

# Stadien und Alter der Primärsukzession von Feuchtheiden in Küstendünen

Reimert Neuhaus

**Abstract:** In the vicinity of mobile dunes on Sylt (Schleswig-Holstein, FRG) 3 stages of a primary wet heath succession are described as *Agrostis stolonifera*-*Juncus articulatus*-stage (1), *Gymnocolea inflata*-*Zygogonium ericetorum*-stage (2) and *Erica tetralix*-stage (3). In the course of this succession rare species such as *Drosera rotundifolia* and *Lycopodiella inundata* are bound to the second stage. - Forest succession has not occurred for a period of 250-300 years.

Interpreting aerial photographs, the average speed of the mobile dune (windward side) can be calculated with  $6.8 \pm 1.9$  m/a. So the age of the stages can be estimated with  $5.4 \pm 14.3$  (1),  $5.9 \pm 14.0$  (2) and  $29.4 \pm 8.3$  (3) years. The difference of ages is highly significant (95% level).

The age of the second stage (5.9 years) corresponds to a large degree to the age (6 years) of a similar stage described by HUECK (1932), the *Polytrichum-Lycopodiella inundata*-Übergangsgesellschaft on the Leba-Nehrung.

## 1. Einleitung

Direkt beobachtete langjährige Entwicklungslinien sind für die Sukzessionsforschung unentbehrliche Hilfsmittel. Durch die Beobachtung von Aufbau, Zusammenbruch und Austausch von Pflanzenpopulationen über viele Jahre, lassen sich Lang- und Kurzeit-trends trennen (RABOTNOV 1974; PEET & CHRISTENSEN 1980).

Aus Ermangelung an Langzeitbeobachtungen wird dagegen in der Praxis oft ein räumliches Nebeneinander als zeitliches Nacheinander gedeutet. Noch schwieriger bzw. methodisch aufwendiger wird es, Sukzessionsstadien zeitlich zuzuordnen, da die Zeiträume, in denen sich z.B. Stadien gravierend verändern, oft genug die Lebenszeit des Beobachters überschreiten.

Mindest- und Höchstalter sowie die Dauer von Sukzessionsstadien sind aber für eine Einschätzung z.B. von Schlußgesellschaften und deren womöglich kurzlebiger Vorstufen in Ökosystemen nicht zuletzt im Hinblick auf den Naturschutz wichtig.

Auf Düneninseln oder sandigen Nehrungen der Küste existieren mit Wanderdünen die gesuchten Zeitgeber. Die primären Sukzessionsstadien, welche auf überwanderten, vegetationsfreien Flächen auftauchen, stehen in Bezug zur Wanderungsrichtung und -geschwindigkeit der jeweiligen Dünen. Dies wird im folgenden am Beispiel einer Düne des Listlandes auf der Insel Sylt (Schleswig-Holstein) dargestellt.

## 2. Methoden

### 2.1 Vegetation

Die Aufnahme der Vegetation wurde nach BRAUN-BLANQUET (1964) mit Hilfe der erweiterten Skala von REICHELT & WILMANN (1973) anhand von Transekten in der Bahn (Palwe) zweier Wanderdünen des Listlandes (Insel Sylt - Schleswig-Holstein) vorgenommen.

Die Beschreibung und Abgrenzung der Stadien 1 und 2 (s. Kapitel 3) orientiert sich an dominierenden Arten, nach denen sie ebenfalls benannt werden (s. dazu KNAPP 1974). Das dritte Stadium entspricht einem Bestand des Empetro - Ericetum sensu Westhoff (43) 47.

### 2.2 Altersbestimmung

Die mittleren Wanderungsgeschwindigkeiten der aktiven Düne (Breite ca. 1200m) ergeben sich aus dem Vergleich von Luftbildern der Jahre 1953, 1978 und 1988. Bei dreidimensionaler

Betrachtung läßt sich die luv- und leeseitige Dünenbasis ermitteln. Ihre mit den Jahren zunehmende Entfernung zu einer, in allen Luftbildern gleich gelegenen Grundlinie (etwa parallel zum Dünenfuß) wird in regelmäßigen Abständen über die ganze Länge der variierenden Dünenbasis gemessen und gemittelt. Die Lage aller Bestände der Stadien vor der Düne werden einer Vegetationskarte entnommen und entlang ihrer Umrisslinien eingemessen. Für das Stadium 3 (s. Kapitel 3) wurden nur die der Düne am nächsten liegenden Bestände verwendet. Weitere Bestände dieses Stadiums liegen auch in weiterer Entfernung zur Düne und werden bei der Altersbestimmung nicht mehr berücksichtigt. Sie zeigen nur bei Sekundärsukzessionen nach langen Überflutungsphasen weitere floristische Veränderungen. Diese Sukzessionen führen aber in der Regel wieder zu baumlosen Feuchtheiden des beschriebenen Typs. Das Maximalalter wird der Literatur entnommen (s.u.)

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Vegetation

Die bisherigen Schlußgesellschaften der Xero- und Hygroserie stellen baumlose Zwergstrauchheiden dar, die einerseits von *Calluna vulgaris* und *Empetrum nigrum* andererseits von *Erica tetralix* dominiert werden (auch Hieracio-Empetretum Libbert 40; Empetro-Ericetum sensu Westhoff (43) 47).

Die Beschreibung der Feuchtheideninitialen ergibt mit dem *Agrostis stolonifera*-*Juncus articulatus*-Stadium (1), dem *Gymnocolea inflata*-*Zygogonium ericetorum*-Stadium (2)

Tab. 1: Stetigkeiten, Abundanzspannen, Artenzahl, Anzahl der Vegetationsaufnahmen und mittleres Alter der Sukzessionsstadien.

Arten	Stadium 1	Stadium 2	Stadium 3
<i>Zygogonium ericetorum</i>	V <sup>2a-5</sup>	V <sup>2a-5</sup>	I <sup>1/2m</sup>
<i>Agrostis stolonifera</i>	V <sup>r-2m</sup>	V <sup>r-2b</sup>	-
<i>Empetrum nigrum</i>	IV <sup>r-2a</sup>	IV <sup>r-2m</sup>	III <sup>r-2m</sup>
<i>Juncus articulatus</i>	III <sup>r-2a</sup>	-	-
<i>Pohlia nutans</i>	IV <sup>2m-2a</sup>	IV <sup>r-2b</sup>	-
<i>Juncus bulbosus</i>	III <sup>r-2m</sup>	IV <sup>r-2m</sup>	-
<i>Vaccinium uliginosum</i>	I <sup>r/+</sup>	II <sup>r-2m</sup>	III <sup>r-2m</sup>
<i>Juncus squarrosus</i>	I <sup>r/+</sup>	I <sup>r/+</sup>	-
<i>Drosera rotundifolia</i>	I <sup>r-2a</sup>	III <sup>r-2a</sup>	III <sup>r-2a</sup>
<i>Erica tetralix</i>	I <sup>r/+</sup>	III <sup>r-2a</sup>	IV <sup>1-5</sup>
<i>Rumex acetosella</i>	I <sup>r/+</sup>	I <sup>1/2m</sup>	-
<i>Ranunculus flammula</i> agg.	I <sup>r/+</sup>	I <sup>r/+</sup>	-
<i>Hypochoeris radicata</i>	I <sup>r/+</sup>	I <sup>r/+</sup>	-
<i>Gymnocolea inflata</i>	-	IV <sup>1-5</sup>	III <sup>1-5</sup>
<i>Fossombronia foveolata</i>	-	III <sup>r-2a</sup>	-
<i>Drepanocladus aduncus</i>	-	I <sup>r-2a</sup>	-
<i>Carex nigra</i>	-	II <sup>r-2m</sup>	III <sup>1-3</sup>
<i>Juncus filiformis</i>	-	I <sup>2a</sup>	-
<i>Salix repens</i>	-	III <sup>r-3</sup>	III <sup>r-2a</sup>
<i>Lycopodiella inundata</i>	-	I <sup>r-2m</sup>	-
<i>Vaccinium oxycoccus</i>	-	II <sup>1/2m</sup>	III <sup>r-2a</sup>
<i>Eriophorum angustifolium</i>	-	I <sup>r/+</sup>	V <sup>1-2b</sup>
<i>Riccardia incurvata</i>	-	I <sup>1/2m</sup>	-
<i>Hypnum jutlandicum</i>	-	-	II <sup>1-2a</sup>
<i>Calluna vulgaris</i>	-	-	III <sup>1-3</sup>
<i>Cephalozia bicuspidata</i>	-	-	II <sup>r-2m</sup>
<i>Cephaloziella hampeana</i>	-	-	I <sup>1-2m</sup>
<i>Cladopodiella francisci</i>	-	-	I <sup>r-2m</sup>
<i>Carex panicea</i>	-	-	III <sup>r-3</sup>
Anzahl der Vegetationsaufnahmen	17	17	17
Artenzahl	13	22	15
mittleres Alter (a)	5,4	5,9	29,4
Standardabweichung (a)	14,3	14,0	8,3
N (Meßpunkte)	94	53	151

und dem *Erica tetralix*-Stadium (3), eine in drei Stufen abgrenzbare Sukzession der Feuchtheiden (s. Tab. 1).

In den Stadien 1 und 2 finden sich Elemente verschiedener pflanzensoziologischer Klassen/Verbände wie *Juncus bulbosus* (Littorelletea), *Lycopodiella inundata* (Rhynchosporion), *Agrostis stolonifera* (Agropyro-Rumicion) und schließlich Elemente der Feuchtheide (*Erica tetralix*, *Zygogonium ericetorum*, *Empetrum nigrum* und *Vaccinium uliginosum*), die mit geringen Abundanzen zu finden sind. Umgekehrt fehlen die dominanten/charakteristischen Arten von Stadium 1, wie *Agrostis stolonifera* und *Juncus articulatus* in Stadium 3. *Zygogonium ericetorum* findet sich in allen Stadien und nimmt mit steigendem Alter in der Abundanz ab.

Mit zunehmendem Alter der Bestände nehmen Stauden (hier *Agrostis stolonifera* und *Juncus articulatus*) zugunsten von Zwergsträuchern in der Abundanz ab (s. Tab. 2). Lebermoose sind vom zweiten Stadium an zu finden; Laubmoose treten relativ konstant auf.

### 3.2 Alter der Stadien

Das mittlere Alter der Stadien unterscheidet sich signifikant (95% Niveau), nicht dagegen die Dauer der Stadien unter Berücksichtigung der Fehlerfortpflanzung. Der zeitliche Abstand der Stadien zueinander ist ungleich, die Stadien 1 und 2 unterscheiden sich kaum; Stadium 2 und 3 zeigen einen größeren zeitlichen Abstand. Die Langlebigkeit des dritten Stadiums, der Feuchtheiden, wird durch eine nächste Wanderdünnengeneration (ca. 300 Jahre) bestimmt. Seltenerer Arten wie *Lycopodiella inundata* oder *Drosera rotundifolia* bevorzugen hier das zweite Stadium der Sukzession.

Tabelle 2 zeigt die mittleren jährlichen Wanderungsgeschwindigkeiten, die sich bei Betrachtung der gewählten Zeiträume ergeben. Mit 8,5 m/a für die Luvseite und 9,2 m/a für die Leeseite der Düne liegen die Werte des Zeitraumes von 1953-1978 deutlich über den Werten von 1978-1987 mit 2,5 m/a für die Luvseite und 1,0 m/a für die Leeseite. Der Mittelwert für 1953-1987 liegt bei 6,8 m/a respektive 7,1 m/a.

Tab. 2: Jährliche Wanderungsgeschwindigkeiten „Große Wanderdüne“ Listland-Sylt.

Zeitraum	Mw	Sx	Mw	Sx
	Luv		Lee	
1953-1978	8,5	2,1	9,2	2,1
1978-1987	2,5	7,1	1,0	5,7
1953-1987	6,8	1,9	7,1	1,6

## 4. Diskussion

### 4.1 Vegetation

Der Vergleich der Stadien mit Einheiten des pflanzensoziologischen Systems, wie den Littorelletea, dem Agropyro-Rumicion, dem Rhynchosporion und schließlich dem *Erica tetralicis* läßt auf die realen und potentiellen Entwicklungsmöglichkeiten der Standorte schließen.

In geplagten Bereichen oder in durch lange Überstauung abgestorbenen Feuchtheiden finden sich Bestände der Littorelletea als Stadien der Sekundärsukzession (NEUHAUS 1987). Bestände des Agropyro-Rumicion und des Rhynchosporion lassen sich in diesen Stadien sowie in Stadien der Sekundärsukzession feststellen. Die Feuchtheiden des *Erica tetralicis* sind in vielen Dünentälern als wald- und baumlose Schlußstadien zu finden.

WANGERIN (1921a, 1921b) beschreibt eine qualitativ fast identische Sukzession feuchter Dünentäler mit ebenfalls drei Stadien auf „primären Verhältnissen“ im Umfeld von Wanderdünen der Leba-Nehrung. Die Sukzession endet jedoch nicht mit einer *Erica*-Zwergstrauchheide, sondern, nach einer Torfakkumulation, mit Kiefern-Heide Wäldern (*Pinus silvestris*, *Salix aurita*). Eine Zwergstrauchschicht wird nicht mehr von *Erica*

*tetralix* gebildet, sondern von *Calluna vulgaris* und *Empetrum nigrum*. Bei nur schwacher Torfakkumulation entstehen anmoorige Bereiche mit schütterem, mannshohen Baumwuchs; darunter können Torfmoose auftreten. Dieser Kiefern-Heide Wald (HUECK 1932) hat nur noch 4 von 33 Arten mit den hier beschriebenen Feuchtheiden gemein. Die Diskussion, ob Küstendünen im naturnahen Zustand waldfrei sind, wurde bereits von VAN DIEREN (1934) geführt.

So konnten in der Untersuchung auf Eiderstedt, Amrum und Sylt lediglich fünf spontane Besiedelungen von *Betula* spp. in den Feuchtheiden nachgewiesen werden (NEUHAUS 1987). HEYKENA (1965) belegt ein Exemplar von *Betula pubescens* für die Insel Sylt. Einige der Pflanzen zeigen Verbiß durch Kaninchen. Somit fehlen spontan einwandernde Gehölze, die nachweislich nicht einer Anpflanzung entstammen.

Die Versuche, im 19. Jahrhundert sowie um die Jahrhundertwende Gehölze in den Dünenarealen auf Sylt einzubringen, hatten wechselnden Erfolg. Laubbäume wie Erlen, Eichen und Birken usw. hielten sich nicht (MÜLLER & FISCHER 1937). *Pinus mugo* dagegen gedeiht dort bis heute auf trockeneren Böden und in geschützten Lagen. Nach eigenen Beobachtungen findet in mehreren Beständen von *Pinus mugo* eine Selbstverjüngung statt, was für die Existenz eines Waldes über längere Zeiträume notwendig wäre. Es wird allerdings fraglich bleiben, ob sich *Pinus mugo* auch ohne Anpflanzungen angesiedelt hätte.

Auf Standorten der Feuchtheide gibt es bislang keine analogen Ansiedlungserfolge. Allein auf der benachbarten Insel Amrum breitet sich zur Zeit die aus Nordamerika eingeführte *Prunus serotina* aus. In den Dünentälern sind die Pflanzen vereinzelt zu finden und werden kaum höher als ca. 0,5 - 1m. Ist der Samendruck dieser Art wie auf Amrum durch Anpflanzungen gesteigert, so dürften zumindest mehr nachweisbare Besiedlungsversuche erfolgen.

Neben einem fehlenden Samenpotential könnte die Versorgung der Standorte mit Nährstoffen einen Baumwuchs zumindest erschweren.

WILLIS (1963) belegt eine Stickstoff-Limitierung vergleichbarer Dünentäler. Die Düngungsversuche in Calcium-reichen Dünen Englands zeigen eine Förderung von *Agrostis stolonifera* nach N-Gaben. Dies läßt bei Stadium 1 und 2 mit hohen Abundanzen dieser Art noch auf eine ausreichende N-Versorgung schließen (s. Tab. 1). Die Besiedelung durch Bäume dürfte hier durch eine noch mobile Bodenoberfläche und stark wechselnde Wasserstände verhindert werden. Nach 5-6 Jahren geht die Dominanz von *Agrostis stolonifera* zurück, die N-Vorräte sind verbraucht und/oder ausgewaschen, der pH-Wert ist von ca. 5,5 auf 3,8/4,6 gesunken. Es kann vermutet werden, daß in diesem Stadium eine N-Limitierung wirksam wird.

Bei fehlender Nachlieferung aus den Quarzsanden ist womöglich eine zusätzliche Phosphat-Limitierung zu erwarten (VITOUSEK & WALKER, 1987). Der Anteil an Feldspäten, die hier für die Nachlieferung an Phosphat verantwortlich sind, beträgt im Dünen sand ca. 15% (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1984) und ist somit sehr gering. LUX (1964) gibt für die Sande der Wanderdüne 1,1 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g Boden an.

*Carex* spp. und *Juncus* spp. besitzen teilweise geeignete Anreicherungsmechanismen oder einen niedrigen Phosphatbedarf (WILLIS 1963). Sie gedeihen im ersten und zweiten Stadium gut.

Die Sande sind zudem arm an Calcium (Ca-Gehalt < 0,5%) und gegenüber dem Eintrag von organischen Säuren (Streuzersetzung) nicht gepuffert (pH 3,8-4,6).

Aber nicht nur edaphische Faktoren wirken auf den Baumwuchs. Mit den vorherrschenden Westwinden werden salzhaltige Aerosole transportiert. Die Wirkung von salzhaltigen Aerosolen läßt sich an Bäumen in Form der Wind- oder Salzschor beobachten: Blätter oder Nadeln verbraunen durch Wasserentzug oder direkte Salzwirkung und sterben ab. In einem feuchten Film auf der Blattoberfläche reichern sich Salze an und entfalten ihre volle osmotische Wirkung (REPP 1957). Womöglich reicht die Aerosolwirkung aus, um die wenigen Blätter schlecht versorgter Jungpflanzen nachhaltig zu schädigen, sobald sie sich weit genug über die Zwergsträucher erhoben haben.

Ein Indiz für eine derartige Wirkung der Aerosole sind größere Bestandeslücken der Zwergstrauchheiden in Kuppenlage, die im Windschutz der Wanderdüne nicht auftreten.

Die Dynamik der Wanderdünen trägt zur Waldfreiheit bei. Berichte über das Vordringen von Wanderdünen datieren aus dem 15. Jahrhundert (MÜLLER & FISCHER 1937). PRIESMEIER (1970) vermutet, daß sich Wanderdünen ca. alle 300 Jahre nach Erreichen einer kritischen Größe aus strandnahen Haldendünen entwickeln. Eine durch Nutzung im 14. und 15. Jahrhundert beschleunigte Wanderdünenbildung kann nicht ausgeschlossen werden, so daß eine natürliche Zykluszeit unbekannt ist. Ein verlängerter Rhythmus erhöht theoretisch die Besiedelungschancen für Gehölze.

So bleiben die Heiden derzeit für einen Zeitraum von ca. 250 - 300 Jahren von Wanderdünen ungestört. Dieser Zeitraum reicht im Normalfall für die Etablierung von Wäldern aus (vergl. MAJOR 1974).

Faktoren, wie ausbleibender oder unwirksamer Samentransport, mangelhafte Nährstoffversorgung und Salzstreß im Bereich des oberirdischen Sprosses beeinflussen die Ansiedelung und das Aufkommen vieler Gehölze negativ.

Vor diesem Hintergrund erscheint die jetzige Waldfreiheit der Dünen als ein zumindest naturnaher Zustand. Diese Interpretation kann aber nicht endgültig abgesichert werden, da die Dynamik der Standorte noch nicht voll erfaßbar ist.

#### 4.2 Alter

Das mittlere Alter der ersten Stadien ist mit 5,4 und 5,9 Jahren geringfügig aber signifikant (95%-Niveau) voneinander verschieden.

Der Übergang benachbarter Stadien ineinander dürfte verhältnismäßig rasch erfolgen. Das mittlere Alter des dritten Stadiums liegt mit fast 30 Jahren weit über dem der ersten beiden. Das Stadium etabliert sich vergleichsweise langsam.

Mit einer gewissen räumlichen Ausdehnung eines Stadiums ergibt sich die relativ große Standardabweichung für das mittlere Alter.

Das Alter von *Erica tetralix* und *Empetrum nigrum* liegt nicht über dem des betroffenen Stadiums. Dies kann mit Jahresringzählungen gezeigt werden (DUNKER, ENGEL & NEUHAUS unveröff.).

HUECK (1932) gibt für eine *Polytrichum-Lycopodiella inundata*-Übergangsgesellschaft, die etwa Stadium 2 entspricht, ein Alter von 6 Jahren an. Diese Angabe stimmt mit den hier errechneten Werten gut überein.

HUECK (1932) belegt in längeren Beobachtungsreihen mit ca. 14, 10, 6 und 3 m/a sehr wechselhafte jährliche Wanderungsgeschwindigkeiten der Dünen. Diese Beobachtung kann auf die beiden Beobachtungszeiträume übertragen werden. Die mittleren jährlichen Wanderungsgeschwindigkeiten in den beiden berechneten Zeiträumen nehmen von 1953-1978 nach 1978-1987 um ca. 70% ab (s. Tab. 2). Eine niedrige Wanderungsgeschwindigkeit von ca. 3,8 m/a wird von PRIESMEIER (1970) für den Zeitraum 1925-1965/1966 angegeben. Dies entspricht mehr oder weniger den heutigen Verhältnissen. Die Flächen des heutigen dritten und älteste Sukzessionsstadiums sind gegen Ende des Beobachtungszeitraumes 1925-1965/1966 in einer Phase höherer Wanderungsgeschwindigkeiten entstanden (s. Tab. 2). Die Flächen von Stadium 1 und 2 wurden in einer Phase langsamerer Dünenwanderungen freigelegt.

Bei sehr niedrigen Wanderungsgeschwindigkeiten und zunehmender Übersandung bei Ostwindperioden dürfte die Sukzession zunächst verzögert, dann im ungünstigsten Fall sogar verhindert werden. Stadien der Xeroserie stellen sich ein.

#### 5. Zusammenfassung

Mit Hilfe vegetationskundlicher Methoden werden 3 Stadien der Feuchtheidensukzession vor Wanderdünen der Insel Sylt als *Agrostis stolonifera*-*Juncus articulatus*-Stadium (1), *Gymnocolea inflata*-*Zygodonium ericetorum*-Stadium (2) und *Erica tetralix*-Stadium (3) beschrieben. Alle Stadien sind seit 250-300 Jahren baumfrei. Seltener Arten wie *Lycopodiella inundata* oder *Drosera rotundifolia* werden im Verlauf der Primärsukzession nur in Stadium 2 gefunden.

Aus der durch Luftbildinterpretation gewonnenen mittleren Wanderungsgeschwindigkeit von  $6,8 \pm 1,9$  m/a läßt sich das mittlere Alter der o.a. Stadien mit  $5,4 \pm 14,3$  a (1),  $5,9 \pm 14,0$  a (2) und  $29,4 \pm 8,3$  a (3) Jahren errechnen. Das Alter des zweiten Stadiums (5,9 Jahre) entspricht weitgehend dem Alter (6 Jahre) der von HUECK (1932) beschriebenen *Polytrichum-Lycopodiella inundata*-Übergangsgesellschaft von der Leba-Nehrung.

## Danksagung

Die Mitarbeiter des Geologischen Landesamtes, des Landesamtes für Naturschutz und Landschaftspflege und der Redaktion haben mir schnell und unbürokratisch geholfen. Prof. L. Kies sei für die Bestimmung der Algen gedankt. Prof. K. Dierßen, Dr. Werner Härdtle, und Dipl. Biol. Friedrich Lütke Twenhöven haben das Manuskript mit kritischen Anmerkungen verbessert.

## Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie (3.Aufl.). Wien: 865 S.
- DIEREN, J. W. VAN (1934): Organogene Dünenbildung, eine geomorphologische Analyse der westfriesischen Insel Terschelling mit pflanzensoziologischen Methoden.- Dissertation Amsterdam, 304 S.
- HEYKENA, A. (1965): Vegetationstypen der Küstendünen an der östlichen und südlichen Nordsee.- Mitt. AG Floristik Schl. Holst. Hamburg **13**: 135 S.
- HUECK, K. (1932): Erläuterung zur vegetationskundlichen Karte der Lebanehrung (Ostpommern).- Beitr. Naturdenkmalpflege **15**(2): 99-133.
- KNAPP, R. (1974): Some principles of classification and of terminology in successions.- In: Reinhold Tüxen, Handbook of vegetation science, vegetation dynamics (VIII) The Hague: Dr. W. Junk Publishers.: 167-177
- LIBBERT, W. (1940): Die Pflanzengesellschaften der Halbinsel Darß.- Feddes Repert. **114** (Beih.): 95 S.
- LUX, H. (1964): Die biologischen Grundlagen der Strandhaferpflanzung und Silbergrasansaat im Dünenbau.- Angew. Pflanzensoz. **20**: 6-53.
- MAJOR, J. (1974): Differences in duration of successional series.- In: Reinhold Tüxen, Handbook of vegetation science, vegetation dynamics (VIII) The Hague: Dr. W. Junk Publishers.: 155-159
- MÜLLER, F. & O. FISCHER (1937): Das Wasserwesen an der Schleswig - Holsteinischen Westküste.- Teil II. Die Inseln, Band 7, Sylt: 304 S.
- NEUHAUS, R. (1987): Vegetationskundliche Untersuchungen der Feuchtheiden in Dünentälern (Nordfriesische Inseln).- Staatsexamensarbeit Univ. Kiel: 72 S.
- PEET, R.K. & N. L. CHRISTENSEN (1980): Succession: A population process.- Vegetatio **43**: 131-140.
- PRIESMEIER, K. (1970): Form und Genese der Dünen des Listlandes auf Sylt.- Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.- Holst. **40**: 11-51.
- RABOTNOV (1974): Differences between fluctuations and successions.- In: Reinhold Tüxen, Handbook of vegetation science, vegetation dynamics (VIII) The Hague: Dr. W. Junk Publishers.: 19-24.
- REHFUESS, E. (1981): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung.- Hamburg, Berlin: Parey: 192 S.
- REICHEL, G., & O. WILMANN (1973): Vegetationsgeographie. Praktische Arbeitsweisen.- Braunschweig.
- REPP, G. (1957): Die Salztoleranz der Pflanzen I. Salzhaushalt und Salzresistenz von Marschpflanzen der Nordseeküste Dänemarks in Beziehung zum Standort.- Österr. Bot. Z. **104**: 455-490.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (Eds.) (1982): Lehrbuch der Bodenkunde.- (11 Aufl.), Stuttgart: Enke: 394 S.
- VITOUSEK, P. M., & L. R. WALKER (1987): Colonisation, succession and resource availability: ecosystem-level interactions.- In: A.J. GRAY; M.J. CRAWLEY and P.J. EDWARDS (Eds.), Colonization, succession and stability, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne: Blackwell: 207-223.
- WANGERIN, W. (1921 a): Beobachtungen über die Entwicklung der Vegetation in Dünentälern I. Ber. Dtsch. Bot. Ges. **39**: 365-370.
- WANGERIN, W. (1921 b): Beobachtungen über die Entwicklung der Vegetation in Dünentälern II. Ber. Dtsch. Bot. Ges. **39**: 371-377.
- WILLIS, A. J. (1963): Branton Burrows: The effects on the vegetation of the addition of mineral nutrients to the dune soils.- J. Ecol. **51**: 353-374.

Anschrift des Verfassers:

Reimert Neuhaus, Botanisches Institut der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Abt. Vegetationskunde, Olshausenstr. 40-60, D-2300 Kiel.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Drosera](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [1990](#)

Autor(en)/Author(s): Neuhaus Reimert

Artikel/Article: [Stadien und Alter der Primärsukzession von Feuchtheiden in Küstendünen 29-34](#)