Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

Band: 109 (1992)

Artikel: Mykosoziologie der Grauerlen- und Sanddorn-Auen ("Alnetum incanae, Hippophaëtum") am Hinterrhein (Domleschg, Graubünden, Schweiz) = Mycosociology of riverine "Alnus incana" and "Hippophaë" stand in the Upper Rhina Valley (Domleschg, Grisons, Switzerland)

Autor: Griesser, Bernard

Kapitel: 4: Diskussion

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308973

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

4. DISKUSSION

4.1. GRÖSSE DER VERSUCHSFLÄCHEN UND BEOBACHTUNGSDAUER

Während der dreijährigen Untersuchungsperiode 1986-1988 wurden in den Rhäzünser Rheinauen (Kanton Graubünden, Schweiz) drei Grauerlen-Standorte (*Alnetum incanae*, VF A-C) und ein Vergleichsstandort mit Sanddorn-Weiden-(Föhren)-Gebüsch (*Hippophao-Berberidetum*, VF D) mykosoziologisch und -ökologisch bearbeitet. Insgesamt konnten in den VF A-D 303 Grosspilz-Taxa nachgewiesen werden, welche sich wie folgt auf die unterschiedlich grossen Dauerbeobachtungsflächen verteilen (vgl. Tab. 14):

VF A (600 m^2) 179 spp.
VF B (400 m^2) 151 spp.
VF C (1000 m^2) 174 spp.
VF A-C (2000 m^2) 267 spp.
VF D (1000 m^2) 82 spp.

Die in definierten Probeflächen registrierten, mykofloristischen Daten (Artenzahlen, Fk-Abundanz etc.) weisen generell eine deutliche Beeinflussung durch Arealgrösse und Beobachtungsdauer auf (BRANDRUD 1987, BRUNNER 1987, WINTERHOFF 1984b). Diese Tatsache lässt sich auf die niedrige Fruktifikationsrate, die hohe Fk-Dispersion und die durch die Abhängigkeit von bestimmten ökologischen Nischen bedingte Seltenheit vieler Makromyceten zurückführen.
Für die Erfassung der Grosspilzflora auf Waldstandorten werden oft VF von ca. 1000 m^2 Grösse verwendet [z.B. im mitteleuropäischen *Piceetum subalpinum*: HORAK (1985), RÜCKER et al. (1990), SCHMID-HECKEL (1985); im *Galio-* und *Luzulo-Fagetum*: BIERI und LUSSI (1989); im *Alnetum incanae*: HORAK (1985)]. Ein Vergleich mit den Artenzahl-Areal-Kurven von Grünland-Untersuchungen zeigt, dass mit einer Fläche von 1000 m^2 bei mehrjähriger Beobachtung nur 50% (Dünenrasen: WINTERHOFF 1975) bis 84% (Mesobrometen: BRUNNER 1987) aller Pilzarten des Habitates registriert werden können. Diese auf Rasengesellschaften bezogenen Verhältnisse dürften nicht in gleichem Masse für Waldstandorte Geltung haben. Trotzdem wird dadurch hervorgehoben, dass für die möglichst vollständige Aufnahme der Pilzarten einer Phytozoenose VF von über 1000 m^2 Gesamtfläche oder eine längere Beobachtungsdauer notwendig sind. Die von manchen Mykosoziologen geforderten Probeflächen von 5000 m^2 Grösse (z.B. HAAS 1958a, KALAMEES 1968) ergeben jedoch einen unverhältnismässig hohen Zeitaufwand für die Feldar-

beit und die mikroskopische Aufarbeitung des Fundmaterials, wobei zusätzlich die Gefahr der Inhomogenität der untersuchten Bestände besteht.
Weitere methodische Schwierigkeiten treten durch das nur sporadische Fruktifizieren und die jährlich stark ändernde Fk-Abundanz der Grosspilze auf. In den meisten Jahren liegt bezüglich der Fk-Funde lediglich ein verarmtes Spektrum der tatsächlich vorhandenen Pilzarten-Vielfalt vor, während ein Maximalaspekt im Durchschnitt nur alle 5 Jahre zu registrieren ist (WINTERHOFF 1984b). Diese spezielle mykoökologische Problematik bedingt langfristige Beobachtungsperioden [z.B. 10-15jährige Perioden der Datenerhebung im Feld: HORAK (1985), HORAK und RÖLLIN (1988), RICEK (1981)]. Die meisten mykosoziologischen Studien basieren aber aus arbeitstechnischen und oft finanziellen Gründen auf 1-3jährigen Feldbeobachtungen.
Unter Berücksichtigung der diskutierten Aspekte kann festgehalten werden, dass die in den eigenen Untersuchungen verwendete Methodik eine repräsentative Erfassung der Gesamtpilzflora in den bearbeiteten Pflanzengesellschaften ermöglicht haben dürfte. Sporadische Kontrollen der VF-Randzonen ergaben nur eine geringe Zahl zusätzlicher, nicht in den Dauerflächen festgestellter Makromyceten-Taxa. Die annähernd parabelförmigen Summationskurven der in den Probeflächen wöchentlich neu registrierten Spezies (vgl. Fig. 11a, 11b), welche nach Abschluss der Untersuchungsperiode immer noch steigende Tendenz aufweisen, deuten jedoch darauf hin, dass bei fortgesetzter Beobachtung weitere Pilzarten zu erwarten sind. Aufgrund des Kurvenverlaufes kann spekuliert werden, dass die Artenzahl nach dem dritten Untersuchungsjahr in den Grauerlen-VF noch um 50 spp. (20%) und in der Sanddorn-Weiden-VF noch um 20 spp. (25%) zunehmen würde.

4.2. STANDORTSBEDINGUNGEN UND PILZFLORA

4.2.1. Einfluss von Bodeneigenschaften und Vegetation

Die bodenchemischen und -physikalischen Eigenschaften eines Standortes bestimmen zusammen mit der Vegetation das lokale Artenspektrum der Pilzflora.
Bodeneigenschaften und Pilzflora: Die edaphischen Faktoren haben einen direkten Einfluss auf das Auftreten der terricolen Makromyceten. Dabei muss zwischen bodenvagen Arten einerseits und Taxa mit Präferenz für spezifische Standortsbedingungen andererseits unterschieden werden. Bodenvage Pilze zeigen eine ökologisch weite Toleranz bezüglich Bodenreaktion, -feuchte und

-Nährstoffgehalt. Entsprechend sind sie in unterschiedlichsten Biotopen zu beobachten und weisen zusätzlich oft ein ausgedehntes geographisches Verbreitungsareal auf (KREISEL 1987, RICEK 1989).
Demgegenüber hängt das Vorkommen bodenspezifischer Pilzarten von definierten Bodeneigenschaften ab. Durch ihr Auftreten machen sie als Indikatoren auf diese speziellen Standortsfaktoren aufmerksam. Basierend auf langjährigen Feldbeobachtungen lassen sich analog zu den pflanzenökologischen Zeigerarten (LANDOLT 1977) deshalb auch mykoökologische Zeigerarten abgrenzen (BOHUS 1973, 1984, BOHUS und BABOS 1967, HAAS 1958b). Für die Beurteilung bodenkundlicher Kennwerte eignen sich v.a. Ektomykorrhiza-Pilze und terricole Saprobe. Die das liegende Totholz besiedelnden Lignicolen können ebenfalls auf gewisse Bodenbedingungen hinweisen, weil ihr Substrat infolge Nährstoff- und Feuchtigkeits-Diffusion eine Beeinflussung durch den Untergrund erfährt. In der Literatur sind oft unterschiedliche Angaben bezüglich der Aussagekraft mykoökologisch relevanter Pilzarten zu finden. Diese Tatsache ist u.a. dadurch zu erklären, dass viele Taxa lokale, substratspezifische Sippen ausbilden, welche morphologisch schwierig zu unterscheiden sind, aber ökologisch verschiedene Zeigereigenschaften aufweisen (Ökotypen, vgl. LANDOLT 1977).
Die untersuchten Auen-Standorte zeichnen sich durch wechselfeuchte bzw. wechseltrockene und basenreiche Böden aus (vgl. Kap. 3.1.4). Periodischer Grundwasseranstieg und sporadische Überschwemmungen bedingen einen ± hohen Nährstoffgehalt, welcher insbesondere mittels der durchschnittlichen ökologischen N-Zahl der Pflanzengesellschaften nachgewiesen werden kann (vgl. Kap. 3.1.1.2). Diesen Bodeneigenschaften entsprechend treten in der lokalen Pilzflora speziell Feuchtigkeits-, Kalk- und Nährstoffzeiger auf. Dabei sind die edaphischen Unterschiede zwischen den VF A-C (*Alnetum incanae*) und der VF D (*Hippophao-Berberidetum*) auch anhand der mykoökologischen Zeigerarten deutlich abgrenzbar, weil die VF D wegen ausgeprägter Bodentrockenheit und kleinflächiger Auswaschung von Ca-Ionen vermehrt trockenheitstolerante bzw. acidophile Pilzarten aufweist.
Die bodenkundlichen Zeigereigenschaften der nachfolgend aufgeführten Makromyceten der VF A-D (Zuweisung der VF in Klammern) wurden aufgrund der ökologischen Daten in den Publikationen von ARNOLDS (1982), BOHUS (1984), BREITENBACH und KRÄNZLIN (1991), DERBSCH und SCHMITT (1987), KREISEL (1987), RICEK (1989) und SCHMID-HECKEL (1985) beurteilt. Die mykosoziologische Interpretation der spezifischen Bodenverhältnisse im Auenbereich und der mykofloristische Vergleich mit Untersuchungen aus anderen

mitteleuropäischen Weich- und Hartholzauen (z.B. EINHELLINGER 1973, HORAK 1985, STANGL 1970) sind Gegenstand der Diskussion in Kap. 4.3 und Kap. 4.4.

Zeigerarten für feuchte bis nasse Böden: *Collybia cookei* (A, C) - *Coprinus stercoreus* (B) - *Daedaleopsis confragosa* (A-D) - *Flammulina velutipes* (A-C) - *Marasmiellus vaillantii* (B) - *Marasmius epiphyllus* (A) - *M. limosus* (B) - *Mycena acicula* (A-D) - *M. renati* (A-C) - *M. speirea* (A-D) - *Naucoria escharoides* (A-C) - *N. scolecina* (A, C) - *Paxillus filamentosus* (A-C) - *Phaeomarasmius erinaceus* (B) - *Pluteus romellii* (A-D) - *P. thomsonii* (A, B) - *Psathyrella spadiceogrisea* (A-C) - *Tremiscus helvelloides* (A, C) - *Tubaria conspersa* (B).

Zeigerarten für trockene Böden: *Agrocybe semiorbicularis* (D) - *Bovista tomentosa* (D) - *Conocybe pseudopilosella* (A, C, D) - *Lycoperdon lividum* (D) - *Schizophyllum commune* (A, D).

Zeigerarten für kalkhaltige Böden bzw. neutrale bis basische Bodenreaktion: *Bovista tomentosa* (D) - *Clitocybe candicans* (A-D) - *Conocybe pseudopilosella* (A, C, D) - *C. semiglobata* (C, D) - *Coprinus lagopus* (A-C) - *Cystolepiota sistrata* (A-D) - *Inocybe bongardii* (D) - *I. hirtella* (B, D) - *I. nitidiuscula* (A) - *Lactarius semisanguifluus* (D) - *Lepista glaucocana* (A-C) - *Leucopaxillus mirabilis* (C) - *Lycoperdon lividum* (D) - *Marasmius lupuletorum* (B) - *Micromphale brassicolens* (B) - *M. foetidum* (A, B) - *Peziza succosa* (A-C) - *Pholiotina brunnea* (A, C) - *Rhodocybe nitellina* (B) - *Suillus tridentinus* (D) - *Tremiscus helvelloides* (A, C).

Zeigerarten für saure Böden: *Hebeloma mesophaeum* (D) - *Inocybe muricellata* (D) - *Marasmius androsaceus* (D) - *Mycena epipterygia* (B) - *Panaeolus rickenii* (D) - *Pholiota lubrica* (A, C) - *Ph. spumosa* (C).

Zeigerarten für nährstoffreichere Böden: *Conocybe dumetorum* (A-C) - *C. kuehneriana* (A, C) - *C. pilosella* (C) - *Coprinus cortinatus* (A-C) - *C. lagopus* (A-C) - *C. plicatilis* (B, C) - *Cystolepiota sistrata* (A-D) - *Entoloma clandestinum* (A-D) - *Humaria hemisphaerica* (B) - *Marasmius rotula* (A) - *Mycena vitilis* (A, B) - *Naucoria escharoides* (A-C) - *N. scolecina* (A, C) - *Omphalina griseopallida* (C) - *Pholiotina aporos* (A-C) - *Ph. arrhenii* (B-D) - *Ph. filaris* (C) - *Ph. mairei* (A-C) - *Ph. striaepes* (C) - *Psathyrella conopilus* (A, B) - *P. gracilis* (A, C) - *P. marcescibilis* (A-C) - *P. spadiceogrisea* (A-C) - *Tremiscus helvelloides* (A, C) - *Volvariella murinella* (A).

Zeigerarten für stickstoffreiche Böden [oft an (sub)ruderalen Standorten]: *Agrocybe praecox* (B) - *Conocybe rickeniana* (A, C) - *C. semiglobata* (C, D) - *C. sienophylla* (C, D) - *C. subovalis* (C) - *Coprinus atramentarius* (A-C) - *C. disseminatus* (A-C) - *Entoloma pleopodium* (A, C) - *Hebeloma mesophaeum* (D) - *Lepiota cristata* (C) - *Melanophyllum echinatum* (C) - *Pholiotina brunnea* (A, C) - *Psathyrella prona* (A-C) - *Stropharia caerulea* (A-C).

Vegetation und Pilzflora: Die Mykozoenosen stehen in enger Beziehung zu den Phytozoenosen, indem Standort sowie Zusammensetzung und Struktur der Pflanzengesellschaften die Makromycetenflora beeinflussen (ARNOLDS 1981, 1982, BOHUS und BABOS 1960, BON und GEHU 1973, CARBIENER et al.

1975, DARIMONT 1973, HAAS 1933, WATLING 1981). Das Auftreten obligater Ektomykorrhiza-Symbionten hängt vom Vorhandensein ihrer Wirtsbäume ab (HARLEY und SMITH 1983, TRAPPE 1962). Die Diversität des organischen Substrates (stehendes und liegendes Totholz, Streu, Humus) bestimmt die quantitative und qualitative Vielfalt an saproben Pilztaxa.
Neben dem Artenspektrum kommt auch dem Bestandesalter der Phytozoenosen eine wesentliche Bedeutung zu. Mit fortschreitender Entwicklung einer Pflanzengesellschaft lässt sich eine Sukzession in der Zusammensetzung der Pilzflora beobachten, welche eine Abfolge von Pionierstadium und nachfolgender Phasen des Bestandesalters umfasst. Der Einfluss des Baumalters auf Artenzahl und Fk-Produktivität der Grosspilze ist durch die Untersuchungen von FORD et al. (1980, für Birke), RICEK (1981, für Fichte) und RÜCKER et al. (1990, für Fichte) belegt.
An Erlen-Standorten erfahren die vegetativen Myzelien der terricolen Makromyceten eine zusätzliche Beeinflussung durch die Luftstickstoff fixierenden Wurzelknöllchen-Bakterien von *Alnus* (ACKERMANS et al. 1984). Die *Frankia*-Symbiose bewirkt eine Nährstoffanreicherung im Boden, wobei stickstoffreiche Verbindungen durch Wurzelexudate und Abbau der Erlenstreu freigesetzt werden (HUSS-DANELL 1986a, 1986b). Dadurch dürfte das Vorkommen nitrophiler bzw. nitrotoleranter Pilzarten wesentlich begünstigt werden.
Pflanzengesellschaften und deren Biotope lassen sich aufgrund mykosoziologischer und -ökologischer Kriterien gut charakterisieren. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Zahl der gesellschaftsvagen Pilzarten meistens bedeutend höher liegt als diejenige der Charakterarten (DÖRFELT 1981, RÜCKER et al. 1990). Dementsprechend ergeben sich oft Schwierigkeiten bei der Bezeichnung von Grosspilz-Kennarten für pflanzensoziologische Einheiten niederer Rangstufe (z.B. der Assoziation). Die Definition spezieller Pilzgesellschaften (vgl. z.B. BON und VAN HALUWYN 1981, RICEK 1981) erweist sich wegen der kleinflächigen Heterogenität von Phytozoenosen und der dadurch bedingten Mannigfaltigkeit an substratspezifischen Mikrohabitaten als problematisch (ARNOLDS 1988b).
Die Zahl der mykosoziologischen Publikationen ist im Vergleich zur umfassenden pflanzensoziologischen Literatur wenig umfangreich. Insbesondere methodische Schwierigkeiten sind dafür verantwortlich, dass mykologische Aspekte trotz ihrer ökologisch signifikanten Aussagekraft in vegetationskundlichen Aufnahmen selten Berücksichtigung finden. Als hauptsächliche Gründe lassen sich langfristige Feldbeobachtungen, zeitintensive Aufarbeitung und

Bestimmung der Pilztaxa und nicht zuletzt die oft fehlende Spezialliteratur anführen (SCHMID-HECKEL 1985, WINTERHOFF 1984b).

4.2.2. Einfluss von Witterung und Hochwasser

Die Wetterfaktoren und der durch die Wasserstandsschwankungen des Flusses bedingte Wechsel zwischen Grundwasseranstieg, Überschwemmung und Bodentrockenheit wirken auf die Periodizität und die Fk-Produktivität der Grosspilze im flussbegleitenden Grauerlenwald ein.

Witterung und Pilzfruktifikation: In den untersuchten Auenwald-Standorten wurde festgestellt, dass saisonale Bestandes-NS (= NS im offenen Gelände minus Interzeption) und Minimum-T auf der Bodenoberfläche diejenigen mikroklimatischen Parameter sind, welche die Pilzfruktifikation direkt und nachhaltig beeinflussen (vgl. Kap. 3.3.3). Speziell die in den Monaten Mai und Juni sowie August bis Oktober registrierbaren Regenmengen sind für die Fk-Abundanz der Makromyceten quantitativ entscheidend. Im Hochsommer bewirken hohe Mittel- und Maximum-T trotz gewitteriger NS einen Produktivitäts-Rückgang oder -Unterbruch (Sommerdepression), weil erhöhte Verdunstung und gesteigerte pflanzliche Transpiration eine Stresssituation bezüglich der Wasserversorgung im Oberboden hervorrufen.

NS-Spitzen induzieren oft Fk-Maxima, wobei phänologisch eine ± deutliche zeitliche Verzögerung zu beobachten ist (AGERER 1985, AGERER und KOTTKE 1981). Diese Reaktionszeit, welche u.a. von der Ökophysiologie der einzelnen Pilzarten und von der gattungs- und artspezifisch variierenden Entwicklungsdauer der Fk-Primordien abhängt, beträgt im untersuchten Grauerlenwald 2-7 Wochen für Ektomykorrhiza-Symbionten, 1-3 Wochen für Lignicole und meistens nur wenige Tage für terricole Saprobe. Trockenperioden von mehr als drei Wochen Dauer führen zu einem raschen Rückgang der Fk-Produktion. Dabei kommt dem unterschiedlichen Wasserspeicher-Vermögen der Substrate (Holz >> Streu > Sandboden) eine wesentliche Bedeutung zu. Der NS-arme Herbst 1986 hat zudem gezeigt, dass langfristige Trockenperioden möglicherweise auch (?) eine nachhaltige Schädigung der Fk-Primordien bedingen.

Die Pilzsaison wird durch Früh- und Spätfröste jahreszeitlich begrenzt. Steigende Minimum-T zu Beginn der Vegetationsperiode induzieren, oft in Verbindung mit erhöhten NS-Mengen, die Fk-Produktion zahlreicher Grosspilze. Im Frühlings- und Frühsommeraspekt des *Alnetum incanae* liegt die wöchentliche Minimum-T vor den Erstfunden durchschnittlich bei 2.5-6°C für

Ektomykorrhiza-bildende, bei 0-6°C für lignicole und bei 4-9.5°C für terricol-saprobe Taxa. Der T-Verlauf in der ersten Jahreshälfte und die Wärmesummen zu Jahresbeginn beeinflussen speziell das zeitliche Auftreten der Produktivitäts-Maxima von Ektomykorrhiza-Symbionten (AGERER 1985).
Rasch sinkende Minimum-T bzw. erste Nachtfröste führen im Oktober und November bei fast allen Pilzarten zu einem ± abrupten Ende der Fk-Periodizität (RÜCKER et al. 1990). Eine erhöhte, herbstliche Fk-Produktivität ist im Grauerlenwald nur noch bei kurzfristigen Vorausgangs-Minimum-T bis -1°C festzustellen. Das nach dreijähriger Feldarbeit vorliegende Pilzartenspektrum verdeutlicht, dass der frostinduzierten Fk-Bildung im Untersuchungsgebiet mykoökologisch keine relevante Bedeutung zukommt (Ausnahme: *Flammulina velutipes*, einziger agaricaler Grosspilz der VF A-C mit froststimulierter Fruktifikation; vgl. aber BRUNNER 1987, FADERL und MOSER 1988).
Die nachfolgend aufgeführten meteorologischen Parameter sind in den eigenen Untersuchungen unberücksichtigt geblieben. In der Literatur wird jedoch auf die mykoökologische Bedeutung dieser Klimafaktoren hingewiesen, welche die Pilzfruktifikation (Primordienbildung, Fk-Wachstum, Sporulation) möglicherweise bzw. erwiesenermassen auch massgeblich beeinflussen: Wind (HORAK 1963, MOSER 1965), Luftfeuchtigkeit (AGERER 1985, HAARD und KRAMER 1970, KÄLIN und AYER 1983), Tagesmittel-T (AGERER 1985), Sonnenscheindauer (AYER 1990).

Hochwasser und Pilzfruktifikation: In der Fluss-Aue stellen periodischer Grundwasseranstieg und Überschwemmungen charakteristische, dominante, dynamische Standortsfaktoren dar, weil sie dem Auenboden Nährstoffe zuführen und durch Erosion bzw. Sedimentation neue Initialstadien für die Entwicklung in Richtung Klimax schaffen (ELLENBERG 1986, MOOR 1958).
Während der Beobachtungsperiode 1986-1988 bewirkte die maximale Hochwasserführung des Hinterrheins sowohl im Juli 1987 (30jähriges Spitzenhochwasser) als auch im August 1988 (100jähriges Spitzenhochwasser) eine ± vollständige Einsandung der VF A-C (*Alnetum incanae*). Als auffälligste Folge wurde die Fk-Produktion fast aller terricolen Makromyceten sofort unterbrochen (vgl. Kap. 3.3.1.2). Die Fruktifikation setzte bereits wenige Wochen nach den Überschwemmungen wieder verstärkt ein, jedoch konnte eine deutliche Förderung bzw. Hemmung einzelner Pilztaxa beobachtet werden. Dabei dürfte die Stimulierung bzw. Schwächung vegetativer Myzelien im Oberboden kleinflächig zu veränderten interspezifischen Konkurrenzverhältnissen geführt haben. Nach der mehrmaligen, hochwasserbedingten Abla-

gerung von Flusssedimenten im untersuchten Grauerlenwald wiesen speziell terricol-saprobe Pilzarten auf nacktem Sandboden (v.a. *Conocybe, Coprinus, Pholiotina, Psathyrella* spp.) und Ektomykorrhiza-Symbionten (v.a. *Naucoria* spp.) eine erhöhte Fk-Abundanz auf, während für Streu abbauende Pilze (v.a. *Clitocybe, Lepiota, Melanoleuca, Pholiota* spp.) z.T. ein nachhaltiger Produktionsrückgang zu registrieren war.
Im Gegensatz dazu standen Oberboden und Pilzflora der VF D (*Hippophao-Berberidetum*) wegen der Terrassenlage des Standortes nicht unter direktem Einfluss der Hochwasser, so dass keine Unterbrechung der Vegetationsentwicklung stattfand.
Tab. 20 gibt einen Überblick über diejenigen Makromyceten des *Alnetum incanae*, für welche eine hochwasserbedingte, positive oder negative Reaktion

Tab. 20. Pilzarten des Grauerlenwaldes mit stimulierter (+) bzw. gehemmter (-) Fruktifikation nach hochwasserbedingter Einsandung (Juli 1987, August 1988) der untersuchten Auenstandorte; die jährlichen, total in den VF A-C (2000 m^2) produzierten Fk-Mengen sind für die Periode 1986-1988 angegeben.
Selection of fungal species whose fructification was either stimulated (+) or inhibited (-) after flooding (July 1987, August 1988) of the investigated plots in Alnus incana forest; the total number of yearly produced fruitbodies on research sites A-C (2000 m^2) is listed for the period 1986-1988.

Pilzarten +	86	87	88	Pilzarten -	86	87	88
Conocybe mesospora	0	12	16	*Clitocybe alnetorum*	124	26	0
C. pseudopilosella	1	12	18	*C. candicans*	4632	745	12
C. rickeniana	0	2	33	*C. pseudoobbata*	96	32	0
C. subovalis	1	6	11	*Crucibulum laeve*	500	300	11
Coprinus cortinatus	1	35	127	*Cyathus striatus*	300	64	13
C. domesticus	279	1475	1885	*Cystolepiota sistrata*	466	378	91
C. kuehneri	0	5	107	*Entoloma clandestinum*	24	3	1
C. lagopus	0	2	13	*Lepiota cristata*	220	0	1
C. leiocephalus	12	36	71	*L.* aff. *lilacea*	134	20	1
Cyathus olla	1	11	27	*Macrotyphula fistulosa*	43	25	3
Entoloma sp. Nr. 17838	3	7	19	*Melanoleuca brevipes*	89	5	0
Flammulina velutipes	0	52	80	*M.* aff. *paedida*	30	7	5
Inocybe ochracea	1	7	12	*Pholiota decussata*	24	1	2
Naucoria escharoides	3	367	199	*Ph. lubrica*	19	9	3
N. luteolofibrillosa	107	824	1491	*Psathyrella immaculata*	143	43	4
Pholiotina aporos	0	1	93	*Rhodocybe ardosiaca*	114	26	7
Ph. mairei	4	187	42	*Tremiscus helvelloides*	21	17	6
Pluteus cinereofuscus	18	354	171				
Psathyrella conopilus	29	90	161				
P. prona	8	25	33				
P. spadiceogrisea	16	72	176				
Tarzetta cupularis	3	271	1473				
Typhula aff. *variabilis*	0	4	17				

bezüglich ihrer Fruktifikation vermutet wird. Bei der Durchsicht der Artenliste ist zu berücksichtigen, dass sich die mykosoziologisch-ökologischen Folgen der Überschwemmungen aufgrund der Komplexität der Standortsfaktoren und der zeitlich relativ kurzen Beobachtungsperiode vor und nach den Hochwasser-Ereignissen nur spekulativ beurteilen lassen. In der Literatur fehlen vergleichbare Untersuchungen über den Einfluss überschwemmungsbedingter Zyklen auf die Mykoflora der flussbegleitenden Auenwälder.

4.3. MYKOSOZIOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG DER MITTELEUROPÄISCHEN GRAUERLEN-AUENWÄLDER (*Alnetum incanae*)

Eigene Untersuchungen: Von 1986-1988 wurden in den Grauerlen-Auenstandorten (VF A-C, 2000 m^2, 78 Begehungen) 267 Grosspilztaxa registriert. Die Artenzahl der Makromyceten, welche bei fortgesetzter Beobachtungsdauer und spezieller Berücksichtigung der *Corticiaceae,* Discomycetes und Sphaeriales (vgl. GRAUWINKEL 1987, HORAK und BAICI 1990, LUCCHINI et al. 1990) weiter ansteigen würde, liegt fast doppelt so hoch wie diejenige der Phanerogamen im selben Areal. Bezüglich der Ökologie dominieren die lignicolen Pilze mit 51% aller festgestellten Taxa, während die Ektomykorrhiza-Pilze mit 5% Artenanteil proportional untervertreten sind. Daraus ergibt sich ein Verhältnis der Artenzahlen von Ektomykorrhiza-Symbionten zu Saproben von 0.07. Dieser Wert ist im Vergleich zu Buchen-Eichen-Wäldern (0.5-1.3: AGERER und KOTTKE 1981, KOST und HAAS 1989) oder Fichtenwäldern (0.7-1.7: RÜCKER et al. 1990, SCHMID-HECKEL 1985) auffallend niedrig.

Allgemeine mykoökologische Aspekte: Die eigenen Resultate weisen eine gute Übereinstimmung mit den Untersuchungen aus anderen mittel- und osteuropäischen Auenwäldern auf (Tab. 21), wobei sich einige allgemeine, charakteristische Kriterien in bezug auf die Mykoflora des *Alnetum incanae* hervorheben lassen:

1) **Ausgeprägter Frühlingsaspekt:** Nach den letzten Spätfrösten ermöglichen steigende Minimum-T die Entwicklung eines produktiven, frühsaisonalen Pilzaspektes (EINHELLINGER 1973, STANGL 1970). Typische vernale Makromyceten des Grauerlenwaldes sind z.B. *Coprinus domesticus, Pholiotina aporos* und *Psathyrella spadiceogrisea* sowie die Discomyceten *Mitrophora semilibera, Morchella esculenta, Ptychoverpa bohemica* und *Verpa digitaliformis*. Die gesteigerte Fk-Abundanz während des Frühlingsaspektes er-

Tab. 21. Vergleich der Mykoflora der VF A-C (*Alnetum incanae*) und der VF D (*Hippophao-Berberidetum*) mit mykosoziologischen Untersuchungen aus mittel- und osteuropäischen Weich- und Hartholzauen sowie aus Laub- und Nadelwäldern ausserhalb des Auenbereiches unter spezieller Berücksichtigung der Basidiomycetes ohne *Corticiaceae* s.l.
The fungus flora at research sites A-D in comparison to published mycosociological data from other Central and East European riverine forests and from ecologically comparable deciduous and coniferous forests; in the list, only taxa of Basidiomycetes (without Corticiaceae s.l.) are considered.
Myk. = Ektomykorrhiza-Symbionten - *ectomycorrhizal symbionts*, Lig. = Lignicole - *lignicolous fungi*, Sap. = übrige Saprobe - *other saprobic fungi*; Ektomykorrhiza-Gattungen - *ectomycorrhizal genera*: Cort. = *Cortinarius*, Inoc. = *Inocybe*, Lact. = *Lactarius*, Nauc. = *Naucoria*, Russ. = *Russula*, Trich. = *Tricholoma*.

Waldgesellschaften	Land, Literatur	Areal [m²]	ΣArten	Myk. [%]	Lig. [%]	Sap. [%]	Artenzahlen Myk.						
							Σ_{total}	Cort.	Inoc.	Lact.	Nauc.	Russ.	Trich.
Auenwälder													
Alnetum incanae	Schweiz, VF A-C	2000	216	6	48	46	14	1	8	0	4	0	0
	Schweiz, HORAK 1985	1000	139	11	27	62	15	4	4	1	3	0	0
	Deutschl., EINHELLINGER 1973	-	115	16	55	29	18	2	8	1	5	0	0
	Deutschl., STANGL 1970	-	89	21	43	36	19	3	6	0	4	0	0
	Polen, BUJAKIEWICZ 1981	700	72	19	38	43	14	4	1	2	4	1	0
Ulmo-Fraxinetum	Deutschl., EINHELLINGER 1973	-	137	21	48	31	29	0	21	0	0	3	1
	Deutschl., KOST und HAAS 1989	-	101	12	50	38	12	0	11	0	0	0	0
	Deutschl., STANGL 1970	-	81	10	44	46	8	0	6	0	0	0	0
Hippophao-Berberidetum	Schweiz, VF D	1000	78	24	24	52	19	3	9	2	0	0	1
Laubwälder (exkl. Auen)													
Fago-Quercetum	Deutschl.,AGERER und KOTTKE 1981	1200	97	56	15	29	54	3	12	8	0	20	2
	Deutschl., KOST und HAAS 1989	-	96	35	35	30	34	0	4	4	0	12	3
Querco-Carpinetum	Deutschl., KOST und HAAS 1989	-	224	48	26	26	108	9	14	16	0	42	5
Nadelwälder (exkl.Auen)													
Piceetum subalpinum	Schweiz, HORAK 1985	1000	306	46	19	35	139	46	21	5	0	15	13
	Deutschl., SCHMID-HECKEL 1985	900	125	40	20	40	50	9	13	6	0	5	2
	Österreich, RÜCKER et al. 1990	1000	91	63	9	28	57	7	9	8	0	17	1
Pinetum silvestris	Schweiz, HORAK 1985	1000	55	55	14	31	30	4	6	1	0	6	3

fährt nach Mitte Juni einen starken Rückgang infolge hochsommerlicher T und Trockenheit. Die Sommerdepression wird mit dem Absinken der Maximum-T gegen Ende August allmählich überwunden und geht anschliessend in den herbstlichen Jahres-Hauptaspekt über.

2) **Hohe Fk-Dispersion:** Fk-Massenvorkommen lassen sich in Auenwäldern nur für wenige Grosspilzarten nachweisen (BUCH und KREISEL 1957, CARBIENER 1981). Die geringe Fk-Dichte der meisten terricolen Taxa dürfte auf die üppig entwickelte, fast vollständig geschlossene Krautschicht (BUJAKIEWICZ 1989) und die periodische, hochwasserbedingte Einsandung der Bodenoberfläche zurückzuführen sein. In den untersuchten Grauerlen-VF (2000 m^2) wurde eine Produktivität von mehr als 1000 Fk/Jahr lediglich für die saproben *Clitocybe candicans, Coprinus disseminatus, C. domesticus* und *Tubaria conspersa* sowie für die Ektomykorrhiza-bildende *Naucoria luteolofibrillosa* festgestellt.

3) **Artenreichtum an Lignicolen:** Auen zeichnen sich durch eine grosse Menge an liegendem und stehendem Totholz aus, welches sich in verschiedenen Stadien des mikrobiellen Abbaus befindet. Der mykofloristische Vergleich mit Wäldern ausserhalb des Auenbereiches (Tab. 21) zeigt, dass in Weich- und Hartholzauen aufgrund dieses speziellen Substratangebotes ein maximaler Artenreichtum an lignicolen Taxa vorliegt (CARBIENER 1981, KNOCH und BURCKHARDT 1974). Zu den aktiven Holzdestruenten der Grauerlenwälder gehören v.a. Vertreter der agaricalen Gattungen *Coprinus, Crepidotus, Mycena* und *Psathyrella* sowie der aphyllophoralen Gattungen *Daedaleopsis, Phellinus, Polyporus* und *Trametes*. Charakteristisch für das *Alnetum incanae* des Alpengebietes ist das bei Spitzenhochwasser eingeschwemmte Nadelholz von *Larix, Picea* und *Pinus*, welches das Vorkommen zahlreicher Makromyceten der montanen und subalpinen Nadelwaldzone in den Auen ermöglicht. Zu diesen standortsfremden Pilzen zählen z.B. *Galerina marginata, Gymnopilus hybridus, Pholiota* spp. und *Xeromphalina campanella*. Die Nadelholz abbauende *Fomitopsis pinicola* geht im flussbegleitenden Auenwald oft auf Holz von *Alnus incana* über.

4) **Vielfalt an terricolen Saproben:** Die artenreiche Gruppe der terricolsaproben Makromyceten auf Humus, Laub und krautigem Detritus umfasst hauptsächlich Taxa mit fragilen, ephemeren Fk, welche auf ein humides Mikroklima hinweisen (BUJAKIEWICZ 1989, CARBIENER 1981). Die produktivsten Streuepilze des Grauerlenwaldes sind den Gattungen *Clitocybe, Conocybe, Cystolepiota, Marasmius, Mycena* und *Pholiotina* zuzuordnen. Basen- und Nährstoffreichtum der Auenböden fördern speziell das Vorkommen von basi-

philen und nitrotoleranten bodenbewohnenden Saproben (vgl. Kap. 4.2.1). Die Ablagerungen von organischem Schwemmaterial während Hochwasserperioden bewirken eine zusätzliche lokale Eutrophierung und bieten Pilzarten semiruderaler Standorte einen Lebensraum im Auenbereich.

5) **Artenarmut an Ektomykorrhiza-Pilzen:** Ein mykofloristisch charakteristisches Element von Auenwäldern ist in der geringen Zahl der Ektomykorrhiza-Symbionten zu sehen (BUCH und KREISEL 1957, CARBIENER 1981, CARBIENER et al. 1975, EINHELLINGER 1973, KOST und HAAS 1989). Tab. 21 zeigt, dass der Anteil Ektomykorrhiza-bildender Pilzarten in mitteleuropäischen Weich- und Hartholzauen nur 10-20% des Gesamtartenbestandes erreicht, während er in Laub- und Nadelwäldern ausserhalb der Auenkomplexe auf 40-60% ansteigt. Die Ektomykorrhiza-Pilzflora des *Alnetum incanae* wird von *Naucoria escharoides, N. luteolofibrillosa* und *Paxillus filamentosus* geprägt. Diese Symbionten sind obligat mit (Grau-)Erle vergesellschaftet und an die speziellen edaphischen Verhältnisse adaptiert. Die aufgrund der periodischen Überschwemmungen oft gestörte Standortsentwicklung fördert das Auftreten zahlreicher, ein unspezifisches Wirtsspektrum aufweisender *Inocybe*-Arten. Im Gegensatz dazu steht das fast vollständige Fehlen der wichtigen Ektomykorrhiza-Gattungen *Amanita, Boletus, Cortinarius, Hygrophorus, Lactarius, Russula* und *Tricholoma*. Auffallend ist, dass neben *Alnus* auch andere potentielle Ektomykorrhiza-Wirtsbäume wie *Betula, Populus, Quercus* und *Salix* (HARLEY und SMITH 1983, TRAPPE 1962) in den Auenwäldern nur wenige oder keine fruktifizierenden Pilzpartner besitzen. Die Artenarmut bezüglich der Ektomykorrhiza-Taxa lässt sich auf folgende standortstypische Faktoren zurückführen:

5.1) **Hohes Nährstoff-(v.a. Stickstoff-)Angebot:** Grundwasseranstieg, Überschwemmungen und Fixierung von Luftstickstoff in den Wurzelknöllchen der Grauerle (*Frankia*-Symbiose) führen zu einer optimalen Nährstoffversorgung der Vegetation im *Alnetum incanae*. Nach BJÖRKMAN (1941, 1949) bewirkt jedoch eine hohe Stickstoff-Konzentration im Boden (möglicherweise bei gleichzeitig ungünstigem Verhältnis von Stickstoff zu Phosphat) eine Reduktion der Ektomykorrhiza-Frequenz. Untersuchungen über den Einfluss von Stickstoff-Düngung auf die Mykoflora verschiedener Waldgesellschaften haben ergeben, dass Artenzahl und Fk-Produktivität der obligaten Ektomykorrhiza-Symbionten sofort und nachhaltig abnehmen (DÖRFELT und KREISEL 1977, HORAK und RÖLLIN 1988, KUYPER 1989, MENGE und GRAND 1978). Auch die durch Luftverschmutzung verursachte, passive Eutrophierung der Waldböden (KUHN 1990) muss für den regionalen Rückgang der Ektomykor-

rhiza-Pilzflora verantwortlich gemacht werden (ARNOLDS 1988a, GULDEN und HØILAND 1985, SCHWÖBEL 1987).

5.2) Hoher Basen- bzw. Kalkgehalt der Auenböden: Die Auen-Rohböden im Einzugsgebiet des Rheins weisen einen erhöhten pH-Wert auf (eigene Untersuchungen: pH $H_2O_{dest.}$= 7.5-8.5, vgl. auch VOLK 1940), weil sie aus kalkhaltigen Flusssedimenten aufgebaut sind. Basenreiche Bodenverhältnisse bedingen jedoch in der Regel eine artenärmere Ektomykorrhiza-Pilzflora (BOHUS 1973, CARBIENER 1981, HAAS 1933, 1958b). Der direkte Einfluss der Kalzium-Konzentration im Boden auf die Zusammensetzung der Mykoflora zeigt sich auch bei der Kalkung von Wäldern. Diese gegen die zunehmende Bodenversauerung gerichtete forstwirtschaftliche Massnahme hat eine signifikante Reduktion der Artenzahl und der Fk-Abundanz von Ektomykorrhiza-Symbionten zur Folge (FIEDLER und HUNGER 1963, HORAK und RÖLLIN 1988, KUYPER 1989).

5.3) Immissionen und Schwermetalleintrag: Die untersuchten Standorte in den Rhäzünser Rheinauen sind aufgrund der Industriezonen im Churer Rheintal und der in unmittelbarer Nähe vorbeiführenden Nationalstrasse N13 (Nord-Süd-Transitachse) einer erhöhten Schwermetallbelastung ausgesetzt (vgl. THÖNI et al. 1990 und Kap. 3.1.5). Einwirkungen von Luftschadstoffen auf die Vegetation sind gesamteuropäisch registrierbar und widerspiegeln sich u.a. in einer Verarmung der Makromycetenflora und in einem reduzierten Verhältnis von Ektomykorrhiza-bildenden zu saproben Pilzarten (ARNOLDS 1988a, MCCREIGHT und SCHROEDER 1974, SCHLECHTE 1986). Die Beurteilung der Grössenordnung dieses negativen Einflusses erweist sich aber nach den Beobachtungen von DERBSCH und SCHMITT 1987 und RÜCKER et al. 1990 als problematisch.

5.4) Baumartenspektrum: In Weich- und speziell Hartholzauen treten vermehrt Baum- und Straucharten auf, welche wegen des überdurchschnittlich hohen Nährstoffgehaltes der Auenböden keine Ektomykorrhiza-Symbiose eingehen (z.B. *Acer, Cornus, Fraxinus, Sambucus* und *Ulmus*; vgl. CARBIENER et al. 1975, TRAPPE 1962). Nach BARKMAN (in CARBIENER 1981) besitzen zudem auch schmalblättrige Weiden (in den flussbegleitenden Auen v.a. *Salix alba, S. elaeagnos* und *S. purpurea*) generell nur wenige Ektomykorrhiza-Pilzpartner.

Allgemeine mykosoziologische Aspekte: Die Auswertung mykosoziologischer Daten von Untersuchungen aus anderen mittel- und nordeuropäischen Grauerlenwäldern (BUJAKIEWICZ 1981, 1989, EINHELLINGER 1973, FAVRE 1960,

HORAK 1985, SCHMID-HECKEL 1985, 1988, STANGL 1970, STRID 1975b, 1976, zusätzliche Literatur vgl. Tab. 16a, 16b) ermöglicht die Abgrenzung steter bzw. charakteristischer Makromyceten des *Alnetum incanae*. Erstere sind ± regelmässig in der Assoziation auftretende, jedoch oft gesellschaftsvage Pilzarten; letztere stellen Taxa dar, deren Verbreitungsschwerpunkt im betreffenden Habitat liegt und welche sich nur sporadisch in anderen Vegetationseinheiten beobachten lassen (DÖRFELT 1981).

6) **Stete Pilzarten:** Die Mykoflora der Grauerlenwälder weist in Mitteleuropa folgende Kombination hochsteter Makromyceten auf (fettgedruckte Taxa durch die eigenen Untersuchungen belegt):

Ektomykorrhiza-Symbionten: *Laccaria laccata* - *Lactarius lilacinus* - ***Naucoria escharoides*** - ***N. luteolofibrillosa*** - ***Paxillus filamentosus***.

Saprob-lignicole Pilze: ***Armillariella mellea s.l.*** - *Bjerkandera adusta* - ***Coprinus disseminatus*** - ***C. domesticus*** - ***Daedaleopsis confragosa*** - ***Daldinia occidentalis*** - ***Flammulina velutipes*** - ***Fomitopsis pinicola*** - *Inonotus radiatus* - ***Mycena galericulata*** - ***M. haematopoda*** - ***M. niveipes*** - ***M. speirea*** - ***Phlebia radiata*** - ***Pluteus atricapillus*** - ***P. romellii*** - ***Polyporus brumalis*** - ***P. ciliatus*** - ***P. varius*** - ***Psathyrella candolleana*** - ***P. gracilis*** - ***Stereum hirsutum*** - ***Trametes hirsuta*** - ***T. versicolor***.

Übrige saprobe Pilze: *Clitocybe gibba* - ***Cystolepiota sistrata*** - ***Lepiota cristata*** - ***Mycena acicula*** - ***M. epipterygia*** - ***M. pura*** - *Pholiotina blattaria* - ***Tubaria conspersa***.

Die Gruppe der steten Pilzarten von *Alnus incana* umfasst aufgrund der Literaturauswertung in Tab. 16a, 16b total 14 Ektomykorrhiza-bildende, 72 lignicole und 51 terricol-saprobe Taxa. Darunter befinden sich zahlreiche gesellschaftsvage Makromyceten mit breitem ökologischem Spektrum (z.B. *Coprinus disseminatus, Laccaria laccata, Lepiota cristata*). Das Vorkommen dieser euryöken Grosspilze im *Alnetum* wird insbesondere durch die günstigen edaphischen Verhältnisse (v.a. Nährstoffreichtum und hohe Feuchtigkeit) gefördert, während Aufbau und Struktur des Pflanzenbestandes eine untergeordnete Rolle spielen dürften (vgl. KNOCH und BURCKHARDT 1974). Dementsprechend lässt sich ein Teil der regelmässig in Grauerlenwäldern auftretenden Makromyceten auch in anderen ökologisch vergleichbaren Waldtypen (z.B. Bruch- und Moorwälder, grundwasserbeeinflusste Hangwälder) und in eutrophen Grünlandgesellschaften (z.B. Äcker, Wiesen, Ruderalplätze) beobachten (ARNOLDS 1982, BRUNNER 1987, CARBIENER et al. 1975, KREISEL 1987, RICEK 1989).

7) **Charakterarten:** Die Zahl der mit *Alnus incana* spezifisch vergesellschafteten Pilzarten ist, verglichen mit der Vielfalt an steten und potentiell zu erwartenden Taxa, wenig umfangreich. Für den mitteleuropäischen Grauer-

lenwald können folgende, z.T. nur selten nachgewiesene Charakterarten bezeichnet werden (fettgedruckte Taxa durch die eigenen Untersuchungen belegt):

Ektomykorrhiza-Symbionten: *Cortinarius alnetorum* - *C. bibulus* - *C. helvelloides* - *Gyrodon lividus* - *Inocybe alnea* - *Lactarius lilacinus* - *L. obscuratus* - ***Naucoria* spp.** - ***Paxillus filamentosus*** - *Russula pumila.*

Saprob-lignicole Pilze: ***Daldinia occidentalis*** - ***Eutypella alnifraga*** - ***Hypoxylon fuscum*** - *Inonotus radiatus* - *Peniophora erikssonii* - ***Phaeomarasmius erinaceus*** - *Pholiota alnicola* - *Plicatura nivea* - ***Pluteus thomsonii*** - *Stereum subtomentosum* - ***Tympanis alnea.***

Übrige saprobe Pilze: ***Ciboria amentacea*** - ***C. viridifusca*** - ***Clitocybe alnetorum*** - ***Mycenella margaritispora*** - ***Panaeolus guttulatus*** - *Pezizella alniella* - ***Pluteus cinereofuscus*** - ***Psathyrella spadiceogrisea*** - ***Rhodocybe ardosiaca.***

Es muss betont werden, dass regionale Unterschiede bezüglich der Charakter- und Differentialeigenschaften von Pilzarten bestehen (BUJAKIEWICZ 1989, CARBIENER 1981). Zusätzlich ist darauf hinzuweisen, dass ein Teil der aufgeführten Ektomykorrhiza-Symbionten und Saproben auch auf anmoorigen Böden unter *Alnus glutinosa* (Schwarzerle) bzw. auf subalpinen Böden unter *Alnus viridis* (Grünerle) vorkommen (BON und VAN HALUWYN 1981, BRUNNER und HORAK 1990, EINHELLINGER 1982, GRAUWINKEL 1987, HORAK 1963, SCHMID-HECKEL 1985, 1988). Die Liste der Charakterarten zeigt, dass mehrere typische, in anderen *Alnus incana*-Assoziationen auftretende Ektomykorrhiza-Pilzpartner der Grauerle in den untersuchten VF A-C fehlen.

8) Kleinflächige Vergesellschaftungen: Aus verschiedenen Waldgesellschaften liegen Daten über die räumliche Verteilung von Pilz-Fk vor (z.B. für Fichte: AGERER und KOTTKE 1981, für Buche: BIERI und LUSSI 1989). Eine kleinflächige kartographische Erfassung der Makromyceten im *Alnetum incanae* erfolgte jedoch bisher nicht oder nur ansatzweise (EINHELLINGER 1973, STANGL 1970). Die eigenen Untersuchungen befassten sich deshalb auch mit der Kartierung der Fk charakteristischer Grauerlenwald-Pilze in nicht betretenen Kernzonen (Sanktuarien) innerhalb der VF A-C. Die massstabgetreue Registrierung der wöchentlichen Fk-Fundsituationen während der dreijährigen Beobachtungsperiode ermöglichte u.a. eine mykosoziologische Beurteilung der kleinflächigen Vergesellschaftung von vegetativen Myzelien im Oberboden (vgl. Kap. 3.3.2.4). Für mehrere Pilzartenpaare des *Alnetum incanae* (Fig. 20) konnte aufgrund der Fk-Dispersion statistisch eine interspezifische Assoziation (mit Myzelüberlagerung oder -durchdringung?) nachgewiesen werden, welche auf ähnlichen Substratansprüchen und gemeinsamer Besied-

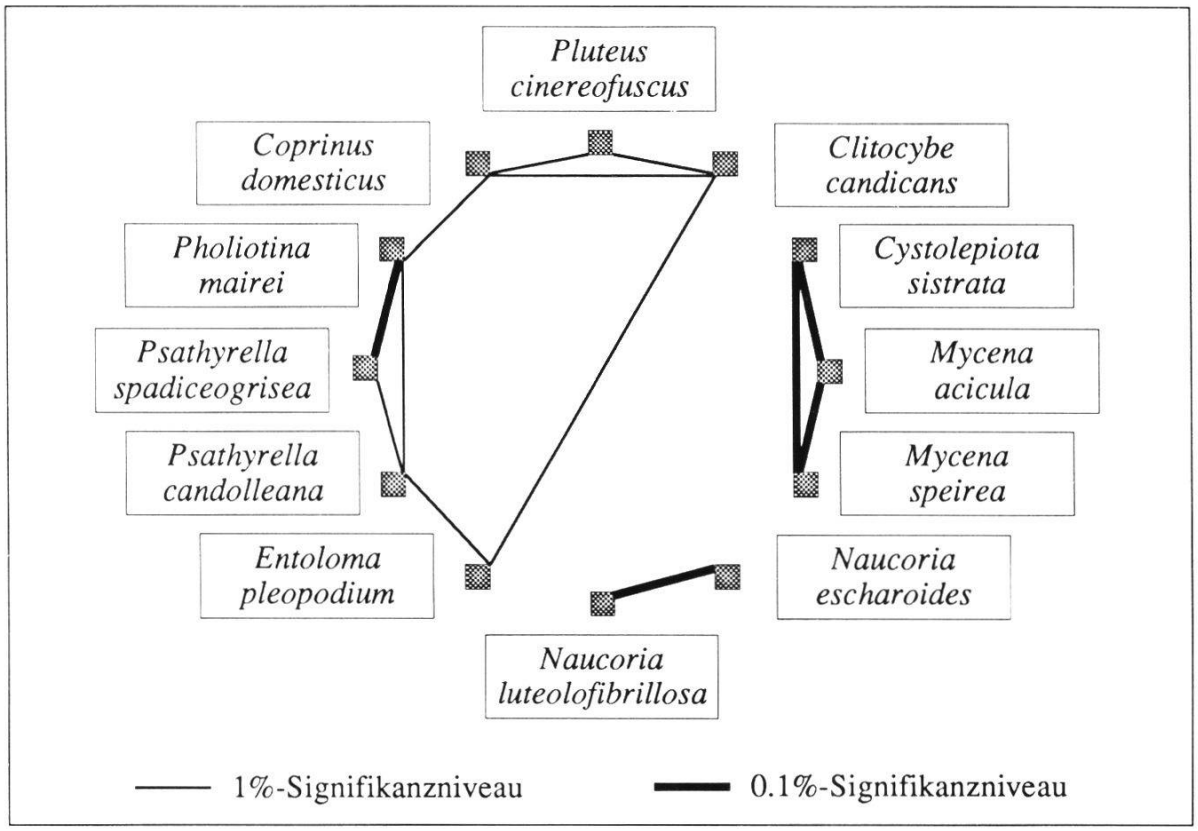

Fig. 20. Statistisch hochsignifikante interspezifische Assoziationen von Pilzartenpaaren in den Sanktuarien der VF A-C (*Alnetum incanae*).
Interspecific associations of high statistical significance for pairs of fungal species in the sanctuaries on research sites A-C (Alnetum incanae).

lung bestimmter ökologischer Mikrohabitate beruht. Es ist zu vermuten, dass diese lokal in den Probeflächen der Rhäzünser Rheinauen paarweise erfassten Vergesellschaftungen auch in anderen mitteleuropäischen Grauerlenwäldern festzustellen sind.

4.4. MYKOSOZIOLOGISCHE CHARAKTERISIERUNG DER SANDDORN-WEIDEN-(FÖHREN)-AUENGEBÜSCHE (*Hippophao-Berberidetum*) IM DOMLESCHG

Eigene Untersuchungen: Die ausserhalb des Überschwemmungsbereiches liegende Sanddorn-Weiden-VF stellt eine in der Nachbarschaft der VF C ausgeschiedene Vergleichsfläche ohne Grauerle dar. Während der dreijährigen Beobachtungsperiode 1986-1988 wurden im *Hippophao-Berberidetum* (VF D, 1000 m^2, 74 Begehungen) 82 Grosspilztaxa festgestellt. Dies entspricht annähernd der Artenzahl der im gleichen Areal registrierten Phanerogamen. Die

lokale Pilzflora ist einerseits durch terricol-saprobe Taxa geprägt (51% aller Pilze der VF D), andererseits weisen die Ektomykorrhiza-Symbionten einen vergleichsweise hohen Artenanteil von 23% auf. Das Verhältnis der Artenzahlen von Ektomykorrhiza-bildenden zu saproben Taxa liegt mit einem Wert von 0.30 deutlich höher als im untersuchten *Alnetum incanae* (0.07).

Allgemeine mykoökologische Aspekte: In der Literatur fehlen Angaben über die Grosspilzflora der Sanddorn-Gebüsche im Auenbereich und an Trockenstandorten ausserhalb der Auen fast vollständig. Das *Hippophaëtum* wird lediglich in den Publikationen von CARBIENER 1981, CARBIENER et al. 1975 und EINHELLINGER 1973 mit dem Hinweis auf das spärliche Auftreten von Makromyceten erwähnt. Mangels überregionaler Vergleichsmöglichkeiten dürfen die nachfolgend aufgeführten Kriterien deshalb nur auf die lokalen Verhältnisse im Domleschg bezogen werden. Die Gebüschgesellschaft des *Hippophao-Berberidetum* unterscheidet sich von der hochwasserbeeinflussten Weich- bzw. Hartholzaue durch folgende mykofloristische Eigenheiten (vgl. Tab. 21):

1) Fehlen eines frühsaisonalen Pilzaspektes: Die trockene und windexponierte Terrassenlage des Standortes und die nur lückenhaft geschlossene Vegetationsdecke bedingen ein kontinental getöntes Kleinklima mit häufigen Spätfrösten. Dadurch setzt die Pilzfruktifikation im Frühling nur zögernd ein und erreicht erst im Frühsommeraspekt erhöhte Werte.

2) Niedrige Fk-Abundanz: Die oft diskontinuierlich verlaufende Fk-Produktion ist auch im herbstlichen Maximalaspekt quantitativ eher gering, weil das Regenwasser aufgrund der grobsandig-kiesigen, tonarmen Textur und der stark verminderten Wasserspeicherkapazität des Oberbodens rasch versickert. Für 73% der Pilzarten im *Hippophao-Berberidetum* wurden während der gesamten Untersuchungsperiode weniger als 20 Fk gezählt. Im Vergleich dazu sind in den VF A-C (*Alnetum incanae*) lediglich 48% aller Taxa mit weniger als 20 Fk nachgewiesen.

3) Reduzierte Artenzahl der Lignicolen: Die nur schwach entwickelte Baumschicht und das Fehlen von Schwemmholzablagerungen widerspiegeln sich in einem relativ geringen Artenanteil an lignicolen Pilzen. Das Alt- und Fallholz der Gebüsche wird hauptsächlich durch das Myzel aphyllophoraler Taxa abgebaut (*Daedaleopsis, Phellinus, Polyporus*).

4) Dominanz der terricolen Saproben: Vegetationslücken in der Krautschicht und die Anreicherung von organischem Substrat im obersten Bodenhorizont fördern das Auftreten terricol-saprober Makromyceten (v.a. *Clitocy-*

be, Collybia, Hemimycena, Mycena, Panaeolus). Die xerothermen Kleinlichtungen zwischen den Sanddorn- und Weidenbüschen werden speziell von trockenheitstoleranten, oft kalkholden Taxa besiedelt (*Bovista, Conocybe, Lycoperdon*). Vertreter der Gattungen *Entoloma* und *Omphalina* als typische bodenbewohnende Arten der Trockenstandorte (vgl. HORAK 1985) fehlen jedoch in der VF D fast vollständig.

5) Erhöhte Bedeutung der Ektomykorrhiza-Pilze: Die suboptimalen Standortsverhältnisse im *Hippophao-Berberidetum* (relative Nährstoffarmut des Bodens trotz N_2-Fixierung von *Hippophaë* in Vergesellschaftung mit *Frankia*-Bakterien, periodische Trockenheit, Frosteinfluss) bewirken einen im Vergleich zum *Alnetum* wesentlich höheren Artenanteil an Ektomykorrhiza-Symbionten. Aufgrund der extremeren Lebensbedingungen sind die Gehölze (v.a. *Betula, Larix, Pinus* und *Salix*) in verstärktem Masse auf mykorrhizierende Pilzpartner angewiesen. Die Ektomykorrhiza-Symbionten (*Chroogomphus, Cortinarius, Hebeloma, Inocybe, Lactarius, Suillus* und *Tricholoma*) besitzen ihrerseits gegenüber den saproben Pilzen einen ökologischen Vorteil, weil sie während Trockenperioden Wasser und Nährstoffe über das Feinwurzelsystem ihrer Wirtsbäume beziehen können.

Allgemeine mykosoziologische Aspekte: Das oft am Rande von Föhrenbeständen liegende *Hippophao-Berberidetum* (= *Salici-Hippophaëtum*, KUHN und AMIET 1988a) entwickelt sich aus einem nur lückenhaft geschlossenen Trockenrasen (Pioniergesellschaft) auf den Kiesterrassen der Auen. Vom Sanddorn-Weiden-Gebüsch verläuft die Sukzession allmählich zur Dauergesellschaft des *Pyrolo-Pinetum* (vgl. MOOR 1958 und Fig. 1). Mykosoziologisch widerspiegelt sich diese Vegetationsabfolge darin, dass die Grosspilzflora des *Hippophaëtum* charakteristische, thermophile Elemente sowohl des (Halb-) Trockenrasens als auch des Föhrenwaldes aufweist.

Im *Hippophao-Berberidetum* auftretende Makromyceten-Kennarten des *Meso-* und *Xerobrometum* (ARNOLDS 1982, BRUNNER 1987, HORAK 1985, STANGL 1970, WINTERHOFF 1977): *Agrocybe semiorbicularis - Bovista tomentosa - Conocybe semiglobata - C. sienophylla - Galerina laevis - Lycoperdon lividum - Omphalina galericolor - Panaeolus ater - P. rickenii.*

Im *Hippophao-Berberidetum* auftretende Makromyceten-Kennarten des *Pinetum silvestris* (BRUNNER 1987, FAVRE 1960, HORAK 1985, WINTERHOFF 1977): *Auriscalpium vulgare - Chroogomphus rutilus - Clitocybe sinopica - Collybia impudica - Lactarius semisanguifluus - Marasmius androsaceus - Strobilurus stephanocystis.*

Ein Vergleich mit dem Pilzartenspektrum der ebenfalls auf Trockenstandorten

vorkommenden Wacholder-Zwergstrauch-Gesellschaften (*Juniperetum*, BARKMAN 1976) lässt hingegen nur eine geringe mykofloristische Verwandtschaft erkennen.
In bezug auf die lokalen Verhältnisse im Domleschg kann einzig *Phellinus hippophaëicola* als Charakterart des *Hippophao-Berberidetum* bezeichnet werden (vgl. CARBIENER 1981, EINHELLINGER 1973). Dieser aphyllophorale, perennierende Grosspilz wächst in Mitteleuropa streng wirtsspezifisch auf *Hippophaë rhamnoides* (LARSEN und COBB-POULLE 1990). Die unmittelbare Nähe des Grauerlenwaldes im untersuchten Auengebiet macht sich dadurch bemerkbar, dass zahlreiche saprobe Pilztaxa der hochwasserbeeinflussten Weichholzaue auch im *Hippophaëtum* an lokal und sporadisch etwas bodenfeuchteren Kleinstandorten (meistens unter Weidengebüsch) zu registrieren sind. Diese oft hygrophilen Makromyceten erreichen in der mikroklimatisch kontinental getönten Sanddorn-Weiden-Assoziation jedoch den Grenzbereich ihrer ökophysiologischen Toleranz, so dass sie hier nur noch eine stark reduzierte Fk-Produktivität aufweisen.
Demgegenüber zeigen die Ektomykorrhiza-Symbionten des *Hippophao-Berberidetum* und diejenigen des *Alnetum incanae* eine geringe gegenseitige Beziehung bzw. einen fast vollständigen Arten-Ausschluss. Eine Ausnahme bilden *Cortinarius pulchripes, Inocybe hirtella* und *I. obscurobadia*, welche in beiden Pflanzengesellschaften auftreten.

4.5. NATURSCHUTZ: BEDEUTUNG DER AUENWÄLDER AUS MYKOLOGISCHER SICHT

Rote Listen gefährdeter Pflanzen- und Tierarten stellen praxisorientierte Hilfsmittel für Behörden und Naturschutzämter dar, um die Anliegen des Arten- und Biotopschutzes durchsetzen zu können. Bezüglich der Grosspilze sind in den letzten Jahren v.a. in mittel- und osteuropäischen Ländern entsprechende Listen erarbeitet worden (z.B. WOJEWODA und LAWRYNOWICZ 1986, WÖLDECKE 1987, VESTERHOLT und KNUDSEN 1990). Für die Schweiz liegen bisher keine Roten Listen bedrohter Makromyceten und nur wenige Untersuchungen über die Verarmung der Pilzflora vor (vgl. KELLER 1991).
Tab. 22 zeigt eine Auswertung Roter Listen von Deutschland (WINTERHOFF 1984a, WINTERHOFF und KRIEGLSTEINER 1984) und Österreich (KRISAI 1986, RICEK 1989), welche die Seltenheit und die überregionale Gefährdung zahlreicher, in den Rhäzünser Rheinauen (Graubünden, Schweiz) nachgewiesener Makromyceten dokumentiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in bezug auf

den Gefährdungsgrad einzelner Taxa ausgeprägte lokal-geographische Unterschiede bestehen. Zusätzlich muss auf die generelle Problematik Roter Listen hingewiesen werden, die darin besteht, dass oft nur ungenügende Kenntnisse über Taxonomie, Biologie und Verbreitung der bedrohten Arten vorliegen.
Entsprechend der Auswertung in Tab. 22 sind 30 spp. der VF A-C (11% aller Taxa des *Alnetum incanae*) und 10 spp. der VF D (12% aller Taxa des *Hippophao-Berberidetum*) in Mitteleuropa in ihrem Bestand aktuell gefährdet. *Clitocybe pseudoobbata, Entoloma strigosissimum, Psathyrella canoceps* und *P. olympiana* figurieren in der Roten Liste von Deutschland (WINTERHOFF 1984a) in der Gefährdungskategorie I (= vom Aussterben bedroht). Unter Berücksichtigung der schweizerischen Florenverhältnisse (BREITENBACH

Tab. 22. Rote Listen der gefährdeten Grosspilze in Mitteleuropa: Auswertung bezüglich der im *Alnetum incanae* (A) und im *Hippophao-Berberidetum* (H) der Rhäzünser Rheinauen registrierten Pilzarten.
Red Data Books of threatened macromycetes in Central Europe: Evaluation of the fungal species recorded in the Alnetum incanae (A) and the Hippophao-Berberidetum (H) of the river flood plains near Rhäzüns.
Gefährdungskategorien - *categories of threat*: I = vom Aussterben bedroht - *in danger of extinction*, II = stark gefährdet - *highly endangered*, III = gefährdet - *endangered*.
Rote Listen - *Red Data Books*: 1 = WINTERHOFF (1984a): Deutschland, 2 = WINTERHOFF und KRIEGLSTEINER (1984): Baden-Württemberg, SW-Deutschland, 3 = KRISAI (1986): Österreich, 4 = RICEK (1989): Attergau, Oberösterreich.

Pilzart	Assoz.	I	II	III	Pilzart	Assoz.	I	II	III
Basidiomycetes:					*M. olida*	AH			1
Bovista tomentosa	H		1,2		*Paxillus filamentosus*	A			1,3
Clitocybe candicans	AH		1		*P. panuoides*	A		3	
C. lignatilis	A			1	*Phaeomarasm. erinaceus*	A			1
C. pseudoobbata	AH	1			*Phellinus hippophaëicola*	H			3
Conocybe mesospora	A		1		*Pluteus plautus*	A			1
Coprinus ellisii	A			1	*Psathyrella canoceps*	A	1		
C. patouillardii	A		1		*P. fulvescens*	A			1
Datronia mollis	A			3	*P. maculata*	A			1
Dichomitus campestris	A		3		*P. olympiana*	A	1		
Entoloma clandestinum	AH			1	*Trametes multicolor*	A			3
E. pleopodium	A		1	4	*Tricholoma cingulatum*	H		2	3,4
E. strigosissimum	A	1			*Volvariella murinella*	A			1
Flammulaster carpophilus	H			3					
Hebeloma leucosarx	H			1	**Ascomycetes:**				
Inocybe furfurea	A		1		*Helvella leucopus*	A		1	
Lactarius semisanguifluus	H			1	*H. queletii*	A		1	
Lentinellus bisus	A		1		*Ptychoverpa bohemica*	A			1,2
Marasmius limosus	A		1,2						
Melanoleuca paedida	A		1						
Mycena leptocephala	A			3	Total gefährdete Arten		4	14	20

und KRÄNZLIN 1981, 1986, 1991) müssen weitere 16 Pilzarten der untersuchten Auenstandorte aufgrund ihrer Seltenheit als potentiell gefährdet bezeichnet werden (z.B. *Clitocybe alnetorum, Leucopaxillus mirabilis, Micromphale brassicolens, Mutinus caninus*). Zusätzlich ist die Auflistung durch folgende Neufunde und lokale Rarissima zu ergänzen: *Coprinus callinus, Inocybe ochracea, Omphalina* aff. *galericolor, Psathyrella immaculata, P. narcotica, Rhodocybe ardosiaca* und *Steccherinum oreophilum* (vgl. EINHELLINGER 1987, GROSSE-BRAUCKMANN 1986, HORAK und GRIESSER 1987, KRIEGLSTEINER 1991, LANGE und SMITH 1953, STANGL 1979, WINTERHOFF 1977). Somit sind total 59 spp. oder 1/5 aller in den VF A-D nachgewiesenen Pilzarten aktuell (Gefährdungskategorien I-III) bzw. potentiell (Gefährdungskategorie IV) bezüglich ihres Vorkommens in Mitteleuropa bedroht.

Die vorliegende Untersuchung verdeutlicht, dass Auengebiete neben der Vielfalt an Pflanzengesellschaften und Phanerogamen (ELLENBERG 1986, GERKEN 1988) auch eine überdurchschnittlich artenreiche Pilzflora mit erhöhtem Anteil an selten beobachteten und nur unvollständig bekannten Taxa aufweisen. Die allmähliche Veränderung und Zerstörung der letzten, heute noch ± naturnahen Auenbiotope infolge land- und forstwirtschaftlicher Meliorationen (z.B. Umforstung in Nadelholz- und Pappel-Kulturen), Flussregulierung (Nivellierung der Wasserstandsschwankungen, verminderte Wasserführung, Grundwassersenkung) und Tourismus (Camping ausserhalb von Zeltplätzen, Bodenverdichtung durch lokal hohe Trittbelastung) wirkt sich mykofloristisch in einer qualitativ und quantitativ nachhaltigen Verarmung des Artenspektrums aus, weil zahlreiche Makromyceten der Weich- und Hartholzaue aufgrund ihrer Ökophysiologie ein streng standortsgebundenes Auftreten zeigen. Aus mykologischer Sicht müssen für die Erhaltung der Artendiversität von Auenwäldern folgende spezifische Forderungen gestellt werden:

- Keine produktionsorientierte forstwirtschaftliche Nutzung: Die standortstypische Zusammensetzung der Baum- und Strauchschicht sowie die grosse Menge an stehendem und liegendem Alt- und Totholz sind zu erhalten (vgl. BARKMAN et al. 1983). Strukturveränderungen von Auenwäldern wegen fehlender periodischer Überschwemmungen können jedoch gezielte waldbauliche Pflegeeingriffe notwendig machen (KUHN und AMIET 1988a).
- Schaffung von Pionierstandorten bei langfristigem Ausbleiben der Hochwasser: Durch die lokale, sporadische Entfernung der Krautschicht und Abschürfung des Humushorizontes entstehen neue Initialstadien für die Vegetationsentwicklung.
- Kanalisierung und Konzentrierung des Freizeit-Tourismus: Unterschutz-

stellung von Kernzonen im Auenkomplex, Verbot des unkontrollierten Campings.

4.6. FORTSETZUNGSPROJEKTE

Langzeitbeobachtungen: Die Erfassung floristischer Veränderungen von Waldstandorten (aufgrund natürlicher Sukzession, forstwirtschaftlicher Massnahmen, negativer Einwirkungen von Immissionen usw.) bedingt sowohl für geobotanische als auch für mykologische Problemstellungen fundierte Langzeitbeobachtungen (HORAK und RÖLLIN 1988, KUHN 1990, RICEK 1981). Bei mykosoziologischen Untersuchungen von Pflanzengesellschaften erbringen erst langfristige Beobachtungsperioden einen umfassenden Nachweis des tatsächlich vorhandenen Pilzartenspektrums. In Auengebieten würden mehrjährige Feldbegehungen speziell das Studium der mykofloristischen Neubesiedlung von Schwemmflächen und des (positiven oder negativen) Einflusses von Überschwemmungen auf die terricole Makromyceten-Flora der Weich- und Hartholzaue erlauben.

Ektomykorrhiza-Synthese: Die Grauerle eignet sich vorzüglich für Modellversuche unter Laborbedingungen (BRUNNER et al. 1990, MOLINA 1981). Die sterile Anzucht von Erlenkeimlingen auf künstlichen Böden ermöglicht es, klar definierte physikalische und chemische Wachstumsbedingungen zu testen. Durch die Synthese von Ektomykorrhiza bzw. Aktinorhiza lassen sich physiologische Interaktionen zwischen den Symbiosepartnern in vitro untersuchen und die Folgen von bodenchemischen Veränderungen auf das Symbiosegleichgewicht am lebenden System studieren.