

## Die Pilzflora der Kriechweidengebüsche auf der Watteninsel Terschelling

T. W. KUYPER, E. MEKENKAMP und M. VERBEEK

Biologische Station der landwirtschaftlichen Universität,  
Kampsweg 27, 9418 PD Wijster  
Niederlande

Eingegangen am 7.12.1993

Kuyper, T. W., E. Mekenkamp & M. Verbeek (1994) – The Mycoflora associated with *Salix repens* on the Island of Terschelling. Z. Mykol. 60(1): 305–316.

**Key Words:** *Salix repens*, mycocoenology, ectomycorrhizal fungi, saprotrophic fungi, dune ecosystems, pH, moisture, nitrogen, phosphorus.

**Summary:** The mycoflora of 16 stands, in which *Salix repens* L. dominates, has been investigated during one year. In all 160 species of macromycetes have been recorded. The number of species per plot ranged from 3 to 60. A classification of the mycocoenoses yielded two groups, one in primary successional stages on base-rich sand poor in organic matter, and the other in later successional stages on acidic soils with a higher content of organic matter. Both types are subdivided in two subtypes on dry and moist soils respectively. Separate classifications of ectomycorrhizal and saprotrophic fungi yielded the same typology. Visual interpretation of an ordination, based on the total species composition, suggested the importance of pH and moisture as primary determinants of the species composition of the mycoflora. An ordination (CCA; Canonical Correspondence Analysis) of saprotrophic and ectomycorrhizal fungi separately suggested that different factors regulate the species composition of both functional groups. For saprotrophic fungi pH and moisture are the most relevant environmental factors, whereas an important role for the relative availability of nitrogen and phosphorus is suggested for ectomycorrhizal fungi.

**Zusammenfassung:** Die Pilzflora in 16 Probeflächen, in denen die Kriechweide (*Salix repens* L.) dominiert, wurde während eines Jahres untersucht. Insgesamt wurden 160 Großpilzarten angetroffen. Die Zahl der Pilzarten pro Fläche variierte von 3 bis 60. Eine Klassifikation der Mykozönosen ergab zwei Gruppen, eine in den ersten Sukzessionsstadien auf kalkreichem, humusarmem Sand, eine andere in den späteren Sukzessionsstadien auf sauren, humusreichen Böden. Beide Typen werden untereingeteilt in zwei Subtypen, der eine auf trockenem Boden (Xeroserie), der andere auf feuchtem Boden (Hygroserie). Gesonderte Klassifikationen der ektomykorrhizabildenden und saprotrophen Pilze ergaben die gleiche Einteilung. Eine visuelle Deutung der Ordination, die auf dem Gesamtartenbestand basiert, weist auf die Relevanz von Bodenazidität und -feuchte als wichtigste ökologische Faktoren hin. Eine separate Ordination der ektomykorrhizabildenden und saprotrophen Pilze mittels CCA (Canonical Correspondence Analysis) deutet darauf hin, daß verschiedene Umweltfaktoren für die beiden funktionellen Gruppen wichtig sind. Für die saprotrophen Pilze sind Bodenfeuchte und pH die wichtigsten Umweltvariablen. Eine wichtige Rolle für die relative Stickstoff- und Phosphorversorgung deutet sich bei den Ektomykorrhizapilzen an.

### Einführung

Die Kriechweide (*Salix repens* L.) ist die kleinste der westeuropäischen Weiden-Arten. Sie hat einen unterirdisch kriechenden Stamm mit liegenden oder bogig aufsteigenden Ästen und ist nur selten mehr als ein Meter hoch.

Das Verbreitungsbild zeigt, daß die Art zwar fast überall in den Niederlanden vorkommt,

aber daß der Schwerpunkt der Verbreitung in den Dünen zu finden ist (VAN DER MEIJ-DEN et al. 1989). Auch auf den deutschen Küstendünen ist die Kriechweide eine häufige Erscheinung (HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988). Taxonomisch ist die infraspezifische Gliederung der Art ziemlich unbefriedigend geklärt, und speziell der taxonomische Status breitblättriger Formen auf trockenen Dünenböden (*S. arenaria* L.; *S. repens* subsp. *argentea* [Sm.] G. & A. Camus) ist unklar. Im allgemeinen läßt sich feststellen, daß sich die Grenzen zwischen den einzelnen Infras nur dort verwischen, wo der Grundwasserstand hoch ist. Nachdem die Art sich angesiedelt hat, ist sie dem Grundwasserspiegel gegenüber eher indifferent, denn sie kann sowohl in der Xeroserie (die Sukzessionsreihe auf trockenen Böden) wie in der Hygroserie (die Sukzessionsreihe auf feuchten Böden) angetroffen werden. Auch der Bodenazidität (pH) gegenüber ist die Art verhältnismäßig indifferent, denn sie wächst sowohl auf kalkhaltigen wie auf kalkarmen Standorten. Für das Überleben der Kriechweide ist nur eine höhere Umweltdynamik notwendig, denn ohne Dynamik (stäubenden Sand in den Wanderdünen, Grundwasserschwenkungen mit periodischer Zufuhr kalkreichen Wassers, Beweidung durch Kaninchen oder Vieh) wird sie rasch von anderen Arten verdrängt (WEEDA 1985; WESTHOFF & VAN OOSTEN 1991).

Das Interesse der Mykologen an der Pilzflora der Kriechweidengebüsche begann erst vor wenigen Jahrzehnten, vielleicht unter dem Einfluß der Arbeiten FAVRES (1955, 1960). Seine Beobachtungen, daß die Zwergweiden in der alpinen Zone sehr reich an Ektomykorrhizapilzen sind, führte dazu, daß auch der Mykoflora der Kriechweidengebüsche mehr Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

KREISEL (1965) beobachtete auf dem Ostseeinsel Hiddensee 12 ektomykorrhizabildende Arten bei Kriechweide und erwähnte die Unterschiede in mykofloristischer Zusammensetzung zwischen den trockenen und feuchten Gebüsch. BAS (1967) verglich die Mykoflora der Kriechweidengebüsche in den holländischen Dünen mit den Zwergweidenvegetationen im borealen und alpinen Raum und erwähnte 18 Arten, die mit Kriechweide assoziiert sind. RUNGE (1984) untersuchte Kriechweidenvegetationen auf der Watteninsel Langeoog und notierte mehrere Mykorrhizapilze. Weitere Publikationen über die Dünenmykoflora, in den auch die Mykoflora der Kriechweidengebüsche erwähnt wird, sind HØILAND & ELVEN (1980), COURTECUISSÉ (1984, 1986), WATLING & ROTHE-ROE (1989) und ROTHEROE (1993).

Für pilzökologische Forschungen ist die Kriechweide hochinteressant. Weil sie fast immer die einzige ektotrophe Baumart in diesen Vegetationen ist, läßt sich die Wirtsspezifität der Ektomykorrhizapilze leicht untersuchen. Weil die Art eine sehr große ökologische Amplitude hat, ist die ökologische und edaphische Spezialisierung der Ektomykorrhizapilze ebenfalls gut zu untersuchen. Fundamental interessant ist, daß die Kriechweide nicht nur Ektomykorrhiza, sondern auch Vesikulär-Arbuskuläre Mykorrhiza bilden kann (HARLEY & HARLEY 1987; READ 1989). Konkurrenz zwischen den beiden Mykorrhizatypen läßt sich daher studieren, und die Frage, ob verschiedene Mykorrhizatypen eine unterschiedliche funktionelle Rolle spielen, ist mit dieser Art im Prinzip zu beantworten.

1990 hat die Biologische Station Wjster Forschungen über die Mykoflora der Kriechweidengebüsche auf der Watteninsel Terschelling begonnen. Von 1990 bis 1992 ist die Mykoflora der verschiedenen Vegetationstypen, in denen die Kriechweide dominiert, untersucht worden. Die Bodenverhältnisse wurden ebenfalls untersucht. In diesem Beitrag sollen die Ergebnisse von 1992 besprochen werden. Die mykozönologische Bearbeitung dieser Gebüsch ist noch nicht abgeschlossen, und ein Vergleich mit Kriechweidengebüsch im Inland (ARNOLDS, in Vorbereitung) hat noch nicht stattgefunden. Deshalb soll eine umfassende Übersicht erst später publiziert werden.

## Das Untersuchungsgebiet

Auf der Watteninsel Terschelling sind 16 Dauerflächen untersucht worden:

1. Lange Vallei. Eine junge Dünenniederung mit hohem Grundwasserstand und hoher Winddynamik. Die Kriechweide kommt hauptsächlich auf den höheren Teilen der Fläche vor und wird stark von Kaninchen begrast.
2. Schoenus-I. Die Winddynamik ist viel niedriger als in der Fläche 1, der Begrasungsdruck dagegen höher. Die schwarze Kopfbinse (*Schoenus nigricans* L.) hat einen hohen Deckungsgrad.
3. Schoenus-II. Diese Fläche unterscheidet sich von Schoenus-I wegen der geringeren Begrasung; deshalb wird die Kopfbinse hier viel höher.
4. Jan Thijssensduin. Eine Fläche auf feuchtem Boden, die sehr regelmäßig gemäht wird. Deshalb ist die Kriechweide im Herbst sehr niedrig (weniger als 10 cm).
5. Telefooncel Midsland. Das Gebüsch ist hier relativ hoch (mehr als 1 m) und ziemlich offen. Auf diesen offenen Stellen dominiert Landreitgras (*Calamagrostis epigeios* [L.] Roth). Auf dem feuchten Boden liegt viel Weidenholz.
6. Myrica West. In diesem Gebüsch ist Gagelstrauch (*Myrica gale* L.) kodominant. Eine dicke Streuschicht bedeckt den Boden.
7. Cranberry paal 8. In diesem Gebüsch auf feuchtem Boden ist die Großfrüchtige Moosbeere (*Vaccinium macrocarpos* Ait.) eine aus Nord-Amerika eingeschleppte Art, kodominant. Auch ist eine gut entwickelte Mooschicht vorhanden. In der Sukzession folgt diese Vegetation nach dem Schoenus-Typus, wenn der Boden stärker versauert ist.
8. Dazenplak. Ein Gebüsch auf feuchtem Boden mit Moor-Glockenheide (*Erica tetralix* L.) und Krähenbeere (*Empetrum nigrum* L.) und einer gut entwickelten Mooschicht. In der Nähe ist ein Gebüsch mit Karpatenbirke (*Betula pubescens* subsp. *carpatica* Koch).
9. Groene Strand. Ein Gebüsch auf feuchtem Boden mit viel Weidenholz. Vereinzelt kommen einige Jungpflanzen der Grauweide (*Salix cinerea* L.) vor.
10. Tafelduin. Ein Gebüsch auf trockenen Wanderdünen mit viel Strandhafer (*Ammophila arenaria* [L.] Link).
11. Hobbelduintjes. Ähnlich der Fläche 10, aber mit kleineren Individuen der Kriechweide und mit weniger Begrasung von Kaninchen.
12. Paardenwei. Eine von Pferden begraste Fläche mit unregelmäßig vorkommenden niedrigen Kriechweiden.
13. Vallei Oosterend. Eine extensiv begraste (Pferde, Ziegen) Fläche mit hoher Bedeckung von Gräsern.
14. SBB Schuur. Ein Gebüsch auf einem steilen Südhang, das extensiv begrast wird. Die Vegetation ist offener als in der Fläche 13.
15. Noordhelling West. Ein Gebüsch auf einem Nordhang mit kodominant Schwarzer Krähenbeere (*Empetrum nigrum* L.) und einer gut entwickelten Mooschicht.
16. Noordhelling Douwesplak. Eine Fläche auf einem Nordosthang, die sich von der Fläche 15 durch stärkere Begrasung durch Kaninchen unterscheidet.

Die Flächen 1–9 gehören zur Hygroserie. Die Flächen 1–3 und 5 sind in Dünenniederungen auf basischen Böden am Anfang der Sukzession. Die Flächen 4 und 6–9 sind auf sauren Boden in den späteren Sukzessionsstadien. Die Flächen 10–16 gehören zur Xeroserie. Flächen 10 und 11 liegen auf basischen Wanderdünen, die regelmäßig überweht werden. Die übrigen Flächen der Xeroserie stellen spätere Sukzessionsstadien dar, auf flachem Boden und steilen Nord- und Südhängen.

## Methoden

Die Flächen sind 500 m<sup>2</sup> groß. Die sind etwas kleiner als die der meisten mykozöologischen Arbeiten (ARNOLDS, 1992). Es war leider nicht möglich, größere homogene Flächen zu finden. Sie wurden im Herbst 1992 dreimal aufgenommen, von Anfang September bis Ende Oktober. Bei jedem Besuch wurden alle Fruchtkörper gezählt.

Bodenproben wurden Ende Oktober 1993 genommen. Jede Bodenschicht wurde separat eingesammelt. Auch wurde eine Beschreibung des Bodenprofils gefertigt. Die Bodenproben wurden analysiert auf pH, Kalkgehalt, Gehalt an organischem Stoff, Gesamtstickstoff und -Phosphor, und auf Gehalte an löslichen (d. h. für die Pflanzen verfügbaren) Mengen von Ammonium, Nitrat, sonstigen löslichen Stickstoffverbindungen, Phosphat, Kalium, Natrium und Magnesium (nach HOUBA et al. 1988). Für jede Bodenschicht

wurde die Ratio Gesamtstickstoff: Gesamtphosphor ( $N_{\text{tot}}/P_{\text{tot}}$ ), und die Ratio des für die Pflanzen verfügbaren Stickstoffs und Phosphats ( $N_1/P_1$ ) bestimmt. Diese Verhältnisse sind, im Gegensatz zu den absoluten Mengen, unabhängig vom Gehalt an organischem Stoff. Es war nicht möglich, die Feuchteverhältnisse der einzelnen Probeflächen unmittelbar zu bestimmen. Mittels Zeigerwerten für die höheren Pflanzen (ELLENBERG, 1979), die in den Vegetationsaufnahmen von 1990 (BIEMANS, 1991) erfaßt wurden, ist ein indirektes Maß der Feuchteverhältnisse gegeben. Es ist aber möglich, daß die Feuchteverhältnisse in 1992 nicht in allen Flächen mit den Verhältnissen in 1990 übereinstimmen.

Weil die ektomykorrhizabildenden und saprotrophen Pilze (hauptsächlich Streu- und Humussaprophyten, aber teilweise auch Holzsaprophyten und mistbewohnende Pilze) separat besprochen werden sollen, wurden die Bodenverhältnisse für die obersten 5 cm des Profils (für die saprotrophen Pilze) und für die durchwurzelte Zone des Profils (für die Ektomykorrhizapilze) separat berechnet. Dazu wurde in jeder Fläche mittels eines Wurzelbohrers bestimmt, in welchen Bodenschichten die Mehrheit der Wurzeln anzutreffen war. Der Wert der Bodenparameter wurde berechnet mittels des prozentualen Anteils, den jede durchwurzelte Schicht beiträgt. Die Tiefe der durchwurzelten Schicht ist bei den einzelnen Vegetationen verschieden.

Die Analyse der mykozöologischen Daten wurde mittels des Programms TWINSPAN (Two Way Indicator Species Analysis) durchgeführt. Nur Anwesenheit und Abwesenheit wurden dabei verwendet, nicht die originellen Abundanzdaten (vgl. ARNOLDS 1992). Diese Analyse wurde für alle Pilzarten und für die beiden funktionellen Gruppen separat durchgeführt. Bei der weiteren Bearbeitung der Daten wurde das Programm CANOCO (Canonical Community Ordination) verwendet. Mittels dieses Programms kann die Korrelation zwischen Pilzaufnahmen und Umweltvariablen untersucht werden. Die Aufnahmen werden mittels CA (Correspondence Analysis) entlang einer oder mehrerer Achsen abgestuft, und diese Achsen wurden danach an den wichtigsten Umweltvariablen relatiert.

Mittels einer zweiten Analysemethodik, CCA (Canonical Correspondence Analysis), wurde bestimmt, wieviel die gemessenen Bodenvariablen zur Erklärung der Variation in der Artenzusammensetzung beitragen. Um nachher festzustellen, ob die Einteilung des Achsensystems nicht auf Zufall beruht, ist ein sogenannter Permutationstest verwendet worden. Statistisch gilt die Deutung als abgesichert, wenn die Eigenwerte der ersten Achse im Permutationstest in 95 % der Fälle niedriger sind als die ursprünglichen Eigenwerte. In anderen Fällen ist die Interpretation weniger abgesichert. Eine umfassende Literaturübersicht über diese Analysemethoden findet sich bei JONGMAN et al. (1987).

## Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 160 Pilzsippen gefunden, die zu 56 Gattungen gehören. Dazu sind 51 ektomykorrhizabildende Arten, von den nur eine (*Leccinum scabrum*) nicht mit Kriechweide assoziiert ist. Die Liste der Ektomykorrhizapilze bei Kriechweide kann also stark erweitert werden.

Die Pilzarten werden in Tabelle 1 aufgezählt, zusammen mit den mykozöologischen Typen, in den sie gefunden wurden. Bei diesen Arten gibt es eine neue, bisher unbeschriebene *Pholiota*-Art. Über die *Cortinarius*-Arten soll separat berichtet werden (ARNOLDS & KUYPER 1994).

Die Artenzahlen in den einzelnen Flächen und die Fruchtkörperzahlen sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Artenzahl variiert von 3 (Fläche 1) bis 60 (Fläche 12), die Zahl der Fruchtkörper von 106 (Fläche 8) bis 4122 (Fläche 4). Artenzahl und Fruchtkörperzahl sind nicht

korreliert (Rangordnungskorrelation  $p = 0.26$ ;  $p > 0.05$ ). Die Fläche mit der niedrigsten Artenzahl ist sehr reich an Fruchtkörpern (3581), während die artenreichste Fläche nicht besonders reich an Fruchtkörpern (1474) ist. Die Ordnung der Pilzaufnahmen ist ebenfalls in Tabelle 1 dargestellt. Zwei Typen mit jeweils zwei Subtypen werden unterschieden. Differenzierend für Typus I sind *Hebeloma leucosarx* s.l., *Inocybe rimosa*, *I. dulcamara* und *Clitocybe rivulosa*. Für Subtypus IA sind *Hebeloma psammophilum*, *Inocybe serotina*, *Sepultaria arenosa*, *Psathyrella ammophila* und *Agaricus devoniensis* charakteristisch. Die Probeflächen 1, 10 und 11 gehören zu diesem Subtypus. Die Mehrheit der Fruchtkörper gehört zu den Mykorrhizapilzen, daneben findet man nur vereinzelt Streu- und Humussaprophyten. Subtypus IB ist durch die folgenden Arten charakterisiert: *Cortinarius cf. cucumisporus*, *Clitocybe agrestis*, *Leptoglossum retirugum* und *Galerina heterocystis*. Zu diesem Subtypus gehören die Probeflächen 2, 3 und 7. In diesem Subtypus treten die Ektomykorrhizapilze weitgehend zurück, während die Häufigkeit der Streu- und Humussaprophyten hoch ist (61–87 % der Fruchtkörperzahl). Typus II hat *Mycena leptocephala*, *H. sanguinolenta*, *M. filopes*, *M. epipterygia* und *Rickenella fibula* als differenzierende Arten. Von den beiden Subtypen ist Subtypus IIA durch *Mycena avenacea* (= *M. olivaceo-marginata*) charakterisiert. Zu diesem Subtypus gehören die Flächen 12–16. Auffällig ist, daß sowohl Flächen auf trockenen, grasigen Südhängen als auch solche auf feuchteren, moosreichen Nordhängen mit Krähenbeere zu diesem Subtypus gehören, obwohl die Vegetationszusammensetzung weitgehend verschieden ist (BIEMANS, 1991). Mykorrhizapilze sind in größerer Zahl anzutreffen in Fläche 16 (75 %), in den übrigen Flächen viel weniger (< 20 %). In diesen Flächen überwiegen die Fruchtkörper der Saprophyten. In Subtypus IIB sind der Saprophyt *Flammulaster carpophiloides* und die Mykorrhizapilze *Laccaria laccata*, *Clavulina cristata* s.l. (inkl. *C. rugosa* und *C. cinerea*), *Dermocybe cinnamomeolutes* (= *D. saligna*) und *D. uliginosa* anzutreffen. Die Fläche 4 hat auch gewisse Ähnlichkeiten mit dem Subtypus IB wegen des Vorkommens von *Russula atrorubens* und *Cortinarius trivialis* (= *C. fulvosquamosus*). Vielleicht wird das dadurch verursacht, daß diese Fläche regelmäßig gemäht wird und deshalb kein Aufbau einer Streuschicht stattfinden kann. In den Flächen dieses Subtypus, zu dem die Flächen 4, 5, 6, 8 und 9 gehören, überwiegen die Ektomykorrhizapilze (73–94 % der Fruchtkörperzahl), während die Saprophyten eine geringere Rolle spielen.

In allen Vegetationstypen hat die Bodenbildung noch nicht oder kaum stattgefunden, und deshalb gehören alle Bodentypen zu den Rohböden. Die Böden in der Xeroserie sind als Dünenrohböden zu klassifizieren, die in der Hygroserie als Flachrohböden. Im großen ganzen sind die vier Subtypen hinsichtlich des Bodentyps, der Feuchtezahl und der Bodenazidität (Tabelle 3) homogen. Die einzige Ausnahme bildet die Fläche 1, die nach dem Bodentypus und der Feuchtezahl zum Subtypus IB gehören würde, während die mykofloristische Zusammensetzung auf den Subtypus IA hinweist. Es handelt sich hier um eine primäre Dünenniederung, in der 1990 eine reiche, feuchteliebende Vegetation entwickelt war. 1992 war diese Fläche unter stärkerem Windeinfluß. Auf den niedrigen, stäubenden Dünen war die Kriechweide anzutreffen, und nur auf diesen etwas trockeneren Stellen, wo die Dünenbildung stattgefunden hat, wurden die Ektomykorrhizasymbionten der Kriechweide gefunden.

Die Ordination der Flächen mittels CA auf der Basis der Gesamtartenzusammensetzung gibt vier deutlich getrennte Gruppen, die diese vier Subtypen darstellen (Fig. 1). Eine ökologische Deutung dieses Ordinationsdiagramms weist darauf hin, daß die erste Achse mit dem pH, die zweite Achse mit der Bodenfeuchte korreliert ist.

Eine separate Ordination der Flächen auf der Basis von Vorkommen der Ektomykorrhiza-

pilze (ohne Fläche 13, die ohne Mykorrhizapilze ist) oder der saprotrophen Pilze (ohne die Fläche 1, die ohne Saprophyten ist), gibt ungefähr das gleiche Bild, obwohl die Trennung dieser Gruppen etwas weniger klar ist. Diese Diagramme werden hier nicht gezeigt.

Die Deutung der ersten Achse mittels Bodenazidität muß nicht notwendigerweise bedeuten, daß der pH eine unmittelbare Rolle spielt. Weil der Boden-pH hochsignifikant korreliert ist mit dem Gehalt an organischem Stoff, mit den Gesamtmengen Stickstoff und Phosphor und mit den löslichen Mengen an übrigen Pflanzennährstoffen, kann jeder andere Faktor zur Erklärung der ersten Achse herangezogen werden.

Um eine weitere Interpretation des Zusammenhanges von Boden und Mykoflora zu ermöglichen, wurde eine CCA für die ektomykorrhizabildenden und saprotrophen Pilze separat gemacht. Dazu sind 7 Bodenfaktoren verwendet worden, von denen hier fünf zu besprechen sind: Feuchte, pH, Gehalt an organischem Stoff,  $N_{tot}/P_{tot}$ ,  $N_1/P_1$ .

Für die Ektomykorrhizapilze sind die Ergebnisse in Tabelle 4 dargestellt. Die erste Achse ist am besten mit  $N_{tot}/P_{tot}$  korreliert, die zweite Achse mit  $N_1/P_1$ . Bodenazidität und -feuchte sind erst bei der dritten und vierten Achse wichtig. Der Permutationstest ist aber nicht signifikant ( $p = 0,20$ ). Für die saprotrophen Pilze sind die Ergebnisse in Tabelle 5 dargestellt. Hier ist die erste Achse mit dem pH, die zweite mit der Bodenfeuchte korreliert. Obwohl der Gehalt an organischem Stoff signifikant mit dem pH korreliert ist (Rangordnungskorrelation  $r = 0,69$ ;  $p < 0,01$ ), ist der Gehalt an organischem Stoff nicht mit der mykofloristischen Zusammensetzung korreliert. Die Korrelation mit der dritten Achse ist niedrig und deshalb als verhältnismäßig unwichtig zu betrachten. Der Permutationstest ist in diesem Fall signifikant ( $p < 0,05$ ). Diese Analysen unterstützen die Hypothese, daß das Vorkommen bzw. die Artenzusammensetzung der Saprophyten in erster Linie von pH und Bodenfeuchte bestimmt wird. Die wichtigen Umweltfaktoren für die Ektomykorrhizapilze sind weniger klar. Wahrscheinlich ist aber die relative Stickstoff- und Phosphorversorgung wichtiger als pH und Bodenfeuchte.

Obwohl der Permutationstest nicht signifikant ist, meinen wir, daß es gute ökologische Argumente gibt, um diese N/P-Ratio näher zu betrachten. Außerdem ist sie unabhängig vom Gehalt an organischem Stoff (obwohl sowohl Gesamtstickstoff als Gesamtphosphor signifikant mit diesem Gehalt korreliert sind: Rangordnungskorrelation für Stickstoff bzw. Phosphor mit organischem Stoff:  $r = 0,91$  und  $0,83$ ,  $p \ll 0,01$  in beiden Fällen). In einer hochinteressanten Arbeit hat READ (1989) darauf hingewiesen, daß Ektomykorrhiza und Vesikulär-Arbuskuläre Mykorrhiza in Dünenökosystemen eine ökologisch verschiedene Rolle spielen. Pauschal stellt er fest, daß bei Phosphorlimitation der Vegetation die VA-Mykorrhiza eine bedeutendere Rolle spielt, bei Stickstofflimitation aber die Ektomykorrhiza. Er stellt auch fest, daß sich im Laufe der Sukzession in den Dünen der limitierende Nährstoff von Phosphor nach Stickstoff verschiebt. Düngungsexperimente in Dünenökosystemen (WILLIS 1963) deuten ebenfalls an, daß in den ersten Sukzessionsstadien die Vegetation stärker auf Phosphor als auf Stickstoff reagiert, während in den späteren Stadien in den Düneniederungen die Reaktion auf Stickstoff stärker ist als die Reaktion auf Phosphor.

READ (1989) konnte ebenfalls beobachten, daß sich auch der Mykorrhizatypus bei Kriechweide, die wie mehrere Weiden- und Pappelarten sowohl Ektomykorrhiza als VA-Mykorrhiza bilden kann (FONTANA 1961, 1962; VOZZO & HACKSKAYLO 1974; LODGE 1989), ebenfalls von VA Mykorrhiza zu Ektomykorrhiza verschiebt. Beobachtungen zum Mykorrhizatypus bei Kriechweiden auf Terschelling liegen zur Zeit noch nicht vor.

Vielleicht übt auch die Wasserversorgung einen wichtigen Einfluß auf die Mykorrhizatyphen aus, wie dies auch von LODGE (1989) nachgewiesen wurde. Nach ihr sind bei amerikanischen *Salix nigra*-Hybriden auf feuchten Böden mit guter Durchlüftung die Ektomykorrhizen dominant, bei nassen Böden mit Sauerstoffmangel und auf trockenen Böden die VA-Mykorrhizen. In intermediären Umwelten können beiden Typen anwesend sein, obwohl die Zahl der doppelten Mykorrhizen auf eine starke negative Interaktion zwischen beiden Typen hinweist (LODGE & WENTWORTH 1990). Für die Kriechweide würde dieses Schema bedeuten, daß in den ersten Vegetationsstadien, in der sich die Kriechweide ansiedelt, Ektomykorrhiza dominant ist (denn die Kriechweide kann sich nur auf feuchten Böden ansiedeln), während in den späteren Stadien auf trockenen Böden die VA-Mykorrhizen dominieren. Auf feuchten Böden aber bleibt die Ektomykorrhiza dominant. Nähere Untersuchungen zur Feinwurzelverteilung, zu Mykorrhizatyphen und Blattzusammensetzung hinsichtlich Stickstoff und Phosphor sind notwendig, um diese Hypothesen zu überprüfen.

#### Dank

Für Hilfe bei den mykozöologischen Aufnahmen und den Pilzbestimmungen bedanken wir uns bei Mirjam VEERKAMP, für Hilfe bei der Computerbearbeitung der Daten bei Jacqueline BAAR und Ron de GOEDE. Eef ARNOLDS sei herzlich gedankt für seine kritischen Bemerkungen zu einer früheren Version des Manuskriptes. Dies ist Mitteilung 513 der Biologischen Station Wijster.

#### Literatur

- ARNOLDS, E. (1992) – The analysis and classification of fungal communities with special reference to macrofungi. in: W. Winterhoff (Ed.), Fungi in vegetation science, p. 7–47. Kluwer, Dordrecht.
- & T. W. KUYPER (1994) – Some rare and interesting Cortinarii associated with *Salix repens*. *Sydowia* (in Druck).
- BAS, C. (1967) – Over de mycoflora van kruipwilgvegetaties. *Coolia* 13: 50–52.
- BIEMANS, A. M. J. (1991) – Samenstelling van de vegetatie van kruipwilgstruwelen (*Salix repens* L.) in de duinen van Terschelling. Vakgroep Bosbouw, Landbouwniversiteit Wageningen.
- COURTECUISSÉ, R. (1984) – Transect mycologique dunaire sur la Côte d'Opale (France) I: Les groupements héliophiles et arbustifs de la xérosère. *Doc. mycol.* 15 (57–58): 1–115.
- (1986) – Transect mycologique dunaire sur la Côte d'Opale (France) II: Les groupements de l'hygrosère. *Doc. mycol.* 17 (66): 1–70.
- ELLENBERG, H. (1979) Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, 2e Aufl. *Scripta geobotanica* 9: 1–122.
- FAVRE, J. (1955) – Les champignons supérieurs de la zone alpine du Parc National Suisse. *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. NatParks* 5 (N. F.), 33: 1–212.
- (1960) – Catalogue descriptif des champignons supérieurs de la zone subalpine du parc National Suisse. *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. NatParks* 6 (N. F.), 42: 321–610.
- FONTANA, A. (1961) – Primo contributo allo studio delle micorrize dei pioppi in Piemonte. *Allionia* 7: 87–129.
- (1962) – Ricerche sulle micorrize del genere *Salix*. *Allionia* 8: 67–85.
- HAEUPLER, H. & P. SCHÖNFELDER (1988) – Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. Ulmer, Stuttgart.
- HARLEY, J. L. & E. L. HARLEY (1987) – A checklist of mycorrhiza in the British flora. *Hew Phytol.* 105 (Suppl.): 1–102.
- HØILAND, K. & R. ELVEN (1980) – Classification of fungal synedria in coastal sand dunes at Lista, S. Norway, by divisive information analysis. *Norw. J. Bot.* 27: 23–29.
- HOUBA, V. J. G., J. J. VAN DER ZEE, I. NOVOZAMSKY & I. WALINGA (1988) – Soil and plant analysis. Part 5: Soil analysis procedures. Agricultural University Wageningen.
- JONGMAN, R. H. G., C. J. F. TER BPAAK & O. F. R. VAN TONGEREN (1987) – Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, Wageningen.
- KREISEL, H. (1965) – Ektotrophbildende Pilze als Begleiter der Kriechweide, *Salix repens*. *Westf. Pilzbr.* 5: 135–139.

- LODGE, D. J. (1989) – The influence of soil moisture and flooding on formation of VA-endo- and ectomycorrhizae in *Populus* and *Salix*. *Plant & Soil* 117: 255–262.
- & T. R. WENTWORTH (1990) – Negative associations among VA-mycorrhizal fungi and some ectomycorrhizal fungi inhabiting the same root system. *Oikos* 57: 347–356.
- READ, D. J. (1989) – Mycorrhizas and nutrient cycling in sand dune ecosystems. *Proc. R. Soc. Edinb.* 96B: 89–110.
- ROTHEROE, H. (1993) – The macrofungi of British sand dunes. in: D. N. Pegler, L. Boddy, B. Ing & P. H. Kirk (eds), *Fungi of Europe: Investigation, recording, and conservation*, p. 121–137. Royal Botanic Gardens, Kew.
- RUNGE, A. (1984) – Höhere Pilze in Kriechweiden-Gebüsch auf Langeoog. *Beitr. Kenntn. Pilze Mitteleur.* 1: 115–118.
- VAN DER MEIJDEN, R., C. L. PLATE & E. J. WEEDA (1989) – Atlas van de Nederlandse flora 3. Minder zeldzame en algemene soorten. Onderzoekinstituut Rijksherbarium, Leiden.
- VOZZO, J. A. & E. HACKSKAYLO (1974) – Endo- and ectomycorrhizal associations in five *Populus* species. *Bull. Torrey Bot. Club* 101: 182–186.
- WATLING, R. & H. ROTHEROE (1989) – Macrofungi of sand dunes. *Proc. R. Soc. Edinb.* 96B: 111–126.
- WEEDA, E. J. (1985) – Nederlandse oecologische flora 1. IVH, Amsterdam.
- WESTHOFF, V. & M. F. VAN OOSTEN (1991) – De plantengroei van de Waddeneilanden. KNNV, Utrecht.
- WILLIS, A. J. (1963) – Braunton Burrows: the effects on the vegetation of the addition of mineral nutrients to the dune soils. *J. Ecol.* 51: 353–374.

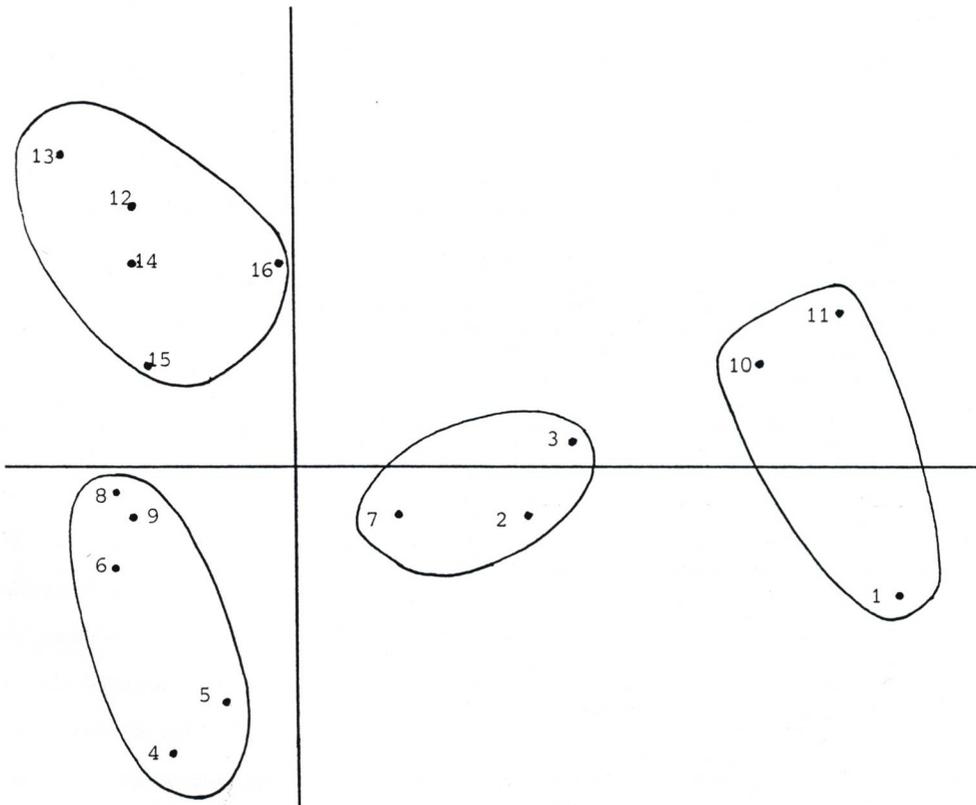


Fig. 1.: Ordinationsschema der Flächen mittels CA aus Basis von der Gesamtartenzusammensetzung. Die mykologischen Gruppen sind umkreist.

Tabelle 1. Übersicht der mykozönologischen Einheiten. Die Ektomykorrhizapilze sind fett gedrückt.

Typus	I		II	
	IA	IB	IIA	IIB
Subtypus				
Zahl der Aufnahmen	3	3	5	5
<u>Differentialarten für Typus I</u>				
<b>Hebeloma leucosarx</b> s.l.	3	3	1	2
<b>Inocybe dulcamara</b>	2	2	-	-
Clitocybe rivulosa	2	3	1	-
<b>Inocybe rimosa</b>	2	1	-	-
<u>Differentialarten für Subtypus IA</u>				
<b>Hebeloma psammophilum</b>	3	-	-	-
<b>Inocybe serotina</b>	2	-	-	-
Sepultaria arenosa	2	-	-	-
Psathyrella ammophila	2	-	-	-
Agaricus devoniensis	2	-	-	-
<u>Differentialarten für Subtypus IB</u>				
Leptoglossum retirugum	-	3	1	-
Clitocybe agrestis	-	3	1	-
Galerina heterocystis	-	3	1	2
<b>Cortinarius cf. cucumisporus</b>	-	2	-	-
<u>Differentialarten für Typus II</u>				
Mycena sanguinolenta	-	-	5	3
Mycena leptocephala	-	-	5	5
Mycena epipterygia	-	-	3	3
Rickenella fibula	-	-	4	2
Mycena filopes	-	1	3	4
<u>Differentialarten für Subtypus IIA</u>				
Mycena avenacea	-	-	4	-
<u>Differentialarten für Subtypus IIB</u>				
<b>Dermocybe cinnamomeolutea</b>	-	-	-	4
<b>Dermocybe uliginosa</b>	-	-	-	4
<b>Laccaria laccata</b>	-	1	1	5
<b>Clavulina cristata</b>	-	-	1	4
Flammulaster carpophiloides	-	-	1	4
<u>Sonstige Arten</u>				
<b>Paxillus involutus</b>	2	2	4	3
Hymenoscyphus conscriptus	2	1	2	4
Panaeolus acuminatus	1	3	2	1
Galerina autumnalis s.l.	-	1	2	3
Marasmius scorodoni	1	1	3	-
Mycena speirea	-	1	1	3
<b>Hebeloma collariatum</b>	1	1	-	1
Panaeolus fimicola	1	1	1	-
<b>Inocybe salicis</b>	-	1	-	2

<b>Russula atrorubens</b>	-	1	-	2
Clitocybe diatreta	2	-	1	-
<b>Cortinarius saturninus</b>	-	2	1	-
Mycena adscendens	-	2	-	1
<b>Inocybe agardhii</b>	-	1	-	2
<b>Inocybe vulpinella</b>	1	-	-	1
Psilocybe subcoprophila	1	-	1	-
Lycoperdon spadiceum	-	1	1	-
<b>Cortinarius trivialis</b>	-	1	-	1
Galerina vittaeformis s.l.	-	-	3	1
Meruliopsis corium	-	-	1	3
<b>Russula graveolens</b>	-	-	1	3
Galerina mniophila	-	-	2	1
<b>Cortinarius comptulus</b>	-	-	2	1
<b>Lactarius helvus</b>	-	-	1	2
Mycena vitilis	-	-	1	2
<b>Cortinarius cf pauperculus</b>	-	-	1	1
Galerina hypnorum	-	-	1	1
<b>Cortinarius cedriolens</b>	-	-	1	1
Calocybe carnea	-	-	1	1
Entoloma serrulatum	-	-	1	1
Cystoderma amianthinum	-	-	1	1
Marasmiellus languidus	-	-	1	1
Entoloma sericeum	-	-	1	1
Psilocybe inquilina	-	-	2	-
Mycena aetites	-	-	2	-
<b>Xerocomus rubellus</b>	-	-	2	-
Galerina pumila	-	-	2	-
Hygrophoropsis aurantiaca	-	-	2	-
Mycena hiemalis	-	-	2	-
Mycena metata	-	-	2	-
Mycena chlorantha	-	-	2	-
Lycoperdon perlatum	-	-	2	-
Dasyscyphus virgineus	-	-	-	2
<b>Cortinarius decoloratus</b>	-	-	-	2
<b>Hebeloma velutipes</b>	-	-	-	2
Tremella mesenterica	-	-	-	2
<b>Cortinarius fasciatus</b>	-	-	-	2
<b>Cortinarius obtusus</b>	-	-	-	2
Mycena bulbosa	-	-	-	2
Entoloma conferendum	-	-	-	2

Nur in einer Aufnahme beobachtet: Subtypus IA: *Agrocybe pedicades*, *A. pusiola*, ***Inocybe lacera*** var. ***lacera***, *Melanoleuca cinereifolia*; Subtypus IB: *Clitocybe candicans*, ***Hebeloma vaccinum***, ***Naucoria bohemica***, *Pholiota graminis*; Subtypus IIA: *Camarophyllus niveus*, *Cheilymenia stercorea*, *Clitocybe amarescens*, *Clitopilus cretatus*, *Collybia butyracea*, *C. cirrata*, *Conocybe lenticulospora*, *C. pubescens*, *C. semiglobata*, *C. siennophylla*, *Coprinus cordisporus*, *C. miser*, *C. nudiceps*, *C. patouillardii*, *C. pellucidus*, *C. plicatilis*, ***Cortinarius ammophilus***, ***C. casimiri***, ***C. privignus***, ***C. violilamellatus***, *Crinipellis scabellus*, *Cystoderma jasonis*, *Entoloma caesiocinctum*, *E. infula*, *E. lazulinum*, *E. papillatum*, *Galerina allospora*, *G. laevis*, ***Hebeloma mesophaeum***, ***H. spoliatum***, *Hygrocybe persistens*, ***Laccaria proxima***, ***Lactarius controver-***

**sus**, *Lycoperdon foetidum*, *Melanotus phillipsii*, *Mycena citrinomarginata*, *M. erubescens*, *M. galopus*, *M. oortiana*, *M. pura* var. *alba*, *Omphalina pyxidata*, *Panaeolina foenicisecii*, *Panaeolus olivaceus*, *P. retirugis*, *Pholiota skylgei* prov., *Psathyrella spadiceogrisea*, ***Russula pectinatoides***, ***R. persicina***, *Sphaerobolus stellatus*, *Stropharia luteonitens*, *S. semiglobata*, ***Thelephora terrestris***, ***Tricholoma cingulatum***, *Tubaria furfuracea*, *Xylaria hypoxylon*; Subtypus IIB: *Agrocybe paludosa*, ***Cortinarius anomalus***, ***C. eburneus***, ***C. saniosus***, ***C. striae-pilus***, *Entoloma cuniculorum*, *E. minutum*, ***Hebeloma pusillum***, *Hygrocybe phaeococcinea*, ***Inocybe lacera*** var. ***helobia***, ***Leccinum scabrum***, *Leptoglossum acerosum*, *Marasmius limosus*, *Mycena quisquiliaris*, *M. stylobates*, *M. vulgaris*, *Mycenella margaritispora*, ***Naucoria salicis***, *Piptoporus betulinus*, *Stereum hirsutum*.

Tabelle 2. Gesamtartenzahl (G), Zahl der Ektomykorrhiza-arten (ECM), Gesamtfruchtkörperzahl (F), und Fruchtkörperzahl der Ektomykorrhizapilze (FE) der einzelnen Flächen.

Aufn.	Subtypus	G	ECM	F	FE
1	IA	3	3	3581	3581
10	IA	17	7	177	131
11	IA	17	8	846	643
2	IB	17	9	1542	601
3	IB	13	6	336	60
7	IB	15	4	280	20
12	IIA	60	9	1474	88
13	IIA	15	-	179	-
14	IIA	15	1	159	1
15	IIA	37	8	433	43
16	IIA	20	11	152	114
4	IIB	23	13	4122	3627
5	IIB	25	10	1750	1645
6	IIB	17	4	280	132
8	IIB	17	8	106	35
9	IIB	43	20	816	661

Tabelle 3. Bodentypus, Feuchtezahl (nach ELLENBERG 1979), und pH (oberste 5 cm, in 0.01 mMol CaCl<sub>2</sub>) der Flächen.

Aufn.	Subtypus	Bodentypus	Feuchtezahl	Boden pH
1	IA	Flachrohb.	7.5	7.3
10	IA	Dünenrohb.	5.7	7.1
11	IA	Dünenrohb.	5.1	7.1
2	IB	Flachrohb.	7.3	6.1
3	IB	Flachrohb.	8.1	6.2
7	IB	Flachrohb.	8.2	5.1
12	IIA	Dünenrohb.	4.7	3.7
13	IIA	Dünenrohb.	4.3	4.8
14	IIA	Dünenrohb.	4.7	3.7
15	IIA	Dünenrohb.	5.1	4.0
16	IIA	Dünenrohb.	4.9	4.1
4	IIB	Flachrohb.	6.2	4.1
5	IIB	Flachrohb.	8.1	4.6
6	IIB	Flachrohb.	7.9	4.3
8	IIB	Flachrohb.	6.8	4.5
9	IIB	Flachrohb.	7.0	4.3

Tabelle 4. Korrelationskoeffizienten für 5 Bodenparameter und vier Achsen (mittels CCA-Ordination) auf Basis von Vorkommen der ektomykorrhizabildenden Pilze. Der wichtigste Faktor pro Achse ist fett hervorgehoben.

	Achse 1	Achse 2	Achse 3	Achse 4
pH	- 89	28	<b>-943</b>	196
organischer Stoff	602	- 53	53	-173
N <sub>tot</sub> /P <sub>tot</sub>	<b>793</b>	-267	- 86	-147
N <sub>1</sub> /P <sub>1</sub>	-350	<b>-722</b>	267	-195
Feuchte	-310	-228	11	<b>-811</b>

Tabelle 5. Korrelationskoeffizienten für 5 Bodenparameter und drei Achsen (mittels CCA-Ordination) auf Basis von Vorkommen der saprotrophen Pilze. Der wichtigste Faktor pro Achse ist fett hervorgehoben.

	Achse 1	Achse 2	Achse 3
pH	<b>910</b>	328	28
organischer Stoff	-474	-342	-187
N <sub>tot</sub> /P <sub>tot</sub>	-708	-197	<b>-245</b>
N <sub>1</sub> /P <sub>1</sub>	- 72	- 77	75
Feuchte	124	<b>881</b>	-168



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.  
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der **DGfM**.

[www.dgfm-ev.de](http://www.dgfm-ev.de)

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**  
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**  
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**  
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**  
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigibiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 1994

Band/Volume: [60\\_1994](#)

Autor(en)/Author(s): Kuyper Thomas W., Mekenkamp E., Verbeek M.

Artikel/Article: [Die Pilzflora der Kriechweidengebüsche auf der Watteninsel Terschelling 305-316](#)