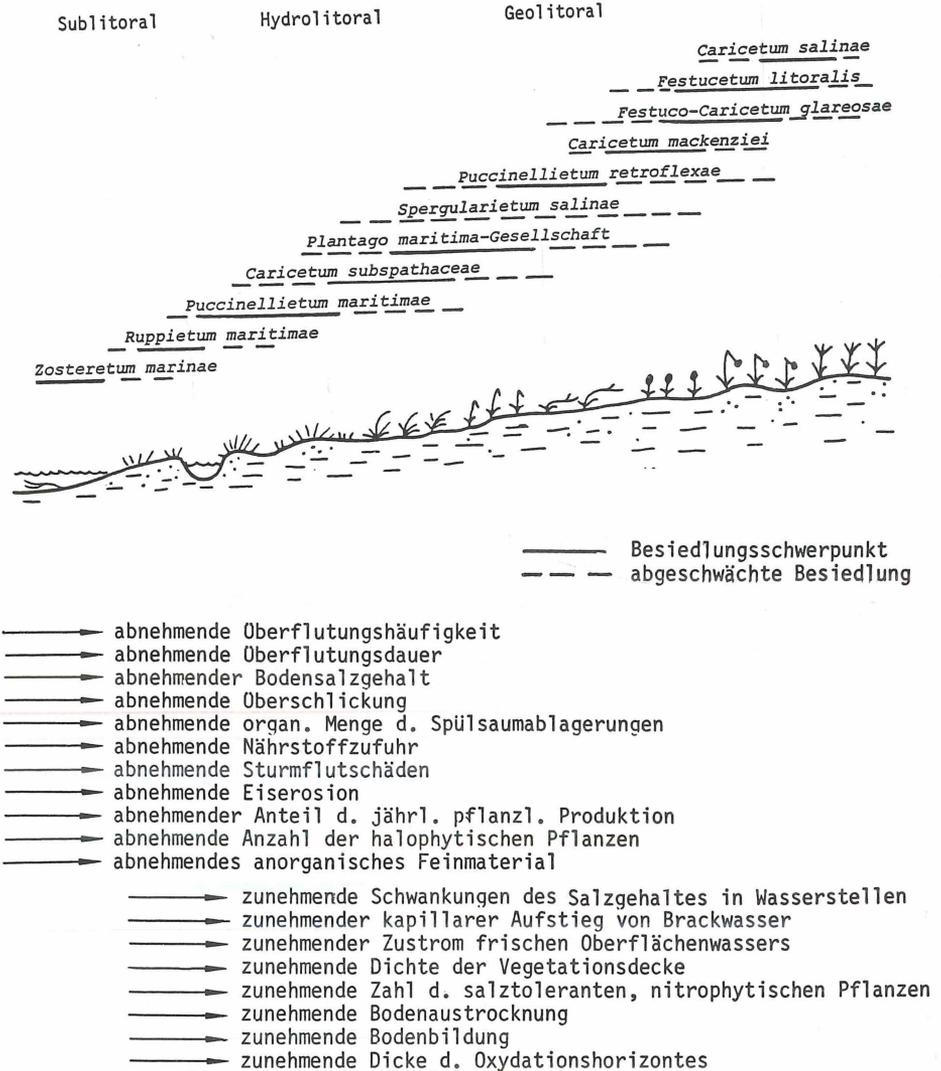


Abb. 4: Schematische Darstellung der typischen Vegetationsabfolge der isländischen Salzwiesen mit Hinweis auf die wichtigsten Faktoren und deren Auswirkungen



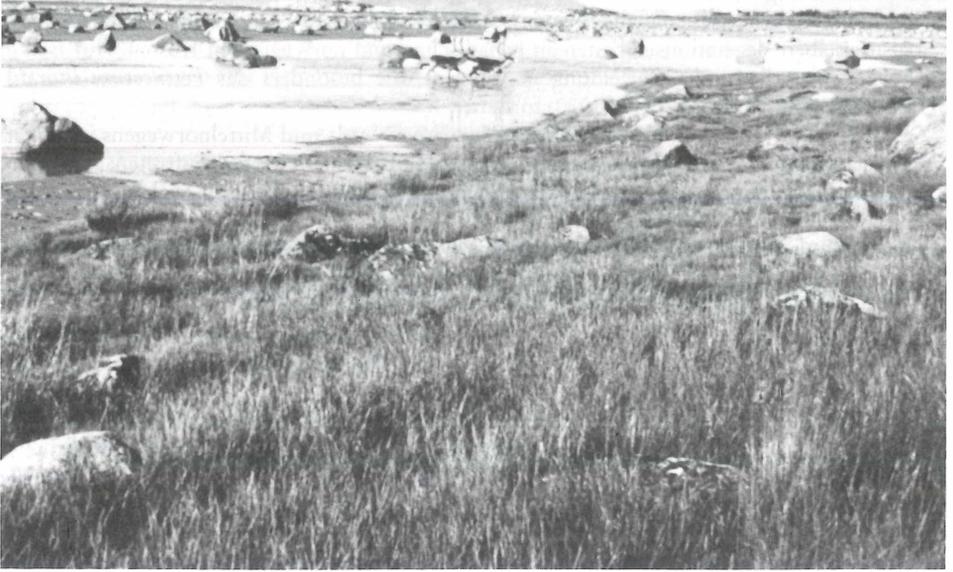


Photo 6: Salzwiesen auf Hamarøy (Norwegen).  
Photo: Thannheiser, Juli 1979

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1 = <i>Zosteretum marinae</i>                    | 7 = <i>Plantago maritima</i> -Ges.   |
| 2 = <i>Eleocharitetum parvulae</i>               | 8 = <i>Ranunculetum cymbalariae</i>  |
| 3 = <i>Puccinellietum pauperulae</i>             | 9 = <i>Eleocharitetum halophilae</i> |
| 4 = <i>Triglochinietum gaspensis</i>             | 10 = <i>Scirpetum rufi</i>           |
| 5 = <i>Plantagini-Caricetum</i><br>subspathaceae | 11 = <i>Caricetum mackenziei</i>     |
| 6 = <i>Ruppitetum maritimae</i>                  | 12 = <i>Caricetum paleaceae</i>      |

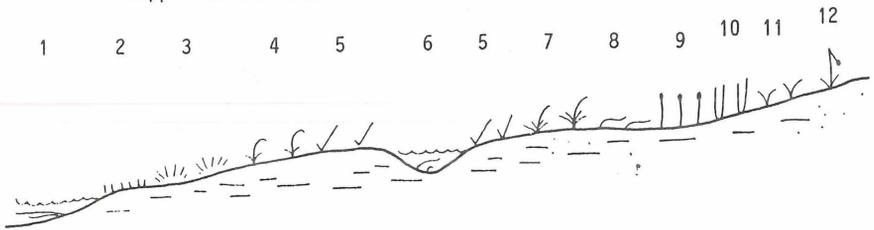


Abb. 6: Schematische Darstellung der Vegetationszonierung in den Seemarschen auf Neufundland

An der Küste von Südlabrador trifft man außer drei typischen nordamerikanischen Assoziationen dieselben Phytozönosen wie in Nord- und Mittelnorwegen an. Dagegen zeigen die Seemarschen von Neufundland und der Gaspé Halbinsel eine große Vielfalt von Salzwiesen-Gesellschaften. Auffallend ist hier bereits das Vorkommen von Vegetationseinheiten, die verstärkt in der gemäßigten Zone vorzufinden sind (THANNHEISER 1981).

Eine Sonderstellung der Küstenvegetation in der borealen Zone nimmt die Strandvegetation am Bottnischen Meerbusen ein. Die Pflanzenzonierungen haben hier wenig Gemeinsamkeiten

mit einer sonst für Meeresküsten allgemein typischen Vegetationsanordnung (THANNHEISER 1986). Physiognomisch gleichen die Pflanzengürtel viel stärker der Ufervegetation großer Süßwasserseen. Hervorgerufen wird dieser Eindruck durch das Vorhandensein der Röhricht- bzw. Großseggenzonen, die stellenweise sehr großflächig ausgebildet sein können (ERICSON and WALLENTINUS 1979). Das typische Vegetationsprofil am nördlichen Bottnischen Meerbusen setzt sich auf tonhaltigem Untergrund aus folgenden Zonierungen zusammen (Abb. 7):

- eine Zone der Wasserpflanzengesellschaften
- eine Zone der Röhrichtgesellschaften
- eine Zone der Strandwiesengesellschaften
- eine Zone der Stauden-, Gebüsch- und Laubwaldgesellschaften.

Bei den Wasserpflanzengesellschaften erfolgt aufgrund der geringen Salinität eine Verarmung der halophytischen Arten.

Am nördlichen Meerbusen stellen sich hinter der Röhrichtzone auf den flachen, breiten Strandflächen Salzwiesengesellschaften ein. Flächenmäßig nehmen die Salzwiesenassoziationen nur kleine Areale ein. Durch Beweidung wird die Vegetationsdecke zerstört, und der Boden trocknet aus. In den Sommermonaten werden kapillar mit dem Wasser Sulfide aus dem schwefelhaltigen Tonuntergrund der Litorinazzeit (Cl-Gehalt 0,04%) im Oberboden angereichert; an der Luft oxydieren diese Sulfide dann zu Sulfaten, und der pH-Wert kann auf 2 absinken. Weil der Weidegang durch Vieh und Elche die Entstehung von Sulfaten und Salzböden fördert, ist es natürlich, daß solche Stellen von Halophyten bevorzugt werden (WILLERS 1988).

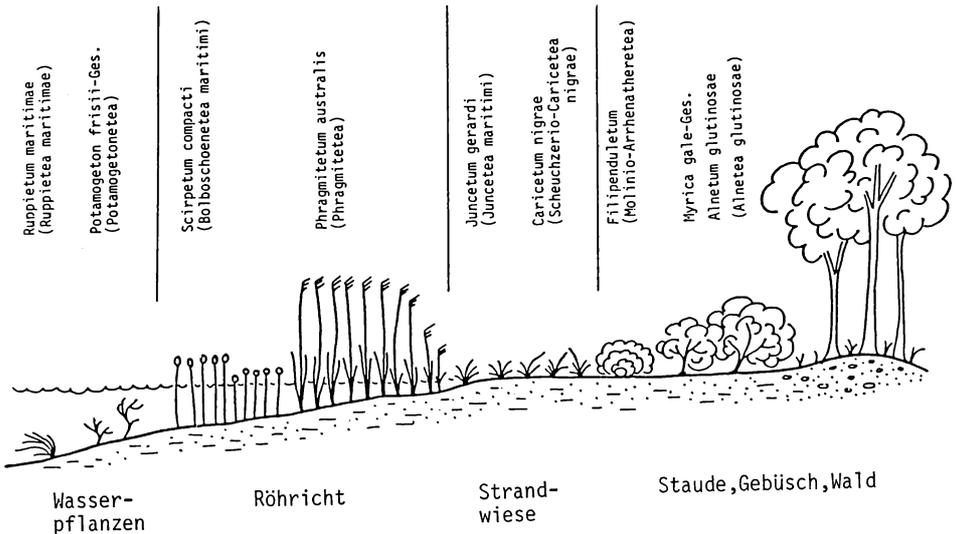


Abb. 7: Schematische Darstellung der Vegetationszonierung im Strandbereich am Bottnischen Meerbusen

### 3.3. Küstendünenvegetation

Bei Niedrigwasser wird der trockene Sand durch den Wind in unstillen Fahnen über die Vorstrandebenen landeinwärts befördert und schon bei dem geringsten Hindernis (Muschel oder Pflanze) abgelagert. Die entstandenen kleinen Sandhügel verschwinden jedoch bei umspringenden Winden sehr schnell. Nur wenn die Zeit zu einer Besiedlung durch Pflanzen ausreicht, bleiben sie länger bestehen. Die Embryondünen stellen fast beständige Dünen dar, werden aber durch das begrenzte Wachstum der sie besiedelnden ausdauernden Polsterpflanzen (*Mertensia*, *Honckenya*) nicht höher als 30–40 cm (vgl. Photo 7). In der boreoatlantischen Zone werden die Küstendünen in Ost-Kanada von *Elymus mollis*, in Nordeuropa hingegen von *Elymus arenarius* besiedelt. Auf Neufundland tritt neben dem Strandroggen (*Elymus*) bereits

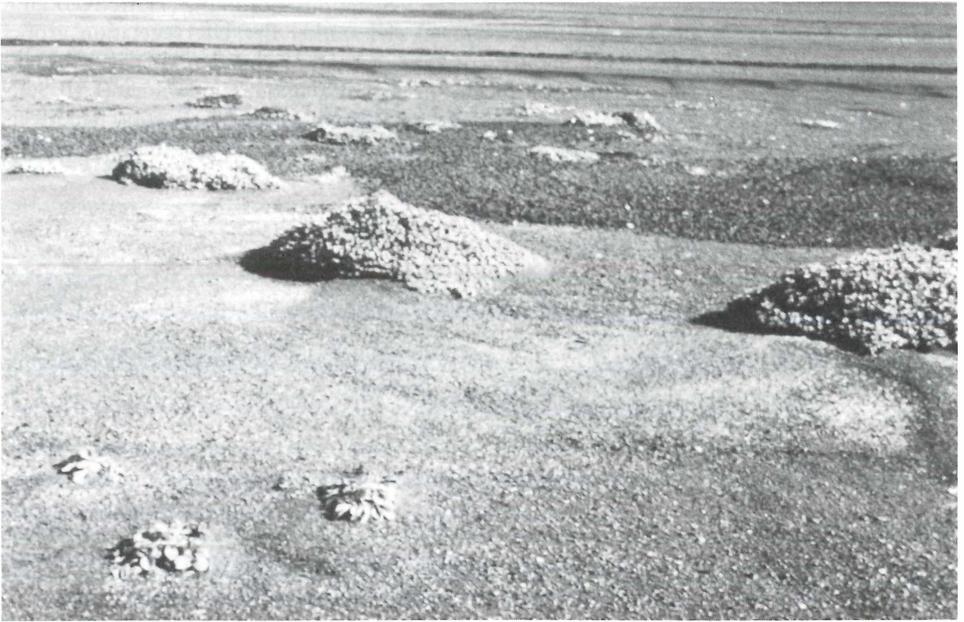


Photo 7: Embryonaldünen mit den Polsterpflanzen *Mertensia maritima* und *Honckenya peploides* an der Südküste Islands.

Photo: Thannheiser, September 1980

der Strandhafer (*Ammophila*) auf, der schon im südlichen Teil der Insel hohe Dünen aufbaut. Die *Elymus*-Gesellschaften werden in der Klasse *Honckenyo peploides-Elymetea* vereinigt, die ihre Hauptverbreitung auf der Nordhemisphäre hat und in die südlichen Breiten auskeilt, in der die *Ammophila*-Gesellschaften (Klasse der *Ammophiletea arenariae*) beheimatet sind (THANNHEISER 1987 a).

In der boreoatlantischen Zone unterscheidet sich die Vegetation in den einzelnen Landesteilen erheblich (Tab. 2).

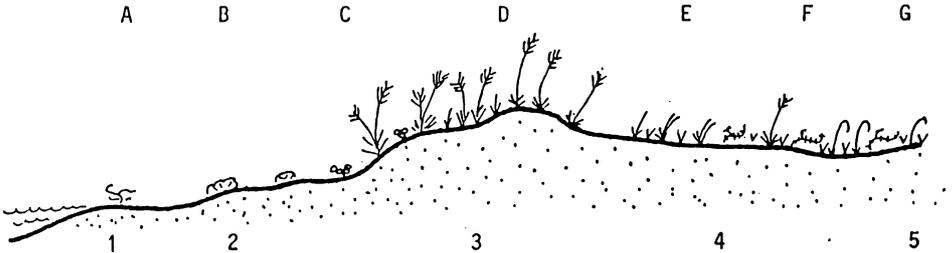
Die norwegische und isländische Dünenvegetation ist artenarm und bildet keine hohen Dünen, dagegen ist die Dünenvegetation auf Neufundland vielfältiger (SASSE 1988 b, THANNHEISER 1988).

Die schwarzgrauen Sandstrände der isländischen Küsten unterscheiden sich stark von den übrigen europäischen und kanadischen Stränden, da es sich bei dem Material um zerkleinerte Basaltkörner, schwimmfähige Bimssteinklumpen und vulkanische Aschenpartikel handelt. Durch die Brandung und den Wind werden die leichten Partikel immer wieder umgelagert, so daß das lockere Substrat ständig in Bewegung ist. Neben den ungünstigen Bodenwasserbedingungen und der Nährstoffarmut, besonders dem Mangel an Muschelschalen, beeinträchtigen die Kürze der Vegetationszeit und die mechanische Wirkung des Windes die Entwicklung der Jungpflanzen. Der größte Teil des Sandes in den Küstendünen stammt direkt aus dem Inselinneren. Die Dünen übersteigen selten Höhen von 2 m und sind vorrangig an der Südküste anzutreffen. Die Höhe sowie die Dichte der Dünenvegetation bleibt auf Island hinter der Wachstumsleistung der Strandvegetation an den übrigen atlantischen Küsten zurück. Die ungünstigen klimatischen Verhältnisse – besonders die Schwankungen der Bodentemperaturen auf dem dunklen Sand sind sehr hoch – beeinträchtigen das Wachstum der Dünenvegetation.

Physiognomisch sind die Küstendünen in drei Abschnitte zu untergliedern (Abb. 8):

- Zone des Vorstrandes und der Embryonaldünen mit Spülsaumablagerungen sowie *Mertensia*- und *Honckenya*-Bewuchs

- A = Spülsaumgesellschaften
- B = Mertensia-Honckenya-Zone (Mertensietum maritimae)
- C = Typische Subass. des Honckenyo diffusae - Elymetum arenariae
- D = Subass. von Festuca rubra ssp. cryophila des Honckenyo diffusae-Elymetum arenariae
- E = Typische Subass. des Sileno maritimae - Festucetum cryophilae
- F = Subass. von Poa pratensis ssp. irrigata des Sileno maritimae - Festucetum cryophilae
- G = Subass. von Racomitrium canescens des Sileno maritimae - Festucetum cryophilae



- abnehmende Winderosion
- abnehmende Überflutung
- abnehmende Sandzufuhr
- abnehmender Salzwassereinfluß
- abnehmende Schäden durch Sturmfluten
- abnehmende Instabilität des Substrates
- abnehmende Spülsaumablagerungen
- abnehmender Kalkanteil
- abnehmende Nährstoffzufuhr
- abnehmende Zahl annueller, nitrophytischer Pflanzen
- abnehmende Zahl der Polsterpflanzen
- abnehmende Sandschliff-Schädigungen
  
- zunehmende Sandakkumulation
- zunehmende Aussüßung durch Regen
- zunehmender kapillarer Aufstieg von Brackwasser
- zunehmende Verfestigung
- zunehmende Versauerung
- zunehmende Biomassenproduktion
- zunehmende Dichte der Vegetationsdecke
- zunehmende Zahl perennierender, salztoleranter Pflanzen
- zunehmende Zahl nicht salztoleranter Pflanzen
- zunehmender Einfluß von Weidetieren
- zunehmende Dichte der Kryptogamen
  
- abnehmende Biomassenproduktion
- abnehmende Salzeinwirkung
- abnehmende Sandumlagerung
- abnehmende Windeinwirkung
- abnehmende Zahl salztoleranter Pflanzen
- abnehmende Dichte, Vitalität und Fertilität von *Elymus arenarius*

- 1 = Vorstrand, Spülsaumablagerungen, sehr instabil
- 2 = Embryonaldüne, Sandanwehungen, instabil
- 3 = Primärdüne, instabil
- 4 = Sekundärdüne, weniger instabil
- 5 = Tertiärdüne, fast stabil

Abb. 8: Idealisiertes Profil einer Dünenlandschaft auf Island und ihrer Vegetation mit Übersicht der wichtigsten Ökofaktoren sowie deren Auswirkungen

- Zone der aufgewehten Hauptdünenketten (Primärdünen) mit *Honckenyo diffusae-Elymetum arenariae*
- Zone mit festgelegten, niedrigen Flugsanddecken (Sekundär- und Tertiärdünen) mit *Sileno maritimae-Festucetum cryophilae*

Es ist jedoch hervorzuheben, daß die isländische Dünenvegetation sehr stark den Weideinflüssen ausgesetzt ist, so daß eine ungestörte Küstendünenvegetation kaum angetroffen wird. Die norwegische Küstenlandschaft bietet selten günstige Voraussetzungen zur Bildung großflächiger Dünenfelder. Die Dünenvegetation mit ihren unterschiedlichen Sukzessionsserien ist jedoch artenreicher als auf Island. Oberhalb der *Honckenya peploides*-Gesellschaft oder des *Mertensietum maritimae* bildet *Elymus* erste Solitärbestände, die als Initialphase der Phytozönose die Bildung und Festigung der Primärdünen übernehmen. Landeinwärts verdichten sich die einzelnen Vegetationsinseln schnell und besiedeln als geschlossener Gürtel in der Optimalphase die Zone der Sekundärdünen. Im Bereich der sich anschließenden Tertiärdünen lichten die *Elymus*-Bestände stark auf, Vitalität und Fertilität der Kennart lassen nach, und zunehmend beteiligen sich nicht salztolerante Arten an der Bildung der geschlossenen Vegetationsdecke der Graudünen (SASSE 1988 b). Die Küstendünen auf Neufundland unterscheiden sich nicht nur durch ihre Höhe, sondern auch durch eine andere Artenzusammensetzung von den europäischen Küstendünen. Wie aus der Abb. 9 zu ersehen ist, lassen sich vier Abschnitte ausscheiden.:

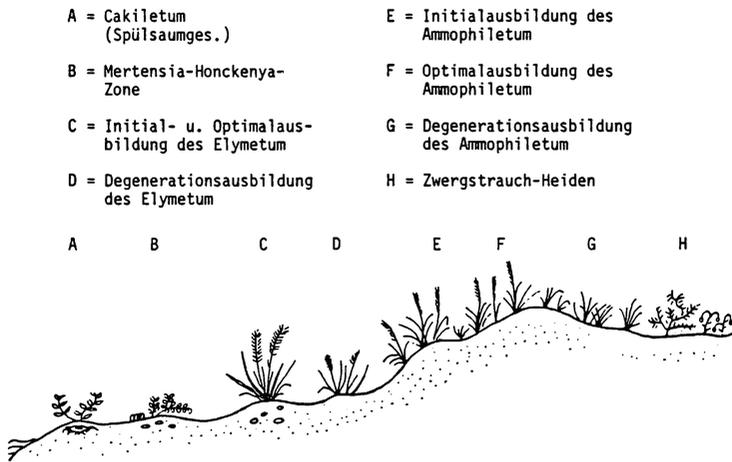


Abb. 9: Schematische Darstellung der Vegetationszonen an der ostkanadischen Dünenküste

- Zone des flach überspülten, spärlich bewachsenen Vorstrand mit Embryonaldünen bzw. *Mertensia*- und *Honckenya*-Zonierung.
- Zone der Vordünen aus Kies und grobem Sandmaterial, die vom *Elymetum* bewachsen werden.
- Zone der hoch aufgewehten Hauptdünenketten, die vom *Ammophiletum* besiedelt werden.
- Zone von festgelegten, niedrigen Flugsanddecken, die von Zwergstrauchheiden eingenommen werden.

Die Vordünen werden fast ausschließlich vom *Elymetum* besiedelt. Der Strandroggen gedeiht auf den Vordünen besonders gut und bewirkt dadurch weitere und verstärkte Sandablagerungen (vgl. Photo 8). Beim fortgesetzten Anwachsen der Düne verliert sich der Einfluß des Salzwassers, der Strandroggen wird vom Strandhafer abgelöst (THANNHEISER 1981).

### 3.4. Spülsaumvegetation

Im Winterhalbjahr hinterläßt das Meer nach Stürmen Flutmarken aus Tang, Seegras, Treibholz, Reste der Meeresfauna und Produkte der Zivilisation auf dem Landstrand. Auf schwach geneigten Sand- und Kiesstränden ist eine flächenhafte, lockere Verteilung der Spülsaumablagerungen typisch, dagegen sind auf Stränden, die einen größeren Böschungswinkel



Photo 8: Vordüne mit *Elymus mollis* und Hauptdüne mit *Ammophila breviligulata* auf Neufundland (Kanada).

Photo: Thannheiser, August 1975

aufweisen, in unregelmäßigen Abständen perlschnurförmig strandparallele Driftwälle abgelagert. Die jüngsten und frischesten Ablagerungen werden bei Springfluten noch vom Meerwasser durchfeuchtet und sind noch nicht oder nur mit juvenilen, annuellen Gefäßpflanzen sporadisch besiedelt. Das ältere Spülsaummaterial bietet durch einen intensiven Gärungs- und Verwesungsprozeß ein erhöhtes Nährstoffangebot, dank der Sandüberwehungen entstanden sogenannte ‚Tangbeete‘, die für die Dauer einer halbjährigen Vegetationsperiode von salzresistenten, nitrophytischen Pflanzen eingenommen werden können.

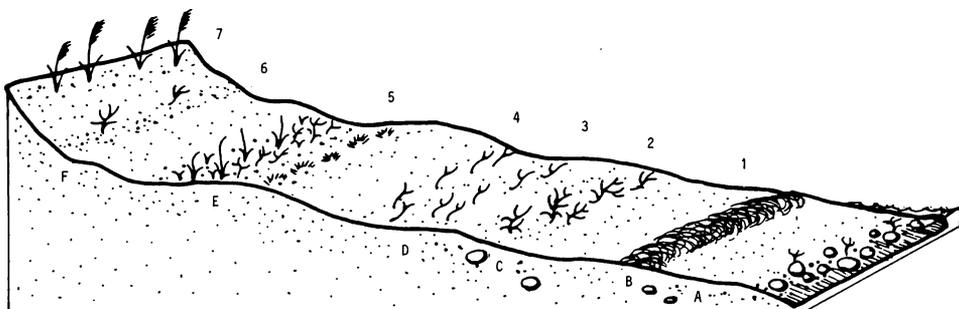
Selbst auf Strandwällen aus grobem Geröll trifft man, bedingt durch die organischen Ablagerungen, vereinzelt Spülsaumpflanzen an (vgl. NORDHAGEN 1940). Auf Island wird verstärkt trockenes Spülsaummaterial durch Wind strandeinwärts transportiert und vor den Dünen abgelagert (THANNHEISER 1987c). Diese Windmarken bilden für einige Zeit geeignete Existenzbedingungen für Spülsaumgesellschaften in unmittelbarem Kontakt zu reinen Dünen- gesellschaften (HELLFRITZ 1984).

Die Spülsaumvegetation Islands wird häufig durch sehr artenarme Phytozönosen repräsentiert, und die teppichartigen bzw. fragmentarisch-gürtelförmig langgezogenen Bestände können eine hohe Individuenzahl aufweisen (vgl. Photo 9). Bald nach der Samenreife gehen die Bestände zugrunde, um im nächsten Frühsommer unter Umständen an völlig anderen Stellen erneut in gleicher Artenkombination zu keimen, je nachdem, wohin die winterlichen Sturmfluten die Spülsaumreste mit den Samen verlagert haben (vgl. SASSE 1987). Die Spülsaumgesellschaften werden als eine Sonderform der Dauergesellschaften betrachtet, da sie sich zum einen durch sporadisches Auftreten an immer neuen, aber ähnlichen Standorten auszeichnen, zum anderen aber Pioniercharakter besitzen, was dazu führt, daß TÜXEN (1975) sie als migratorische Dauer-Pioniergesellschaften bezeichnete. Die anuellen Bestände stellen gleichzeitig auch Schlußgesellschaften dar, da bei permanenter Zerstörung der Standorte durch Sturmfluten keine Sukzession stattfindet.

In der idealisierten Höhenzonierung (Abb. 10) zeigt sich eine schematische Abfolge der einzelnen Gesellschaften, außerdem werden die wichtigsten ökologischen Faktoren in ihren Auswirkungen auf die Vegetationsentwicklung skizziert.

Die Spülsaumvegetation ist in Mittel- und Nordnorwegen nicht so spärlich ausgebildet wie auf Island, aber nur in seltenen Fällen kann man von einer üppigen Entwicklung einer Pflanzendecke sprechen (Tab. 2). SASSE (1987) hat folgende Vegetationseinheiten beobachtet, die er alle in die Klasse der *Cakiletea maritimae* einordnet (*Atriplicetum latifoliae*, *Atriplicetum litoralis*, *Atriplex praecox*-Ges., *Polygonetum raii norvegici*, *Polygonetum heterophylli litoralis*, *Cakiletum maritimae* und *Atriplici-Cakiletum islandicae*). Nur wenn auf sehr hohem Niveau

- |  |   |
|--|---|
| A = vegetationsloser Vorstrand   | 1 = einzelne Therophyten (juv.)   |
| B = untere Flutmarke aus frischen Tangablagierungen an der MTHW-Linie  | 2 = <i>Cakiletum islandicae</i>   |
| C = mittlere Flutmarke aus Spülsaumablagierungen an der SPTHW-Linie (frisches u. altes umgelagertes Material)  | 3 = <i>Atriplex praecox</i> - Gesellschaft und <i>Matricario ambiguae</i> - <i>Atriplicetum glabriusculae</i> |
| D = obere Flutmarke aus alten Spülsaumablagierungen bei jährlichen winterlichen Sturmfluten entstanden (verrottendes organisches Material vom Sand überweht) | 4 = <i>Polygonetum heterophylli litoralis</i>   |
| E = oberste Flutmarke bei extrem seltenen Sturmfluten entstanden (völlig zersetzte organische Ablagerungen)  | 5 = <i>Potentilletum egedii</i> und <i>Festuco-Potentilletum anserinae</i>                                    |
| F = Windmarke aus trockenen Spülsaumablagierungen Dünenfuß   | 6 = Fragmente von <i>Cakiletum islandicae</i> und <i>Polygonetum heterophylli litoralis</i>                   |
|  | 7 = <i>Honckenyo diffusae</i> - <i>Elymetum arenariae</i>   |



- |   |  |
|---|--|
| ← | abnehmende Überflutung   |
| ← | abnehmende Zahl der Flutmarken   |
| ← | abnehmende Spülsaumengen   |
| ← | abnehmende Schäden durch Sturmfluten   |
| ← | abnehmender Salzwassereinfluß  |
| ← | abnehmende Anschwemmung von Samenmaterial                                      |
| ← | abnehmende Dichte der annuellen Pflanzen                                       |
| ← | abnehmende Anzahl der annuellen Pflanzenarten                                  |
| ← | abnehmende Winderosion   |
| ← | abnehmende Instabilität des Substrats  |
| ← | abnehmender Kalkanteil   |
| ← | zunehmendes Alter der Spülsaumablagierungen                                    |
| ← | zunehmende Übersandung   |
| ← | zunehmender Anteil von zersetzenden organischen Material                       |
| ← | zunehmende Dichte der Vegetationsdecke   |
| ← | zunehmende Zahl der perennierenden, salztoleranten u. nitrophytischen Pflanzen |
| ← | zunehmende Zahl der nicht salztoleranten, nitrophytischen Pflanzen             |
| ← | zunehmender Zustrom frischen Oberflächenwassers                                |
| ← | zunehmende Versauerung   |
| ← | zunehmende Bodenaustrocknung   |
| ← | zunehmende Einflüsse durch Weidetiere  |

Abb. 10: Schematische Darstellung der typischen Vegetationsabfolge auf isländischen Meeresspülsaumen mit Hinweis auf die wichtigsten vegetationsbedingten ökologischen Faktoren

abgelagerte Tangwälle in den folgenden Wintern nicht erodiert werden, führt die Sukzession zum *Agropyretum repentis maritimum* oder zum *Festuco-Potentilletum anserinae*.

In Ostkanada werden auf den Vorstränden größere Mengen an Spülsaummateriale abgelagert. Diese Spülsaume verrotten aufgrund des Feuchtigkeitsgehaltes rasch, so daß es zu lokalen



Photo 9: Die Spülsaumvegetation mit *Cakiletum islandicae* an der Nordwest-Küste Islands.  
Photo: Thannheiser, August 1982



Photo 10: Die Spülsaumvegetation mit *Cakiletum edentulae* und der *Atriplex praecox*-Gesellschaft an der Nordwest-Küste Neufundlands (Kanada).  
Photo: Thannheiser, August 1975

Anreicherungen von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Jod kommt. Zuweilen können solche aus organischem und anorganischem Material aufgebaute Spülsäume schon im ersten Jahr von halonitrophytischen Arten besiedelt werden.

Im Frühjahr treten vielfach in großen Mengen Keimlinge auf, sterben jedoch bereits im Jugendstadium wieder ab. Die überlebenden Exemplare entwickeln sich im Sommer üppig und zeichnen sich durch eine hohe Samenproduktion aus.

Das reiche Angebot an verfügbaren Stickstoffverbindungen erlaubt offensichtlich eine stärkere Artenentfaltung als die noch extremeren und stärker auslesenden reinen Salzstandorte (TÜXEN 1970), so daß an derartigen Standorten der Individuenreichtum ab- und der Artenreichtum zunimmt.

In der idealisierten Höhenzonierung läßt sich eine schematische Abfolge der einzelnen Gesellschaften erkennen (Abb. 11). Auf den höher gelegenen Teilen des Strandes liegen die ältesten und trockensten Spülsäume, die von *Polygonum*-Gesellschaften besiedelt werden. Auf den tiefer gelegenen Strandpartien oberhalb der MHW-Linie wächst das einartige *Cakiletum*, und im Bereich des Springtidenhochwassers kommen auf Tangresten die *Atriplex*-Gesellschaften vor (vgl. Photo 10).

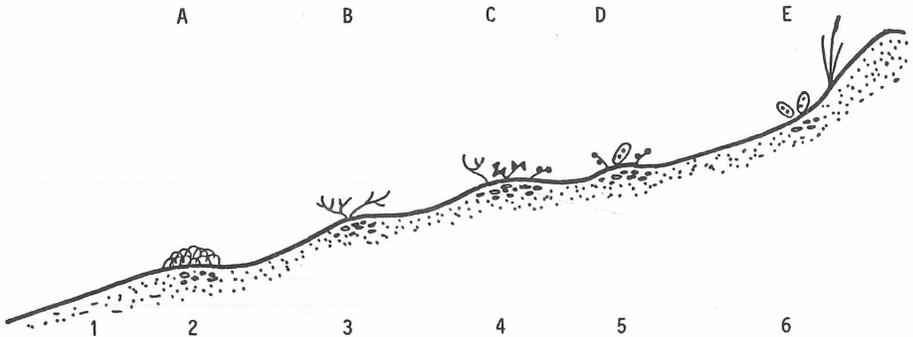
A = einzelne Therophyten (juv.)

B = *Cakiletum edentulae*  
(Initial- u. Optimalausbildung)  
Atriplex-Gesellschaftsfragmente

C = *Cakiletum edentulae* (Deg.-Ausbild.)  
Salsolietum kali  
Atriplex-Gesellschaften

D = Atriplex- u. Polygonum-Gesellschaften

E = Polygonum-Gesellschaftsfragmente



1 = vegetationsloser Vorstrand

2 = untere Flutmarke aus frischen Tangablagerungen an der MHW-Linie

3 = mittlere Flutmarke aus Tang- und Seegrasablagerungen an der SPHW-Linie (frisches u. altes organisches Material kaum von Sand überweht)

4 = oberste Flutmarke aus Seegrasablagerungen bei extremen winterlichen Sturmfluten (EHW) entstanden (verrottendes organisches Material vom Sand überweht)

5 = Eisschubmarke aus alten Tang- und Seegrasablagerungen durch Eispresungen entstanden

6 = Windmarke aus Seegrasanwehungen vor Dünen

Abb. 11: Schematische Darstellung der Vegetationszonierung von ostkanadischen Meeresspülsäumen

## Zusammenfassung

Die Küstenvegetation auf der Nordhalbkugel ist besonders am Nordatlantik trotz der großen Ausdehnung des Untersuchungsraumes nicht so verschieden, so daß man sie gleichrangig behandeln kann.

In der arktischen Zone gibt es bei den Salzrasen kaum regionale Unterschiede, denn alle Vegetationseinheiten kommen bei günstigen ökologischen Bedingungen an fast allen arktischen Strandbereichen vor. Das *Caricetum ursinae* ist die einzige Phytozönose, die an arktische Küsten gebunden ist. Eine Küstendünenvegetation mit *Elymus* (Strandroggen) ist nur im Übergangsraum zur Subarktis anzutreffen. Häufiger kommen auf arktischen Strandwällen die Hemikryptophyten *Mertensia maritima* und *Honckenya peploides* vor. In der borealen Zone sind zahlreiche Vegetationseinheiten in den Salzwiesen beiderseits des Atlantiks zu beobachten, aber es kommen auch vikariierende Phytozönosen vor. Auffallend ist die große Zahl von Assoziationen auf Neufundland, wo neben typischen Vertretern aus der borealen Zone auch Vegetationseinheiten vorkommen, die ihren Schwerpunkt in der temperaten Zone besitzen. Die Küstendünenvegetation mit *Elymus* ist bei günstigen Voraussetzungen in der borealen Zone überall gut ausgebildet und in Ost-Kanada dringt bereits eine Assoziation mit *Ammophila* (Strandhafer) vor. Eine Spülsaumvegetation kann sich wegen der Kürze der Vegetationszeit nicht in der arktischen Zone ausbilden, sondern sie existiert nur in der borealen Zone. Die Sippe *Cakile* ist an allen boreoatlantischen Stränden zu beobachten, meistens aber treten vikariierende Phytozönosen auf.

## Literatur

- BEEFTINK, W.G. (1968): Die Systematik der europäischen Salzpflanzengesellschaften. – In: TÜXEN, R. (Hrsg.): Pflanzensoziologische Systematik Ber. Int. Symp. (1964 Rinteln), S. 239–263.
- (1977): The coastal salt marshes of western and northern Europe: an ecological and phytosociological approach. – In: CHAPMAN, V.J. (ed.): Wet coastal ecosystems, Ecosystems of the world 1: 109–155.
- BRATTBAKK, J. (1979): Strandeng på Svalbard. – Hovedfagsoppgave, Universität Trondheim, 268 S.
- BOURNERIAS, M. et P. FOREST (1971): Les grands traits de la végétation des sables maritimes dans quelques stations de la cote, occidentale du Nouveau – Québec. – Coll. Phytosociologiques 1: 31–52.
- (1975): La serie de végétation des vases d'estran dans l'estuaire de la „Rivière“ Puvirnituk (Nouveau – Québec, Canada). – Coll. phytosociologiques 4: 158–170.
- ERICSON, L. and H.-G. WALLENTINUS (1979): Sea-shore vegetation around Gulf of Bothnia. – *Wahlenbergia* 5: 1–142.
- FREMSTAD, E. og R. ELVEN (1987): Enheter for vegetasjonskartlegging i Norge. – Ökoforsk utredning 1987:1, Trondheim.
- HELLFRITZ, K.-P. (1984): Charakteristische Meeresspülsaume des Nord-Atlantiks (einschl. ausgewählter Küstenbereiche des Europäischen Nordmeeres sowie der Barents-See) und des Nord-Pazifiks. – *Seevögel* (Verein Jordsand), 5: 81–91.
- MOLENAAR, J.G. de (1974): Vegetation of Angmassalik District, Southeast Greenland. I. Littoral vegetation. – *Medd. om Grönland* 198 (1): 1–79.
- NORDHAGEN, R. (1940): Studien über die maritime Vegetation Norwegens. I. Die Pflanzengesellschaften der Tangwälle. – *Bergens Mus. Årbok 1939/40, Naturv. rek.* 2: 1–123.
- OHBA, T. (1972): Übersicht über die Salzwiesengesellschaften Japans. – In: TÜXEN, R. (Hrsg.): Grundfragen und Methoden der Pflanzensoziologie. Ber. Int. Symp. (1970, Rinteln), S. 413–418.
- SASSE, E. (1987): Die Vegetation der mittelnorwegischen Meeresspülsaume. – *Münstersche Geogr. Arbeiten* 27: 161–173.
- (1988 a): Die Vegetation der Seemarschen Mittelnorwegens. – *Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg* 78:53–170.
- (1988 b): Zur Vegetation der Küstendünen Mittelnorwegens. – *Norden* 6: 13–39.
- u. D. THANNHEISER (1988): Die Pflanzengesellschaften der Küstendünen der westlichen kanadischen Arktis. – *Hamburger Geogr. Studien* 44: 193–206.
- THANNHEISER, D. (1981): Die Küstenvegetation. – *Münstersche Geogr. Arbeiten* 10: 1–203.
- (1986): Synsoziologische Untersuchungen an der Küstenvegetation. – *Naturkde., Münster* 48 (2–3): 229–242.

- (1987 a): Vergleichende ökologische Studien an der Küstenvegetation am Nordatlantik. – Berliner geogr. Studien 25: 285–299.
- (1987 a): Die Pflanzengesellschaften der isländischen Salzwiesen. – Acta Botanica Islandica 9: 35–60.
- (1987 c): Die Pflanzengesellschaften der isländischen Meeresspülsäume. – Münstersche Geogr. Arbeiten 27: 153–160.
- (1988): Die Pflanzengesellschaften der isländischen Küstendünen. – Norden 6: 1–12.
- u. K.-P. HELLFRITZ (1989): Die Vegetation der Salzwiesen auf Queen Charlotte Islands (Westkanada). – Essener Geogr. Arbeiten 17: 153–175.
- u. W. HOFMANN (1977): Pflanzengesellschaften am Meeresstrand im Kongs- und Krossfjord (West-Spitzbergen.) – Documents phytosociologiques N.S. 1: 297–303.
- u. T. WILLERS (1988): Die Pflanzengesellschaften der Salzwiesen in der westlichen kanadischen Arktis. – 44: 207–222.
- TÜXEN, R. (1950): Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der Eurosibirischen Region Europas. – Mitt. d. Flor.-soz. Arb.-gem. N.F. 2: 94–175.
- (1966): Über nitrophile *Elymus*-Gesellschaften an nordeuropäischen, nordjapanischen und nordamerikanischen Küsten. – Ann. Bot. Fenn. 3: 358–367.
- (1970): Pflanzensoziologische Beobachtungen an isländischen Dünengesellschaften. – Vegetatio 20(5/6): 251–278.
- (1975): Dauer-Pioniergesellschaften als Grenzfall der Initialgesellschaften. – In: TÜXEN, R. (Hrsg.): Sukzessionsforschung. Ber. Int. Symp. (1973 Rinteln), S. 13–30.
- WILLERS, T. (1987): Die finnische Küste mit besonderer Berücksichtigung der Vegetation der Geröll-, Block- und Felsufer. – Hamburger vegetationsgeogr. Mitt. 2: 1–78.
- (1988): Die Vegetation der Seemarschen und Salzböden an der finnischen Küste. – Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg 78: 171–355.

THANNHEISER, DIETBERT, PROF. DR.

Institut für Geographie  
Universität Hamburg  
Bundesstraße 55  
D – 2000 Hamburg

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Thannheiser Dietbert

Artikel/Article: [Die Küstenvegetation der arktischen und borealen Zone 21-42](#)