

BUWAL, Abteilung Natur & Landschaft  
z. H. Frau Christine Gubser  
Projekt 810.03.110

# **Holzbewohnende Pilze in europäischen Buchenwäldern**

**Vergleich zwischen natürlichen Wäldern in den Karpaten  
und bewirtschafteten Wäldern in der Schweiz**



Projektbericht  
Februar 2004

**Nicolas Küffer \* & Béatrice Senn-Irlet**

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf

\*present address: Université de Neuchâtel, Laboratoire de Microbiologie, C.P. 2, 2007 Neuchâtel

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Zusammenfassung.....	1
2. Einleitung.....	3
3. Ziele des Projektes.....	6
4. Material und Methoden.....	7
5. Resultate.....	11
6. Diskussion.....	19
7. Publikationen.....	23
8. Literatur.....	24
9. Dank.....	28
10. Anhang A: <b>Die 19 Aufnahmeflächen</b> .....	29
11. Anhang B: <b>Die 141 Arten</b> .....	30

## 1. Zusammenfassung

Anhand eines Datensatzes von 766 gefundenen Pilzfruchtkörpern, bestehend aus insgesamt 141 Arten, wird versucht, Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Pilz-Artenvielfalt von natürlichen und bewirtschafteten Buchenwäldern in Europa zu beleuchten.

### **Wichtigste Unterschiede zwischen natürlichen und bewirtschafteten Buchenwäldern**

#### *Artenvielfalt*

In den natürlichen Buchenwäldern der ukrainischen Karpaten konnten deutlich mehr Arten nachgewiesen werden, als in den Schweizer Wäldern. Arten, die in den natürlichen Wäldern beobachtet werden konnten, aber in den bewirtschafteten fehlen, sind oft auf alte, dicke und/oder stark abgebaute Äste oder Stämme angewiesen, z.B. die Stachelbärte *Hericiium* spp. Die gefundenen Pilzarten stammen alle aus demselben Artenpool, die Vergleichbarkeit der beiden unterschiedlichen Regionen ist damit gewährleistet.

#### *Totholzqualität*

Die Artenvielfalt holzbewohnender Basidiomyceten in Buchenwäldern hängt in hohem Masse von der Qualität des Totholzes ab. Möglichst stark diversifiziertes Totholz ist dabei besonders wichtig: es verfügt über viele verschiedene Nischen, die von ganz unterschiedlichen Arten besiedelt werden. Diversifiziertes Totholz umfasst in der vorliegenden Studie Baumart, Volumen, Alter und Abbaugrad.

In den natürlichen Buchenwäldern ist Diversität der Totholzqualitäten viel grösser als in bewirtschafteten Wäldern, d.h. es gibt mehr verschieden langes, dickes und unterschiedlich abgebautes Totholz.

### **Wichtigste Gemeinsamkeiten zwischen natürlichen und bewirtschafteten Buchenwäldern**

#### *Artenverteilung*

Sowohl in bewirtschafteten, als auch in natürlichen Buchenwäldern kann eine extrem ungleichmässige Verteilung der einzelnen Arten gefunden werden. Einige wenige Arten dominieren.

#### *Unterschied Galio-Fagenion und Abieti-Fagenion*

Im allgemeinen Vergleich der beiden Buchenwaldtypen sind die Tannen-Buchenwälder artenreicher als der Waldmeister-Buchenwald und dies sowohl in bewirtschafteten, als auch in natürlicher Ausprägung. Dies ist hauptsächlich auf die grössere Substratvielfalt im Tannen-Buchenwald zurückzuführen.

### **Warum sind die natürlichen Buchenwälder artenreicher als die bewirtschafteten?**

#### *Substratangebot*

Die höhere Artenvielfalt in den natürlichen Wäldern der Ukraine ist v.a. auf das grössere und mehr diversifizierte Substratangebot zurückzuführen. Die grössere Zahl an ökologischen Nischen im natürlichen Buchenwald ermöglicht einer Vielfalt von holzbewohnenden Pilzarten zu fruktifizieren.

*«ecological continuity»*

Neben den Substrat-Parametern, sind historische Aspekte wichtig. Der historische Aspekt kommt im Begriff der sogenannten «forest continuity» zum Ausdruck, welcher ein verbreitungsbiologisch wichtiger Faktor umfasst: die Distanz zum nächsten Artenreservoir und die ununterbrochene Bestockung einer Fläche.

Die bewirtschafteten Buchenwälder in der Schweiz sind oft stark fragmentiert und mit standortsfremden Fichtenforsten durchmischt. Zudem haben einige Wälder eine wechselhafte Geschichte, die im Laufe der Jahrhunderte wechselweise offenes Landwirtschaftsland und geschlossene Wälder aufweist.

Bei den untersuchten natürlichen Wäldern kann hingegen davon ausgegangen werden, dass sie schon seit langer Zeit mit Buchenwäldern bestockt waren. Die Fragmentierung des Habitates kann ebenso als gering eingestuft werden.

## 2. Einleitung

### Totholz in gemässigten Wäldern

Totholz ist einer der wichtigsten Bestandteile für die Erhaltung der Biodiversität in temperierten Wäldern (z.B. Harmon et al. 1986; Schiegg 1998). Primack (1995) bezeichnet Totholz in den Wäldern der gemässigten Breiten gar als unverzichtbare «keystone ressource». Viele ganz unterschiedliche Organismen wie Insekten, Vögel, Kleinsäuger, Jungbäume oder Pilze profitieren von den verschiedenen Nischen, die der Lebensraum Totholz bietet. Sie alle sind am Nährstoffkreislauf im Wald beteiligt. Dabei kommt den Pilzen eine besondere Rolle zu: einerseits bauen die Saprophyten unter ihnen das tote Holz ab und stellen so die im Totholz gebundenen Nährstoffe dem Pflanzenwachstum wieder zu Verfügung, andererseits unterstützen die mykorrhizisch lebenden Arten das Baumwachstum in unverzichtbarer Weise.

Totholz durchläuft während des Abbauprozesses eine Reihe von physikalisch-chemischen Veränderungen (Leibundgut 1982). Dabei entsteht eine Vielzahl ökologischer Nischen, in denen sich je nach Abbaustadium unterschiedliche Pilzarten ansiedeln. Für die Erhaltung der Pilzartenvielfalt sind besonders die bereits stark abgebauten, dicken Baumstämme wichtig (Niemelä et al. 1995).

### Holzbewohnende Pilze

Unter den holzbewohnenden Pilzen können zwei grosse ökologische Gruppen unterschieden werden, die sehr unterschiedliche Funktionen im Waldökosystem übernehmen: die holzabbauenden Arten und die Mykorrhizasymbionten.

Für den Holzabbau nehmen die Rindenpilze, auf die in dieser Studie fokussiert wird, in temperierten Wäldern einen wichtigen Platz ein (Swift 1982).

Einige Vertreter der Rindenpilze bilden mit den Waldbäumen eine Mykorrhizasymbiose (z.B. die artenreiche Gattung *Tomentella*), die für das Wachstum der Bäume unerlässlich ist. Diese Arten benutzen das Totholz nur als Substrat, um ihre Fruchtkörper zu bilden, bauen es aber höchst-wahrscheinlich nicht ab.

Um diese beiden Gruppen in einem einzigen Begriff zu fassen, wird im Folgenden von *holzbewohnenden* Pilzen gesprochen, wenn nicht explizit nur eine der beiden Gruppen gemeint ist.

### Buchenwälder: wichtigster Waldtyp im temperierten Europa

Die Buche ist in der montanen Stufe der gemässigten Breiten die dominierende Baumart (Brassel & Brändli 1999). In Westeuropa ist jedoch nur noch ein kleiner Teil ihres ursprünglichen natürlichen Areals mit Buche bestockt. Selbst die verbleibenden Reste sind häufig stark forstwirtschaftlich genutzt und somit in ihrer Funktion beeinflusst (Scherzinger 1996). So geriet die Biodiversität in westeuropäischen Buchenwäldern zunehmend unter Druck.

Für die Erforschung der Biodiversität sind deshalb die ungestörten, naturnahen Buchenwälder Osteuropas für Vergleichsstudien von grosser Bedeutung. Sie können als eine Art Referenz für die Ursprungsform unserer Wälder herangezogen werden.

Im Rahmen eines Projektes der Osteuropa-Zusammenarbeit des Schweizerischen Nationalfonds (SCOPES), betreute die Eidgenössische Forschungsanstalt WSL eine Instituts-Partnerschaft mit verschiedenen Instituten in der Westukraine, u.a. dem Karpaten-Biosphären-reservat in Rakhiv (Commarmot et al. 2000; 2001). In anderen vergleichenden Studien wurden bereits einige Organismengruppen untersucht, so die Pflanzen (Commarmot et al. 2003), Arthropoden (Chumak et al. 2003) oder Schnecken (Rüetschi, pers Mitt). Die holzbewohnenden Pilze sollen im vorliegenden Projekt einen weiteren Aspekt beleuchten. Bei all diesen Vergleichsstudien wurde jeweils darauf geachtet, die gleichen oder zumindest vergleichbare Standorte zu untersuchen.

### **Forstwirtschaft und holzbewohnende Pilze**

Waldbauliche Massnahmen, wie Eingriffe der forstlichen Nutzung beeinflussen die Artenvielfalt im Wald stark. Holzabbauende Pilze, die an das Substrat Holz gebunden sind, reagieren besonders empfindlich auf die Bewirtschaftung der Wälder (z.B. Bader et al. 1995; Lindblad 1998; Nuss 1999). Die natürlichen Stadien der Waldentwicklung werden in bewirtschafteten Wäldern oft unterbunden. Dies ist insofern von Bedeutung als im Optimalstadium am meisten Totholz im Verhältnis zur lebenden Biomasse gefunden werden kann (Saniga & Schütz 2001).

Alte und naturnahe Wälder mit einem hohen Totholzanteil sind für viele Pilzarten überlebenswichtig (Scherzinger 1996). Bedeutende Untersuchungen dazu stammen u.a. aus dem Bayerischen Wald (Luschka 1993) und Finnland (Niemelä et al. 1995; Renvall 1995). Bezüglich des Unterschieds der Pilzflora zwischen bewirtschafteten und naturnahen Wäldern, liegen für Mitteleuropa bisher nur die Untersuchungen von Nuss (1999) und Küffer & Senn-Irlet (2003) vor. Letztere Studie beschränkte sich allerdings auf Wälder in der Schweiz. Alte naturnahe Wälder, insbesondere Buchenwälder, sind jedoch in der Schweiz kaum mehr zu finden und so fehlen in Küffer & Senn-Irlet (2003) denn auch mögliche Vergleichsergebnisse. Die vorliegende Studie versucht diese Lücke, zumindest für die europäischen Buchenwälder, zu schliessen.

### **Indikatoren für naturnahe Wälder**

Einige Arten reagieren besonders sensibel auf Veränderungen ihres Lebensraumes und können so naturnahe Habitate anzeigen. Das Konzept von Indikatorarten für natürliche oder naturnahe Wälder wurde zunächst mit höheren Pflanzen (z.B. Wulf 1997) und Flechten (z.B. Tibell 1992; Gustafsson et al. 1999) ausgearbeitet.

Holzbewohnende Pilzarten können als Indikatoren jedoch den zusätzlichen Aspekt des Totholzes beleuchten, der für die «Naturnähe» eines Waldes von grosser Bedeutung ist. In Skandinavien konnten damit erste Erfolge erzielt werden (Nitare & Norén 1992; Peterken 1996) und auch auf Korsika wurde die Methode erstmals mit Pilzen getestet (Norstedt et al. 2001). Für Mitteleuropa gibt es bisher noch keine konkreten Resultate. Küffer & Senn-Irlet (2003) konnten, trotz eines relativ umfangreichen Datensatzes, keine zuverlässigen Indikatorarten herausfiltern.

### **Zusammenarbeit mit dem Projekt «Rote Liste der Makromyceten der Schweiz»**

Die Resultate der vorliegenden Studie können bei der Erarbeitung der Roten Liste der Makromyceten der Schweiz von einigem Nutzen sein. Die Resultate aus den ukrainischen Wäldern könnten etwa bei der Frage herangezogen werden, inwiefern sich die Pilzflora in den Schweizer Wäldern noch in einem natürlichen Zustand befindet.

### **3. Ziele des Projektes**

- Vergleich der Pilzflora in Waldmeister- und Tannen-Buchenwäldern der ukrainischen Karpaten mit dem Sihlwald und Tannen-Buchenwäldern der obermontanen Stufe in der Schweiz. Wie artenreich sind natürliche, von forstwirtschaftlicher Nutzung kaum beeinflusste Buchenwälder?
- Vergleich von Astlänge, Astdicke und Abbaugrad. Zeigen die verschiedenen Pilzarten Unterschiede in ihrer realisierten Nische in bewirtschafteten oder natürlichen Wäldern?
- Vergleich mit Resultaten aus dem Projekt der Osteuropa-Zusammenarbeit (SCOPES) der WSL. Zeigt die Artenvielfalt der holzbewohnenden Pilze in natürlichen und bewirtschafteten Buchenwäldern ähnliche Muster, wie andere Organismengruppen?
- Evaluation der in der vorliegenden Erhebung ausschliesslich oder überwiegend in den ukrainischen Buchenwäldern gefundenen Arten. Welche Pilzarten können als Indikatoren für naturnahen oder urwaldähnlichen Wald gelten?

## 4. Material und Methoden

Die zu untersuchenden Buchenwälder wurden in zwei Gruppen unterteilt: die Waldmeister-Buchenwälder (Galio-Fagenion) der untermontanen Stufe und die Tannen-Buchenwälder (Abieti-Fagenion) der obermontanen Stufe. Bei der Auswahl der Untersuchungsflächen wurde besonders darauf geachtet, eine grösstmögliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten. So sind Höhe über Meer, Temperatur und Niederschläge für die verschiedenen Standorte vergleichbar (zusammengefasst in Anhang A), ebenso die Bodenbeschaffenheit (mässig saure Braunerden) oder die Wuchsleistung der Bäume (Commarmot, pers Mitt).

Zusätzliche Informationen zu den Naturwäldern der ukrainischen Karpaten und der Natur Transkarpatiens im Allgemeinen finden sich bei Brändli & Dowhanytsch (2003).

Die ausgewählten Untersuchungsflächen wurden an den gleichen Standorten eingerichtet, an denen bereits die Untersuchungen zu den anderen Organismengruppen durchgeführt wurden (Commarmot, pers Mitt; Chumak, pers Mitt). Dies soll ermöglichen, die Resultate aus der vorliegenden Studie in einen grösseren Zusammenhang zu stellen und zu vergleichen.

Insgesamt wurden im Galio-Fagenion 13 Flächen ausgewählt (5 in den ukrainischen Karpaten und 8 im Sihlwald) und im Abieti-Fagenion 6 Flächen (3 in den Karpaten, 2 im Dürsrütiwald im Emmental und eine im Waadtländer Jura bei Ste-Croix). Die Karten der Abb. 1 und 2 illustrieren die Lage der Standorte in der Ukraine und in der Schweiz.

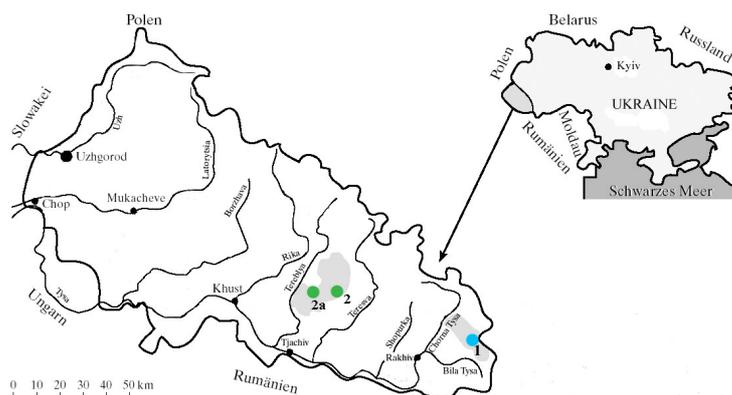
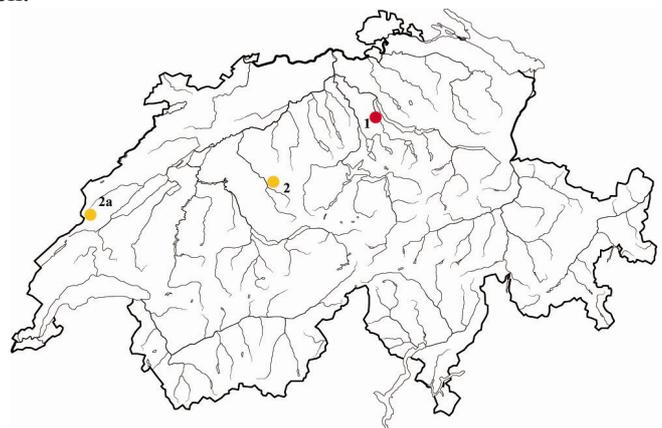


Abb. 1. Die drei Aufnahmestandorte in den ukrainischen Karpaten. 1: Abieti-Fagenion in Chornohirskiy Massiv mit 3 Untersuchungsflächen, 2: Galio-Fagenion in Shirokiy Luh (2 Untersuchungsflächen), 2a in Uhol'ka mit 5 Flächen.

Abb. 2. Die Lage der drei Aufnahmestandorte in der Schweiz. 1: Galio-Fagenion im Sihlwald mit 8 Untersuchungsflächen, 2: Abieti-Fagenion im Dürsrütiwald (2 Flächen) und 2a bei Ste-Croix 1 Fläche.



## Untersuchungsflächen

Innerhalb der zu untersuchenden Waldgebiete wurden insgesamt 19 rechteckige Plots mit einer Fläche von je 5x10 m zufällig ausgewählt und beprobt. Es wurde dieselbe Flächengrösse gewählt wie bei Küffer & Senn-Irlet (2003).

In den 50 m<sup>2</sup>-Plots wurde alles liegende und stehende Totholz, sofern es vom Boden aus ohne Hilfsmittel erreichbar war, auf Fruchtkörper holzbewohnender Basidiomyceten hin untersucht und gegebenenfalls zur genaueren Bestimmung ins Labor mitgenommen.

Alles Totholz wurde untersucht, einschliesslich gröbere Äste/Stämme und Äste (entsprechend den Kategorien «coarse woody debris» und «fine woody debris» aus Krüys & Jonsson 1999) und zusätzlich auch Zweige und kleinere Äste «very fine woody debris», die einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Pilzartenvielfalt leisten (Küffer & Senn-Irlet 2003).

## Untersuchten Parameter in den Aufnahmeflächen

Für die Aufnahmeflächen wurden die abiotischen Faktoren Höhe über Meer, Neigung und Exposition aufgenommen.

Der Einfluss der Forstwirtschaft kann nur für die Untersuchungsflächen in der Schweiz genauer bestimmt werden. Dieser Parameter wurde als Jahre seit dem letzten forstwirtschaftlichen Eingriff in die Studie einbezogen (Küffer & Senn-Irlet 2003). Für die Untersuchungsflächen in den ukrainischen Karpaten wird angenommen, dass sie *nie* intensiv forstwirtschaftlich genutzt wurden. Der Sihlwald soll in dieser Studie als Beispiel eines *bewirtschafteten* Buchenwaldes gelten, obwohl für Schweizer Verhältnisse der Sihlwald bereits zu den naturnäheren Wäldern zählt. Der Standort Biriboden, an dem die Schweizer Untersuchungsflächen im Waldmeister-Buchenwald durchgeführt wurden, wird denn auch schon seit einigen Jahren nicht mehr bewirtschaftet (Roth, pers Mitt).

Anhang A fasst alle erhobenen Parameter der 19 Aufnahmeflächen zusammen. Insgesamt wurde somit eine Waldfläche von 950 m<sup>2</sup> in diese Untersuchung miteinbezogen.



Foto: U.-B. Brändli, WSL



Foto: I. Schelewer

Abb. 3 und 4. Natürlicher Waldmeister-Buchenwald (links) und Tannen-Buchenwald (rechts) in den ukrainischen Karpaten. Bilder aus dem Naturführer zum Karpaten-Biosphärenreservat (Brändli & Dowhanytsch 2003).

## **Untersuchten Parameter am Totholz**

Ein Totholz-Stück, sei es ein Ast, ein Zweig oder ein Baumstrunk, mit einem Fruchtkörper eines holzbewohnenden Basidiomyceten wird im Weiteren Fund genannt.

Für jeden einzelnen Fund wurden folgende Parameter erfasst: Länge und Durchmesser der Äste, sowie Abbaugrad des Holzes.

Länge und Umfang wurden mit einem Messband auf 0,5 cm genau gemessen und der Durchmesser daraus abgeleitet.

Der Abbaugrad des Holzes wurde mit Hilfe eines Penetrometers gemessen (Penetrometer PNR10 der Firma Petrotest<sup>TM</sup>). Bei diesem Messgerät penetriert eine frei fallende Nadel ein beliebiges Material mit einem genau definierten Gewicht und für eine vorbestimmte Zeit. Die Tiefe des Eindringens ins Holz, kann als Grad für seinen Abbauzustand gelten. Um die Daten verschiedener Holzarten miteinander vergleichen zu können, wurden die gemessenen Werte mit einem Korrekturfaktor (der relativen Dichte der Holzart) multipliziert. Die Werte der relativen Dichte der Holzarten stammen aus Kučera & Gfeller (1994) und Sell (1997).

Die Penetrometer-Methode ist besser reproduzierbar und nicht so subjektiv gefärbt, wie die häufig in Feldstudien angewandte «Messermethode», wo abgeschätzt wird, wie tief ein Sackmesser in Totholz eindringt (z.B. Renvall 1995).

## **Totholzkategorien**

Die gefundenen Holzteile wurden je nach Durchmesser, gemäss der Einteilung von Krüys & Jonsson (1999) und Küffer & Senn-Irlet (2003), in drei Kategorien eingeteilt: «coarse woody debris» CWD (Stämme und grobe Äste) ab 10 cm Durchmesser, «fine woody debris» FWD (Äste) 5-9,9 cm Durchmesser und «very fine woody debris» VFWD (Zweige und dünne Äste) bis 4,9 cm Durchmesser.

## **Bestimmungsarbeit**

Die Bestimmung der gesammelten Fruchtkörper ist in den meisten Fällen erst mit Hilfe von Binokular und Mikroskop möglich. Dabei werden verschiedene chemische Reagenzien wie Melzer-Lösung (Iodreaktionen) oder Baumwollblau (Cyanophilie) benötigt, da oft nur diese die charakteristischen Merkmale der Arten enthüllen. In vielen Fällen braucht es zur Bestimmung mehrere Präparate, was häufig einen grossen Zeitaufwand bedeutet.

## **Systematik**

In dieser Studie wurden nur holzbewohnende Arten aus der Ordnung der Aphyllophorales (Basidiomyceten) untersucht. Darin enthalten sind als grösste Gruppe die Rindenpilze oder Corticiaceae (z.B. die Zähnchenrindenpilze *Hyphodontia* oder die Zystidenrindenpilze *Peniophora*), aber auch Arten der Polyporaceae (z.B. die Trameten *Trametes* oder die Knorpelporlinge *Skeletocutis*) und Hymenochaetaceae (z.B. die Borstenscheiblinge *Hymenochaete*), sowie die corticioiden Vertreter der Thelephoraceae (Tomentelloideae) und Coniophoraceae (z.B. die Braunspor-Rindenpilze *Coniophora* oder die Fältlingshäute

*Leucogyrophana*). Zusätzlich wurden die holzbewohnenden Vertreter (z.B. die Gallertkrusten *Exidiopsis* oder die Wachskrusten *Sebacina*) der Heterobasidiomycetidae miteinbezogen.

### **Taxonomie**

Die Bestimmung der Funde folgte in erster Linie der Reihe «The Corticiaceae of North Europe» Eriksson & Ryvarden (1973, 1975, 1976); Eriksson et al. (1978, 1981, 1984); Hjortstam et al. (1987, 1988), sowie Jülich (1984). Des Weiteren wurde für die Polyporaceae Bernicchia (1990) und Jülich (1984), für die Coniophoraceae Hallenberg & Eriksson (1985), für die Tomentelloideae Køljalg (1996) und für die Heterobasidiomycetidae Jülich (1984) beigezogen.

Für alle Gruppen wurden zusätzliche Informationen aus den bebilderten Werken von Breitenbach & Kränzlin (1986) sowie Krieglsteiner (2000) benutzt.

Daneben wurde auf eine Fülle von spezieller taxonomischer Literatur zu den einzelnen Gattungen und Arten zurückgegriffen, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll.

### **Nomenklatur**

Die Nomenklatur richtet sich bei den Corticiaceae nach Hjortstam (1997), bei den Polyporaceae nach Bernicchia (1990), bei den Coniophoraceae nach Hallenberg & Eriksson (1985) und nach Køljalg (1996) bei den Tomentelloideae. Die Nomenklatur der Heterobasidiomycetidae folgt Wojewoda (1981) und Jülich (1984).

### **Statistische Analysen**

Von jeder Pilzart, die sowohl in den ukrainischen Wäldern, als auch in den Schweizer Aufnahmeflächen gefunden werden konnte, wurden die gemessenen Parameter miteinander verglichen und auf mögliche signifikante Unterschiede hin untersucht. Vorgängig wurde geprüft, ob die Verteilung der Pilzfunde einer Normalverteilung entspricht und somit strenge statistische Tests überhaupt zulässig sind. Diese Analysen wurden nur mit Arten durchgeführt, die mehr als 20-mal gefunden werden konnten (Edman & Jonsson 2001).

Mit dem Statistikprogramm 'R' (Ihaka & Gentleman 1996) wurde eine «Principle Coordinate Analysis» (PCoA) durchgeführt. Dabei sollen aufgrund der Artenzusammensetzung in den einzelnen Aufnahmeflächen die wichtigsten Variationen unter den verschiedenen Aufnahmeflächen herausgearbeitet werden. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen PCA («Principle Component Analysis»), werden bei einer PCoA die Daten zuerst mit einem Distanzindex (in diesem Fall mit dem Bray-Curtis-Index) in eine Distanzmatrix transformiert, die dann als Grundlage für die Analyse dient. Der Vorteil dieser Methode liegt vor allem darin, dass mit dem Bray-Curtis-Index die Daten nicht als Präsenz-Absenz-Daten in die Analyse eingehen, sondern die Anzahl der Funde berücksichtigt werden (Legendre & Legendre 1998).

## 5. Resultate

### Artenvielfalt

Insgesamt konnten in den 19 Aufnahme­flächen 766 Äste mit 141 Arten von corticioiden und poroiden Basidiomyceten gefunden werden. Die untersuchte Waldfläche beträgt insgesamt 950 m<sup>2</sup>. Die Arten sind in einer Tabelle in Anhang B zusammengestellt.

Die Artenvielfalt ist sehr ungleich in den beiden Aufnahme­regionen verteilt: während in den Schweizer Waldmeister-Buchenwäldern mit 8 Untersuchungs­flächen 54 Pilzarten gefunden wurden, konnten in der Ukraine in nur 5 Untersuchungs­flächen 63 Arten nachgewiesen werden (Tab. 1). Ein ähnliches Muster kann in den Tannen-Buchenwäldern beobachtet werden.

Tab. 1. Anzahl Pilzarten und Anzahl Funde pro Aufnahme­region und Waldgesellschaft (UA: Ukraine, CH: Schweiz).

Region und Waldgesellschaft	Untersuchungs­flächen n	Anzahl Arten	Anzahl Funde	mittlere Anz. Arten/Fläche	mittlere Anz. Funde/Fläche	Arten/Fund
UA, Galio-Fagenion	5	63	273	19.4	54.6	0.36
CH, Galio-Fagenion	8	54	311	15.0	38.9	0.39
UA, Abieti-Fagenion	3	62	194	24.7	54.7	0.41
CH, Abieti-Fagenion	3	40	115	17.0	38.3	0.43

Wie bei vielen anderen mykologischen Untersuchungen (z.B. Tofts & Orton 1998), sind die Funde sehr unregelmässig auf die Arten verteilt: nur gerade 8 Arten (5,6 %) wurden mehr als 20-mal gefunden. Dieses Verteilungsmuster trifft auf beide Buchenwaldtypen zu und auch auf beide Aufnahme­standorte (Abb. 5).

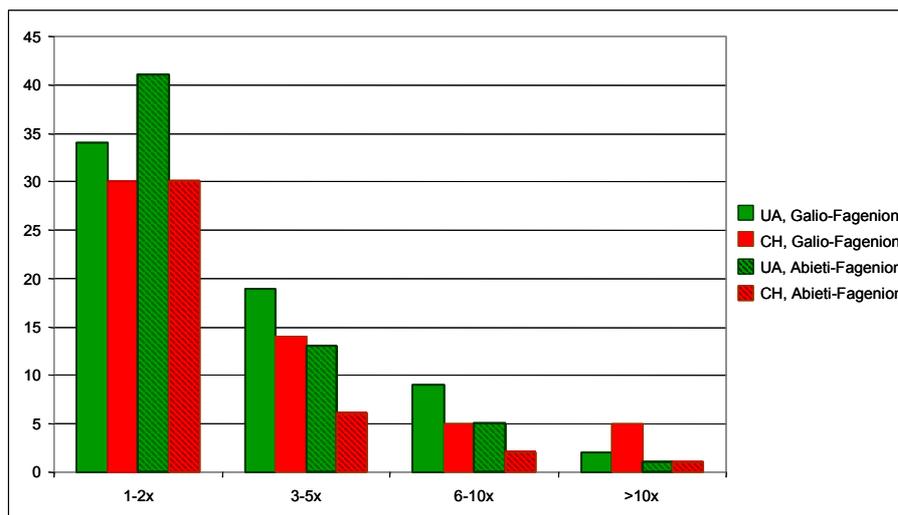


Abb. 5. Die Verteilung der Funde auf die Artenzahl.

Die ungleichmässige Verteilung der Funde ist typisch für Höhere Pilze. Die beiden Waldgesellschaften zeigen sowohl im Naturwald, wie im bewirtschafteten Wald ein ähnliches Muster (UA: Ukraine, CH: Schweiz).

Der Shannon-Index zeigt die Vielfalt der Aufnahmen, wobei ein hoher Wert auf eine grosse Diversität hinweist. Die Evenness zeigt an, wie gleichmässig die Arten innerhalb einer Aufnahme verteilt sind. Ein hoher Shannon-Wert und gleichzeitig eine hohe Evenness, wie in den Buchenwäldern der Ukraine, weisen auf eine hohe Diversität und eine relativ homogene Verteilung der Arten hin (Tab. 2). Hingegen scheinen die Pilzarten in den Schweizer Wäldern viel ungleichmässiger verteilt zu sein (kleinere Evenness).

Tab. 2: Die Werte des Shannon-Indexes und der Evenness für die vier Waldtypen (UA: Ukraine, CH: Schweiz).

Region und Waldgesellschaft	n	Anzahl Arten	Shannon-Index	Evenness
UA, Galio-Fagenion	5	63	3.752	0.902
CH, Galio-Fagenion	8	54	3.292	0.822
UA, Abieti-Fagenion	3	62	3.759	0.911
CH, Abieti-Fagenion	3	40	3.035	0.823

Die Summenkurven der Untersuchungsflächen aus der Ukraine zeigen noch keinen Sättigungspunkt, diejenigen aus der Schweiz nähern sich hingegen sichtlich einem Sättigungspunkt (Abb. 6). Mit anderen Worten ausgedrückt heisst dies, dass in den ukrainischen Naturwäldern in weiterführenden Untersuchungen wahrscheinlich noch weitere Arten nachgewiesen werden könnten. Diese Feststellung trifft sowohl auf die Waldmeister-Buchenwälder, als auch auf die Tannen-Buchenwälder zu.

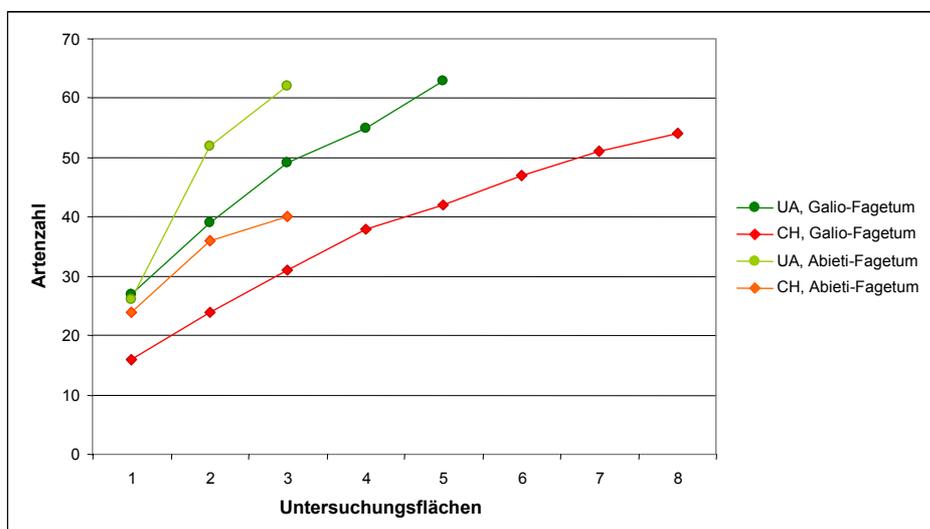


Abb. 6. Artensummenkurven für Waldmeister- und Fichten-Tannen-Buchenwälder in der Schweiz und den ukrainischen Karpaten.

In beiden Waldgesellschaften steigt die Artensummenkurve der ukrainischen Standorte unvermindert an, während die Artensummenkurven der bewirtschafteten Schweizer Wälder abflacht (UA: Ukraine, CH: Schweiz).

## Unterschiede zwischen der Schweiz und der Ukraine, sowie zwischen den beiden Buchenwaldgesellschaften

In beiden Regionen zeigten sich deutliche Unterschiede in der Artenzahl (Tab. 1). In den natürlichen Buchenwäldern der Karpaten konnten mehr Pilzarten gefunden werden, als in den bewirtschafteten Wäldern der Schweiz. Innerhalb der Ukraine stellte sich das Abieti-Fagenion mit 24,7 Arten pro Fläche als artenreicher heraus als das Galio-Fagenion mit 19,4 Arten. Ebenso in den untersuchten Schweizer Wäldern, allerdings mit geringeren Artenzahlen: Waldmeister-Buchenwald mit durchschnittlich 15 Arten pro Fläche und Tannen-Buchenwald mit 17 Arten.

Durch einfache paarweise t-Tests konnten jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Artenzahl in den verschiedenen Waldgesellschaften und Regionen gefunden werden.

## Multivariate Analysen

Die «Principle Coordinate Analysis» (PCoA) visualisiert in einer anschaulichen Weise die Variationen innerhalb des Datensatzes (Abb. 7). Die Untersuchungsflächen aus den Wäldern der ukrainischen Karpaten liegen viel näher zusammen, als die Flächen aus der Schweiz. Die Varianz in der Pilzartenzusammensetzung der Ukraine ist demnach viel kleiner als in der Schweiz.

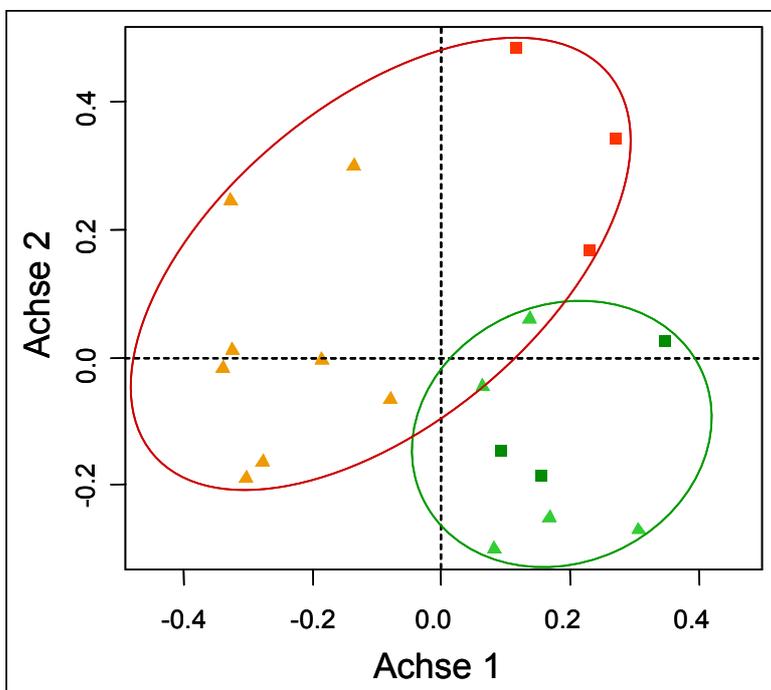


Abb. 7. Die Principle Coordinate Analysis der 19 Untersuchungsflächen. Die rote Ellipse umkreist die Flächen aus der Schweiz, die grüne Ellipse diejenigen aus der Ukraine. Dreiecke bezeichnen Waldmeister-Buchenwälder, Quadrate Fichten-Tannen-Buchenwälder. Mit den beiden ersten Achsen erklärte Variabilität: 15,4 %.

## Was können Berechnungen über die Pilzfruchtkörperdichte aussagen?

Mit einer einfachen Division wurde ausgerechnet, wieviele Pilzarten pro Totholz-Fund gefunden werden können (Tab. 1). Ein Wert nahe 1 weist auf eine gleichmässige Verteilung der Arten hin, während ein Wert nahe 0 auf eine sehr ungleichmässige Verteilung deutet.

Besonders auffallend ist dabei der Unterschied zwischen den Werten der Untersuchungsflächen aus der Ukraine und der Schweiz. In der Schweiz wurden mehr Pilzarten pro Totholz-Fund nachgewiesen. Das heisst, die Wahrscheinlichkeit einen Pilzfruchtkörper an einem zufällig aufgelesenen Ast zu finden ist in einem Schweizer Wald grösser, als in den ukrainischen Wäldern. Obwohl diese Unterschiede statistisch nicht signifikant sind, kann doch daraus vermutet werden, dass in Schweizer Wäldern nicht genügend Totholz als Substrat für die holzbewohnenden Pilze vorhanden ist.

## Wie sind die Arten über die Totholz-Kategorien verteilt?

Zur weiteren Veranschaulichung von Unterschieden und Gemeinsamkeiten der natürlichen und bewirtschafteten Wälder, wurden die gefundenen Äste und Zweige in die Totholz-kategorien nach Krüys & Jonsson (1997) und Küffer & Senn-Irlet (2003) eingeteilt (Abb. 8 und 9, sowie Tab. 3). Dabei wird nur der Durchmesser der Äste oder Zweige berücksichtigt.

In den bewirtschafteten Wäldern der Schweiz konnten keine Äste der grössten Kategorie, also sehr grobe Äste oder gar Stämme, gefunden werden. In der Ukraine hingegen konnten immerhin 15,9 % der Pilzfunde im Waldmeister-Buchenwald und 8,5 % im Tannen-Buchenwald auf groben Ästen oder Stämmen gemacht werden.

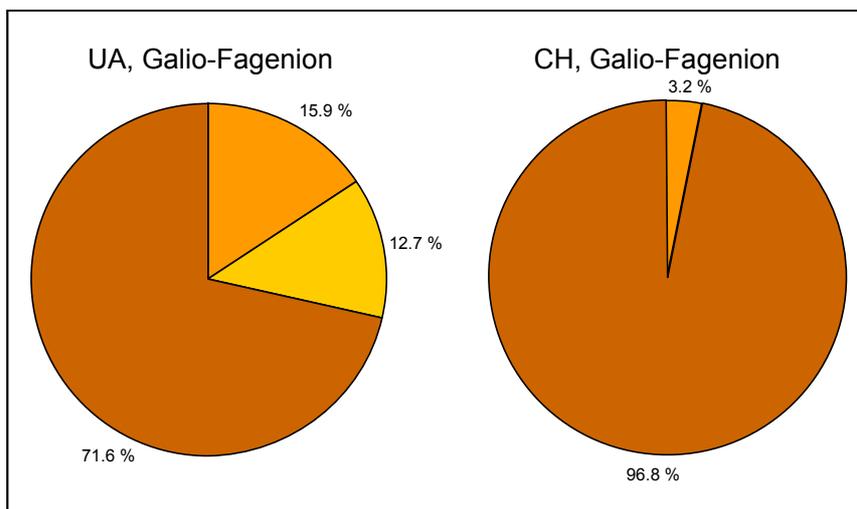


Abb. 8. Die Anteile „Coarse Woody Debris“ ■, „Fine Woody Debris“ ■ and „Very Fine Woody Debris“ ■ in den Waldmeister-Buchenwäldern in der Ukraine und in der Schweiz.

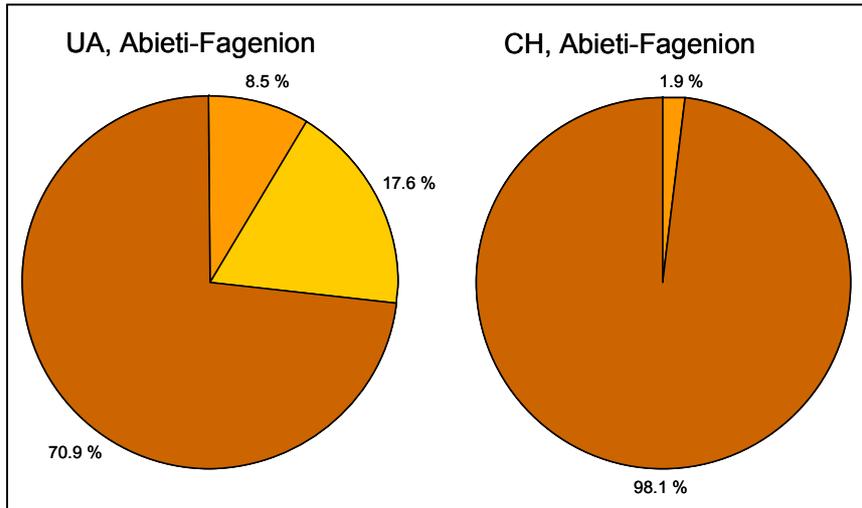


Abb. 9. Die Anteile „Coarse Woody Debris“ ■, „Fine Woody Debris“ ■ and „Very Fine Woody Debris“ ■ in den Tannen-Buchenwäldern in der Ukraine und in der Schweiz.

Die quantitativ wichtigste Totholz-Kategorie war in allen Fällen die kleinen Äste und Zweige. In den Schweizer Wäldern kommen die Pilze fast ausschliesslich an Totholz dieser Kategorie vor. Aber auch in den natürlichen Wäldern der Ukraine, wurden je über 70 % der Pilze an kleinen Ästen und Zweigen gefunden.

Tab. 3. Die prozentualen Anteile zwei verschiedener Totholz-Einteilungen: Totholz-Stärke (CWD: Coarse Woody Debris > 10 cm Durchmesser, FWD: Fine Woody Debris 5-10 cm und VFWD: Very Fine Woody Debris < 5 cm Durchmesser) und Holz-Abbaugrad (UA: Ukraine, CH: Schweiz).

Region und Waldgesellschaft	% CWD	% FWD	% VFWD	% wenig abgebaut	% mittel abgebaut	% stark abgebaut
UA, Galio-Fagenion	15.9	12.7	71.4	76.3	5.6	18.1
CH, Galio-Fagenion	0.0	3.2	96.8	64.0	14.2	21.6
UA, Abieti-Fagenion	8.5	17.6	70.9	58.3	11.3	30.4
CH, Abieti-Fagenion	0.0	1.9	98.1	74.7	11.6	13.7

Eine zweite Einordnung des Totholzes wurde an Hand des Abbaugrades durchgeführt (Tab. 3). Dabei wurden die gemessenen Werte in drei anschauliche Klassen eingeteilt: schwach, mittel und stark abgebautes Holz. Diese Kategorien können als Stadien während des Holzabbauprozesses angesehen werden.

Allgemein kann gesagt werden, dass der Holz-Abbaugrad die bewirtschafteten Wäldern der Schweiz und die natürlichen Wälder der Ukraine weniger gut trennt, als die Totholz-Stärke.

Am meisten Pilzfunde auf stark abgebautem Holz konnte in den Tannen-Buchenwäldern der ukrainischen Karpaten gefunden werden. Aber auch die bewirtschafteten Waldmeister-Buchenwälder der Schweiz wiesen einen hohen Anteil an diesem fortgeschrittenen Abbaustadium auf (21,6 %). Am meisten Pilzfunde konnten in allen Waldgesellschaften auf schwach abgebautem Holz gemacht werden. Dies ist besonders ausgeprägt in den natürlichen Waldmeister-Buchenwäldern mit mehr als 75 % der Funde auf wenig abgebautem Holz.

## Vergleich der Totholz-Parameter in der Schweiz und in der Ukraine, sowie zwischen den beiden Buchenwaldgesellschaften

Ein Vergleich der Totholz-Parameter aus den beiden Buchenwaldgesellschaften in der Schweiz und der Ukraine, zeigt für Länge, Durchmesser und Abbaugrad interessante Unterschiede. Zusammengefasst sind diese in Tabelle 4 dargestellt. Jeweils paarweise wurden die Resultate auf signifikante Unterschiede hin getestet.

Bei der mittleren Anzahl Arten oder Funde pro Untersuchungsfläche konnten in den meisten Fällen keine signifikanten Unterschiede gezeigt werden. Ausser die mittlere Anzahl Totholz-Funde pro Untersuchungsfläche im Waldmeisterbuchenwald scheint in den natürlichen Wäldern der Ukraine höher zu liegen.

Tab. 4. Vergleich der Totholz-Parameter Länge, Durchmesser und Abbaugrad der Totholzfunde in den verschiedenen Waldgesellschaften und Regionen (ns: nicht signifikant, \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ ).

	UA, Galio-Fagenion		CH, Galio-Fagenion		UA, Abieti-Fagenion		CH, Abieti-Fagenion
mittlere Anzahl Arten/Fläche	19.4	ns	15.0		24.7	ns	17.0
mittlere Anzahl Funde/Fläche	54.6	*	38.9		54.7	ns	38.3
Arten/Fund	0.36	ns	0.39		0.41	ns	0.43
Länge der Äste [cm]	116.0	***	66.0		93.1	**	56.5
Durchmesser [cm]	5.6	***	2.1		6.0	***	2.3
Abbaugrad [mm]	3.2	ns	3.9		3.9	**	2.7

Die gemessenen Totholz-Parameter Länge, Durchmesser und Abbaugrad trennen die natürlichen Wälder und die bewirtschafteten stark. Im Waldmeister-Buchenwald der Ukraine sind die Äste/Zweige im Durchschnitt länger und dicker, als im Schweizer Pendant. Hingegen gibt es beim Holz-Abbaugrad keinen signifikanten Unterschied. Die längeren und dickeren Äste unterstreichen die Wichtigkeit, dass auch grosse Äste oder Stämme im Wald liegen bleiben sollen, was in bewirtschafteten Wäldern häufig nicht der Fall ist.

Für die Tannen-Buchen-Wälder, zeigen sich die Unterschiede noch ausgeprägter: in natürlichen Wäldern sind die Äste länger, dicker und stärker abgebaut als in bewirtschafteten Waldgebieten.

Die höheren Artenzahlen in den Tannen-Buchenwäldern gegenüber dem Waldmeister-Buchenwald, kann vor allem mit der Tatsache erklärt werden, dass im Abieti-Fagenion drei Wirtsbäume zu Verfügung stehen (*Fagus*, *Abies* und *Picea*), im Waldmeister-Buchenwald hingegen ist einzig die Buche bestandesbildend. Dieses vielfältigere Substratangebot bietet einer grösseren Zahl der häufig wirtssensitiven oder gar wirtsspezifischen Pilzarten einen Lebensraum.

## Welche Arten kommen in den natürlichen Wäldern der Ukraine vor, nicht aber in der Schweiz?

Die grosse Artenvielfalt in den natürlichen Buchenwäldern der Ukraine ist erstaunlicherweise auf Arten zurückzuführen, die in der Schweiz auch vorkommen. Diese Arten sind jedoch bei uns erst selten gefunden worden und sind wohl durch die Bewirtschaftung oder Fragmentierung unserer Wälder selten geworden. Einige dieser Arten könnten daher als Indikatoren für natürliche Wälder gelten, wie z.B. die Stachelbärte *Hericium alpestre* und *H. coralloides* oder der Zarte Stachelrindenpilz *Dentipellis fragilis*. Diese drei Arten wurden bereits in Skandinavien als Indikatorarten hervorgehoben (Nitare 2000).

Es kann davon ausgegangen werden, dass die zusätzlichen Arten der natürlichen Wälder in der Ukraine nicht auf einen unterschiedlichen Artenpool zurückzuführen ist. Somit ist ein Vergleich der Artenvielfalt zwischen der Ukraine und der Schweiz durchaus vertretbar.

Für eine einzige Art, *Botryobasidium pilosellum*, scheint die Schweiz jedoch ausserhalb des Verbreitungsgebietes zu liegen. Sie wurde bisher nur in den ukrainischen Karpaten (Typuslokalität) und im schlesischen Vorgebirge in Polen (Ronikier, pers Mitt) beobachtet.



Foto: B.Senn-Irlet

Abb. 10 und 11. Der Tannen-Stachelbart *Hericium coralloides* (links) und der Zarte Stachelrindenpilz *Dentipellis fragilis* (rechts): zwei mögliche Indikatorarten für natürliche Buchenwälder.

## Gemeinsamkeiten in der Mykoflora zwischen den Buchenwäldern der Ukraine und der Schweiz

Nur gerade 7 Arten konnten in allen vier Buchenwaldgesellschaften gefunden werden. Es sind dies typische Ubiquisten, die ein grosses Verbreitungsgebiet und geringe Anforderungen an das Substrat stellen. Zu diesen Allroundern gehören: die Schiffchensporige Traubenbasidie *Botryobasidium vagum* oder der Dünnefleischige Rindenpilz *Hyphoderma praetermissum*. Einige unter ihnen können beispielsweise sowohl auf Laubholz, wie auch auf Nadelholz fruktifizieren, was eine weite Verbreitung begünstigt.

Die häufigste Art in dieser Untersuchung, der Zusammenfliessende Reibeisenpilz *Radulomyces confluens*, bevorzugt Laubholz, weisst daneben aber zusätzlich eine beträchtliche Substratpalette auf, so auch auf Nadelholz.

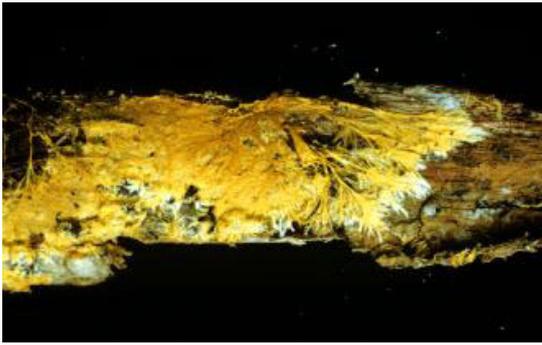


Abb. 12 und 13. Die Schwefelgelbe Faserrand-Wachshaut *Phlebiella vaga* (links) und der Aschgraue Zystidenrindenpilz *Peniophora cinerea* (rechts). Beide Arten sind in Buchenwäldern häufig anzutreffen. *Phlebiella vaga* ist ein typischer Ubiquist, sie wächst auch auf Nadelholz. *Peniophora cinerea* ist beinahe ausschliesslich auf Buchenholz zu finden.

In beiden Waldgesellschaften (Galio-Fagenion und Abieti-Fagenion) konnten *mykorrhizisch* lebende, holzbewohnende Pilzarten gefunden werden (z.B. der Fransige Wollrindenpilz *Amphinema byssoides*). Im Tannen-Buchenwald waren es erwartungsgemäss mehr Arten als im Waldmeister-Buchenwald, da die meisten dieser Pilzarten mit Nadelbäumen in Symbiose leben. Zwischen bewirtschafteten und natürlichen Buchenwäldern konnten hier jedoch keine Unterschiede in der Artenzahl oder der Anzahl Fruchtkörper festgestellt werden.

## 6. Diskussion

### Artenzahl im Vergleich mit ähnlichen Studien aus Mittel- und Osteuropa

In den acht Untersuchungsflächen in der Ukraine konnten total 101 Arten beobachtet werden. Diese Zahl liegt unter derjenigen aus der Checkliste aus Weissrussland (Yurchenko 2003) mit 225 Arten. Allerdings wurden darin nebst Felduntersuchungen auch Literaturhinweise und v.a. viele verschiedene Substrate berücksichtigt. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Artenzahl aus den natürlichen Buchenwäldern der Ukraine vergleichbar gross ist.

Die Zahl aus den Schweizer Buchenwäldern, 73 Arten, kann v.a. mit einer Arbeit aus einem deutschen Buchenwald verglichen werden: Grosse-Brauckmann (1999) fand im Rahmen einer Untersuchung 155 Arten in einem Waldmeister-Buchenwald. Dies sind zwar fast doppelt so viele, doch sammelte sie die Pilze über drei Jahre bei mehrfachen Begehungen, was die jährlichen Unterschiede ausgleicht. In der vorliegenden Untersuchung wurde mit einer einzigen Begehung immerhin die Hälfte gefunden.

Küffer & Senn-Irlet (2003) fanden in einer 50 m<sup>2</sup>-Untersuchungsfläche im Sihlwald 23 Arten. Dieser Wert liegt ein wenig höher als in der vorliegenden Untersuchung mit durchschnittlich 15 Arten. Allerdings lag die Untersuchungsfläche mit 23 Arten nicht in einem reinen Buchenbestand, was aufgrund der grösseren Substratvielfalt eine höhere Pilzartenvielfalt begünstigt.

Die Artenzahlen aus der vorliegenden Studie lassen sich durchaus mit anderen, ähnlichen Untersuchungen vergleichen, sowohl in Mittel-, wie in Osteuropa.

### Warum sind die natürlichen Buchenwälder artenreicher als die bewirtschafteten?

Für die Pilz-Artenvielfalt ist besonders ein breites Spektrum verschiedener Holzqualitäten wichtig (Küffer & Senn-Irlet 2003). Besonders Totholz diverser Baumarten, verschiedenen Volumens, unterschiedlichen Alters und verschiedenen Abbaugrades ist für eine hohe Pilz-Artenvielfalt von zentraler Bedeutung. Die moderne Forstwirtschaft beeinflusst alle diese Faktoren und auch die gesamte Totholzmenge, die den holzbewohnenden Pilzen als Substrat dient.

Aus der Sicht der holzbewohnenden Pilze kann somit gesagt werden, dass die Forstwirtschaft tatsächlich einen entscheidenden Einfluss auf die Artenvielfalt hat. Das heisst aber nicht, dass in bewirtschafteten Wäldern nicht auch ein grosser Artenreichtum oder seltene Arten gefunden werden können (Küffer & Senn-Irlet 2003). Standortgerechte Bestockungen und extensive Bewirtschaftung können auch einen wichtigen Beitrag leisten (Gustafsson 2002).

Für einige Pilzarten, oft mit grossfleischigen Fruchtkörpern, sind über längere Zeit nicht bewirtschaftete Wälder unbedingt nötig. So konnten z.B. die Stachelbärte *Hericium* spp. nur in den natürlichen Wäldern der Ukraine gefunden werden, nicht aber im Sihlwald, obwohl eigentlich genügend geeignete Substrate vorhanden wären. Die unterbrochene ökologische Kontinuität («ecological continuity») mögen da eine Rolle spielen (Nordén & Appelqvist 2001).

Neben der zeitlichen Zerstückelung spielt auch die *räumliche* Fragmentierung eines Waldes eine wichtige Rolle für die Erhaltung der Biodiversität (Scherzinger 1996). Es ist unbestreitbar, dass in der Schweiz die Buchenwälder im Mittelland unzusammenhängend und stark fragmentiert sind. Natürliche oder naturnahe Wälder sind selten und müssen deshalb als kleine „Inseln“ angesehen werden, die ein Rückzugsgebiet für anspruchsvolle Arten darstellen. Von diesem Artenpool kann eine Wiederbesiedlung geeigneter Substrate in

anderen Wäldern ausgehen. Je näher ein geeigneter Wald bei einem solchen Artenpool liegt und je weiter sich dieser Wald ausdehnt, desto wahrscheinlicher wird eine spontane Besiedlung. Trotz der immensen Anzahl Sporen, die ein Pilzfruchtkörper produzieren kann, nimmt die Verbreitungswahrscheinlichkeit in einem geschlossenen Wald bereits nach einigen hundert Metern stark ab (Nordén & Larsson 2000).

### **Zeigen andere Organismengruppen ähnliche Verteilungsmuster wie die holzbewohnenden Pilze?**

Im Rahmen der Osteuropa-Zusammenarbeit des Nationalfonds (SCOPES), wurde an der WSL ein grösseres Projekt zum Vergleich der Biodiversität in natürlichen und bewirtschafteten Buchenwäldern lanciert. Diese Untersuchungen wurden in den gleichen Standorten durchgeführt, wie die vorliegende Studie. Ganz unterschiedliche Organismengruppen wurden dabei untersucht.

Erste Resultate zeigen, dass nur die holzbewohnenden (saproxylobionten) Käfer und die Diplopoden in den natürlichen Wäldern der Ukraine artenreicher sind. Bei den meisten anderen Organismengruppen (z.B. Kurzflügelkäfern Staphylinidae, Laufkäfern Carabidae oder Schnecken) zeigt sich eine Tendenz zu grösserem Artenreichtum in den bewirtschafteten Buchenwäldern der Schweiz (Duelli, pers Mitt).

### **Bedeutung der Zweige für die Erhaltung der Artenvielfalt von holzbewohnenden Pilzen**

Zweige und kleine Äste spielen in intensiv genutzten Wäldern eine entscheidende Rolle als Rückzugsgebiet für die Pilzarten. Da kein günstigeres, gröberes Substrat zur Verfügung steht, sind viele Pilzarten dazu gezwungen. Die hohen Prozentzahlen der Funde auf Zweigen und kleinen Ästen in den untersuchten Schweizer Wäldern lassen darauf schliessen (vgl. Tab. 3). In den natürlichen Buchenwäldern hingegen ist dieser Prozentsatz niedriger und dafür der Anteil der groben Äste oder Stämme höher. Diese „coarse woody debris“ werden oft als Schlüsselement für die Biodiversität im Wald bezeichnet (Heilmann-Clausen & Christensen 2003). Besonders für Arten mit grossen, ausdauernden Fruchtkörpern sind dicke Äste oder Stämme überlebenswichtig (Nordén et al. 2004).

### **Warum sind die holzbewohnenden Pilze so wichtig für das Funktionieren unserer Wälder?**

Es kann nicht genug betont werden, welche wichtigen ökologischen Funktionen die holzbewohnenden Pilze übernehmen: der Abbau der toten organischen Biomasse und bei einigen Arten die Mykorrhizasymbiose. Bei beiden Prozessen leisten besonders die Rindenpilze einen unerlässlichen Beitrag (Swift 1982; Kõljalg et al. 2000).

Die verschiedenen Pilzarten haben unterschiedliche Abbaugeschwindigkeiten. Rasche Abbauer, wie z.B. der striegelige Schichtpilz *Stereum hirsutum*, besiedeln das Substrat meist früh in der Sukzession und leiten zu einem anderen Set an Folgearten über, als langsamere Abbauer, wie z.B. die dünnhäutigen Arten der Gattung *Athelia* (Niemelä et al. 1995). Diese beiden Arten mögen als Beispiele für die beiden Hauptgruppen innerhalb des Holz-Abbauprozesses dienen: Frühbesiedler «early stage» oder «pioneer species» und Nachfolger «successor species». Die beiden Typen stellen ganz unterschiedliche Anforderungen an ihr Substrat (Niemelä et al. 1995).

Wenn man die Verteilung der Abbaustadien anschaut (vgl. Tab. 3), dann fällt auf, dass der Anteil an bereits stark abgebautem Holz im Waldmeister-Buchenwald in der Ukraine und in der Schweiz etwa gleich hoch ist (rund ein Fünftel). In dieser Hinsicht wäre also geeignetes Substrat für spezialisierte Pilze vorhanden. Es müssen hier also andere Gründe vorliegen, die es diesen Arten verunmöglichen sich anzusiedeln. Sicher spielt das Fehlen von groben Ästen oder Stämmen eine Rolle, zurückzuführen auf den Einfluss der Forstwirtschaft.

Im Tannen-Buchenwald zeigt sich ein anderes Bild: die untersuchten Wälder der Ukraine haben einen viel höheren Anteil an stark abgebautem Holz, als ihr Schweizer Pendant. Der Einfluss der Forstwirtschaft scheint sich im Fichten-Tannen-Buchenwald mit seiner geringeren Wuchsleistung und seiner kleineren Turnover stärker zu manifestieren, als im Waldmeister-Buchenwald.

### **Rote Listen gefährdeter Pilzarten**

Ein Blick auf verschiedene, europäische Rote Listen gefährdeter Pilzarten zeigt, dass einige Arten daraus in der vorliegenden Untersuchung gefunden werden konnten (vgl. Anhang B).

Die bezüglich den Naturräumen am ehesten mit der Schweiz vergleichbaren Länder Deutschland (DGfM & NaBu 1992) und Österreich (Krisai-Greilhuber 1999), beinhalten 7 Arten (Deutschland) beziehungsweise eine Art (Österreich), die hier nachgewiesen werden konnten.

In den Roten Listen der skandinavischen Länder Norwegen (Bendiksen et al. 1998), Schweden (Gärdenfors 2000) und Finnland (Rassi et al. 2001), konnten mehrere Arten gefunden werden. Diese Länder sind aber nur bedingt mit den Verhältnissen in der Schweiz vergleichbar (abweichende Klimata und Wälder).

Die einzige Art aus der Roten Liste der Schweiz (Senn-Irlet et al 1997) ist der Stachelbart *Hericium coralloides*. Diese Art benötigt grosse, tote Stämme, um Fruchtkörper zu bilden. Deswegen kommt sie v.a. in ungestörten, von der Forstwirtschaft wenig beeinflussten Wäldern vor. In der Datenbank „Fungus“ an der WSL liegen von dieser Art nur wenige Funde für die Schweiz vor. In den natürlichen Wäldern der Ukraine konnte sie relativ oft beobachtet werden.

### **Holzbewohnende Pilze im Naturschutz**

Wie bereits erwähnt, können einige der holzbewohnenden Pilze, so etwa der Stachelbart, als Indikatoren für natürliche Wälder oder naturnahen Waldbau gelten, da sie hauptsächlich in nicht oder wenig bewirtschafteten Wäldern vorkommen. Peterken (1974) entwickelte das Konzept der Indikatorarten für den Naturschutz. Um als Indikatorart für eine naturnahe Waldbewirtschaftung oder gar «Naturnähe» zu gelten, müssen aber einige Kriterien erfüllt sein:

- grosse Vorkommenswahrscheinlichkeit in der Kategorie, die die Art anzeigen soll,
- darin aber konstant und häufig anzutreffen,
- auf Veränderungen oder Eingriffe in den Lebensraum sensibel reagierend,
- leicht zu finden und zu bestimmen d.h. mit grossen Fruchtkörpern (Norstedt et al. 2001).

Der Stachelbart *Hericium* spp. und auch der Zarte Stachelrindenpilz *Dentipellis fragilis* erfüllen diese Kriterien weitgehend. Ja, sie sind sogar so attraktiv, dass sie als „flagship species“ für den Naturschutz im Wald gelten könnten. Besonders attraktive Arten, können zur Sensibilisierung der Bevölkerung beitragen und so den Naturschutz fördern (als „Flaggschiffe“ des Naturschutzes). In Skandinavien gelten beide Arten bereits als Indikatoren für besonders schützenswerte Wälder (Nitare 2000).

## **7. Publikationen**

Am internationalen Kongress zu Naturwäldern in der temperierten Zone Europas, der im Oktober 2003 in Mukachevo (Transkarpatien, Ukraine) stattgefunden hat, wurde ein Poster mit ersten Resultaten präsentiert (Küffer et al. 2003).

Zu aktuellen Fragen der Naturwaldforschung, des Naturschutzes und der Mykologie werden an ein internationales Publikum gerichtete Artikel folgen.

## 8. Literatur

- Bader, P., Jansson, S. & B.G. Jonsson 1995. Wood-inhabiting fungi and substratum decline in selectively logged boreal spruce forests. *Biological Conservation* 72: 355-362.
- Bendiksen, E., Høiland, K., Brandrud, T. E. & J. B. Jordal 1998. Rødliste for truede sopparter i Norge - Red list of threatened fungi in Norway. *Fungiflora*, Oslo.
- Bernicchia, A. 1990. Polyporaceae s.l. in Italia. *Istit. di Patologia Vegetale*, Bologna. 594 pp.
- Brändli, U.-B. & J. Dowhanytsch (Hrsg.) 2003. Urwälder im Zentrum Europas. Ein Führer durch das Karpaten-Biosphärenreservat in der Ukraine. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf & Karpaten-Biosphärenreservat, Rakhiv. Haupt, Bern. 192 pp.
- Brassel, P. & U.-B. Brändli (Hrsg.) 1999. Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme. 1993-1995. Haupt, Bern. 442 pp.
- Breitenbach, J. & F. Kränzlin 1986. Pilze der Schweiz 2. Nichtblätterpilze. *Mykologia*, Luzern.
- Commarmot, B., Duelli, P. & V. Chumak 2000. Urwaldforschung – Beispiel Biosphärenreservat Transkarpatien. *Forum für Wissen* 2000: 61-68.
- Commarmot, B., Zingg, A. & V.I. Parpan 2001. Vom Urwald lernen. Neues Projekt im Sihlwald und im ukrainischen Buchenurwald. *Informationsblatt Forschungsbereich Wald* 6: 5-7.
- Commarmot, B., Bachofen, H., Bürgi, A., Ramp, B., Shparyk, Y.S., Sukhariuk, D.D. & R.M. Viter 2003. Structures of virgin and managed beech forests: First results of a case study in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland). In: Hamor, F.D. & B. Commarmot (eds.) 2003. *Natural forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation*, International Conference in Mukachevo, Transcarpathia, Ukraine. October 13-17, 2003. Carpathian Biosphere Reserve, Rakhiv; Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf. p. 52.
- Chumak, V.O., Duelli, P., Rizun, V., Obrist, M.K. & P. Wirz 2003. Arthropod diversity in virgin and managed forest ecosystems. In: Hamor, F.D. & B. Commarmot (eds.) 2003. *Natural forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation*, International Conference in Mukachevo, Transcarpathia, Ukraine. October 13-17, 2003. Carpathian Biosphere Reserve, Rakhiv; Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf. p. 50.
- Courtecuisse, R. 1997. Liste Rouge des champignons menacés de la Région Nord-Pas-de-Calais (France). *Cryptogamie, Mycologie* 18: 183-219.
- Dämon, W. 2001. Die corticioiden Basidienpilze des Bundeslandes Salzburg (Österreich). *Floristik, Lebensräume und Substratökologie*. *Bibliotheca Mycologica* 189. J.Cramer, Berlin. 413 pp.
- Delarze, R., Gonseth, Y. & P. Galland 1999. *Lebensräume der Schweiz. Ökologie, Gefährdung, Kennarten*. Ott Verlag, Thun. 413 pp.
- Deutsche Gesellschaft für Mykologie (DGfM) & Naturschutzbund Deutschland (NaBu) 1992. Rote Liste der gefährdeten Grosspilze in Deutschland. *Naturschutz Spezial*.
- Edman, M. & B.G. Jonsson 2001. Spatial pattern of downed logs and wood-decaying fungi in an old growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 12: 609-620.
- Eriksson, J. & L. Ryvarden. 1973. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 2: 59-286 (*Aleurodiscus – Confertobasidium*). *Fungiflora*, Oslo.
- Eriksson, J. & L. Ryvarden. 1975. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 3: 287-546 (*Coronicium – Hyphoderma*). - *Fungiflora*, Oslo.

- Eriksson, J. & L. Ryvarde 1976. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 4: 547-886 (*Hyphodermella* – *Mycoacia*). - Fungiflora, Oslo.
- Eriksson, J., K. Hjortstam & L. Ryvarde 1978. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 5: 887-1048 (*Mycoaciella* – *Phanerochaete*). - Fungiflora, Oslo.
- Eriksson, J., K. Hjortstam & L. Ryvarde 1981. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 6: 1049-1276 (*Phlebia* – *Sarcodontia*). - Fungiflora, Oslo.
- Eriksson, J., K. Hjortstam & L. Ryvarde 1984. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 7: 1279-1449 (*Schizopora* – *Suillosporium*). - Fungiflora, Oslo.
- Gärdenfors, U. (ed.) 2000. Rödlister arter i Sverige 2000 – The 2000 Red List of Swedish Species. ArtDatabanken, Uppsala.
- Grosse-Brauckmann, H. 1999. Holzbewohnende Pilze aus dem Naturwaldreservat Kniebrecht (Odenwald, Südhessen). Zeitschrift für Mykologie 65: 115-171.
- Gustafsson, L. 2002. Presence and abundance of Red-Listed plant species in Swedish forests. Conservation Biology 16: 377-388.
- Gustafsson, L., DeJong, J. & M. Norén. 1999. Evaluation of Swedish woodland key habitats using red-listed bryophytes and lichens. Biodiversity and Conservation 8: 1101-1114.
- Hallenberg, N. & J. Eriksson 1985. The Lachnocladiaceae and Coniophoraceae of North Europe. Fungiflora, Oslo.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K. & K.W. Cummins 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Advances in Ecological Research 15: 133-302.
- Heilmann-Clausen, J. & M. Christensen 2003. Fungal diversity on decaying beech logs – implications for sustainable forestry. Biodiversity and Conservation 12: 953-973.
- Hjortstam, K. 1997. A checklist to genera and species of corticioid fungi (Basidiomycotina, Aphyllophorales). Windahlia 23: 1-54.
- Hjortstam, K., K.-H. Larsson & L. Ryvarde 1987. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 1: 1-58 (Introduction and keys). - Fungiflora, Oslo.
- Hjortstam, K., K.-H. Larsson & L. Ryvarde 1988. The Corticiaceae of North Europe. Vol. 8: 1450-1631 (*Thanatephorus* – *Ypsilonidium*). - Fungiflora, Oslo.
- Ihaka, R. & R. Gentleman 1996. R: a language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphical Statistics 5: 299-314.
- Jülich, W. 1984. Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze. – In: Gams, H. (Ed.): Kleine Kryptogamenflora Band IIb/1. Gustav Fischer, Stuttgart. 626 pp.
- Köjljalg, U. 1996. *Tomentella* (Basidiomycota) and related genera in Temperate Eurasia. Synopsis Fungorum 9. 213 pp.
- Köjljalg, U., Dahlberg, A., Taylor, A.F.S., Larsson, E., Hallenberg, N., Stenlid, J., Larsson, K.-H., Fransson, P.M., Kårén, O. & L. Jonsson 2000. Diversity and abundance of resupinate theleporoid fungi as ectomycorrhizal symbionts in Swedish boreal forests. Molecular Ecology 9: 1985-1996
- Krieglsteiner, G.J. (Hrsg.) 2000. Die Grosspilze Baden-Württembergs. Bd. 1. Allgemeiner Teil; Ständerpilze: Gallert-, Rinden-, Stachel- und Porenpilze. Ulmer, Stuttgart. 629 pp.
- Krisai-Greilhuber, I. 1999. Rote Liste der gefährdeten Grosspilze Österreichs. In: Niklfeld, H. (Hrsg.) Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. 2. Auflage. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie. Band 10.

- Kruys, N. & B.G. Jonsson 1999. Fine woody debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden. *Canadian Journal of Forestry Research* 29: 1295-1299.
- Kučera, L.J. & B. Gfeller 1994. *Einheimische und fremdländische Nutzhölzer*. Professur Holzwissenschaft ETH, Zürich. 144 pp.
- Küffer, N. & B. Senn-Irlet 2003. *Holzbewohnende Pilze in Schweizer Wäldern*. Projektbericht z.H. BUWAL, Eidg. Forstdirektion, Bern. 56 pp.
- Küffer, N., Lovas, P. & B. Senn-Irlet 2003. Wood-inhabiting fungi in temperate beech forests along a gradient of different management intensity. In: Hamor, F.D. & B. Commarmot (eds.) 2003. *Natural forests in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation*, International Conference in Mukachevo, Transcarpathia, Ukraine. October 13-17, 2003. Carpathian Biosphere Reserve, Rakhiv; Swiss Federal Research Institute WSL, Birmensdorf. p. 208.
- Legendre, P. & L. Legendre 1998. *Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling* 20. Elsevier, Amsterdam. 853 pp.
- Leibundgut, H. 1982. *Europäische Urwälder der Bergstufe*. Haupt, Bern.
- Lindblad, I. 1998. Wood-inhabiting fungi on fallen logs of Norway spruce. Relation to forest management and substrate quality. *Nordic Journal of Botany* 18: 234-255.
- Lizoň, P. 2001. *Red List of Slovak Fungi*. pdf-Dokument zugänglich unter <http://www.eccf.info>.
- Luschka, N. 1993. Die Pilze des Nationalpark Bayerischer Wald. *Hoppea* 53: 5-363
- Niemelä, T., Renvall, P. & P. Penttilä 1995. Interactions of fungi at late stages of wood decomposition. *Ann. Bot. Fennici* 32: 141-152.
- Nitare, J. & M. Norén. 1992. Nyckelbiotoper kartläggs i nytt projekt vid Skogsstyrelsen. *Svensk Bot. Tidskr.* 86: 219-226.
- Nitare, J. (Hrsg.) 2000. *Signalarter. Indikatorer på skyddsvärd skog*. Skogsstyrelsen Förlag, Jönköping. 384 pp.
- Nordén, B., Ryberg, M., Götmark, F. & B. Olausson. 2004. Relative importance of coarse and fine woody debris for the diversity of wood-inhabiting fungi in temperate broadleaf forests. *Biological Conservation* 117: 1-10.
- Nordén, B. & T. Appelqvist 2001. Conceptual problems of Ecological Continuity and its bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 10: 779-791.
- Nordén, B. & K.-H. Larsson 2000. Basidiospore dispersal in the old-growth forest fungus *Phlebia centrifuga* (Basidiomycetes). *Nordic Journal of Botany* 20: 215-219.
- Norstedt, G., Bader, P. & L. Ericson. 2001. Polypores as indicators of conservation value in Corsican pine forests. *Biological Conservation* 99: 347-354.
- Nuss, I. 1999. *Mykologischer Vergleich zwischen Naturschutzgebieten und Forstflächen*. *Libri Botanici* 18.
- Peterken, G. F. 1974. A method for assessing woodland flora for conservation using indicator species. *Biological Conservation* 6: 239-245.
- Peterken, G. F. 1996. *Natural Woodland - Ecology and conservation in Northern temperate regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Primack, R.B. 1995. *Naturschutzbiologie*. Spektrum Verlag, Heidelberg. 713 pp.
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & I. Mannerkoski. (Eds.) 2001. *The 2000 Red List of Finnish species*. The Ministry of the Environment and the Finnish Environment Institute, Helsinki, 432 pp.

- Renvall, P. 1995. Community structure and dynamics of wood-rotting basidiomycetes on decomposing conifer trunks in northern Finland. *Karstenia* 35: 1-51.
- Saniga, M. & J.-Ph. Schütz 2001. Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Schweizerische Zeitung für das Forstwesen* 152: 407-416.
- Scherzinger, W. 1996. *Naturschutz im Wald*. Verlag E.Ulmer, Stuttgart. 447pp.
- Schiegg, K. 1998. Totholz bringt Leben in den Wirtschaftswald. *Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen* 149: 784-794.
- Sell, J. 1997. *Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten*. Baufachverlag, Dietikon. 87 pp.
- Senn-Irlet, B., C. Bieri & R. Herzig 1997. Provisorische Rote Liste der gefährdeten Höheren Pilze der Schweiz. *Mycologia Helvetica* 9: 81-110.
- Swift, M.J. 1982. Basidiomycetes as components of forest ecosystems. in: Frankland, J.C, Hedger, J.N. & M.J. Swift (eds.). *Decomposer Basidiomycetes, their biology and ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. 307-337.
- Tibell, L. 1992. Crustose lichens as indicators of forest continuity in boreal coniferous forests. *Nordic Journal of Botany* 12: 427-450.
- Tofts, R.J. & P.D. Orton 1998. The species accumulation curve for agarics and boleti from a Caledonian pinewood. *The Mycologist* 12: 98-102.
- Wojewoda, W. 1981. *Mała flora grzybów*. Tom II. Tremellales, Auriculariales, Septobasidiales. Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszawa. 408 pp.
- Wulf, M. 1997. Plant species as indicators of ancient woodland in northwestern Germany. *Journal of Vegetation Science* 8: 635-642.
- Yurchenko, E.O. 2003. Annotated List of non-poroid Aphylophorales of Belarus. *Mycotaxon* 86: 37-66.

## 9. Dank

Dank an alle, die zum Gelingen dieses Projektes beigetragen haben:

Brigitte Commarmot, WSL Birmensdorf, für die Hilfe bei der Organisation der Feldarbeit in der Ukraine und im Sihlwald

Vasyl Chumak, Pavlo Lovas und Mychailo Mat'kovskyi, Uzhhorod National University, für die Hilfe, Unterstützung und Übersetzung bei der Feldarbeit in den Karpaten

Peter Duelli, WSL Birmensdorf, für die Informationen zum Biodiversitätsvergleich Transkarpatien - Sihlwald

Koni Häne, WSL Birmensdorf, für die Informationen zu den Untersuchungsflächen im Sihlwald

Isabelle Roth, Grün Stadt Zürich, für Informationen zum Sihlwald

Florian Kohler, Université de Neuchâtel, für die Hilfe bei den statistischen Auswertungen (Programm ‚R‘).

Roland Senn, für die Berechnungen der Shannon- und Evenness-Werte

Regula Benz, Université de Neuchâtel, für die sprachliche Überprüfung des Textes.

## 10. Anhang A. Die 19 Aufnahme­flächen in der Ukraine und in der Schweiz.

Flurname, Gemeinde, Kanton, Region, Land, Temperatur (Jahresmittel und Julimit­tel), mittlere Jahresniederschläge [mm]; Waldtyp nach Delarze et al. (1996)

Plot, Koordinaten (Schweiz), Höhe m ü.M., Exposition, Neigung in °, letzte Bewirtschaftung [Jahr], Baumarten

Chornohora, Transkarpatien, Ukraine, 2.8 °C, 11.5 °C, 1466 mm, Abieti-Fagenion

Cho1		1050	S	15		<i>Picea, Fagus</i>
Cho2		1000	SW	10		<i>Fagus, Picea</i>
Cho3		1000	SW	5		<i>Picea, Fagus</i>

Dürsrütiwald, Lauperswil BE, Schweiz, 7.8 °C, 17.6 °C, 1475 mm (Klimadaten der Station Langnau i.E.), Abieti-Fagenion

Dür1	625.400/200.700	910	NWW	10	Winter 1997/98	<i>Picea, Fagus, Abies</i>
Dür2	625.400/200.750	920	NWW	10	Winter 1997/98	<i>Picea, Fagus, Abies</i>

Combe à Lambert, Ste-Croix VD, Schweiz, 5.8 °C, 14.3 °C, 1406 mm (Klimadaten der Station La Chau-de-Fonds), Abieti-Fagenion

SC1	527.750/184.750	1110	SE	10	2000	<i>Picea, Fagus</i>
-----	-----------------	------	----	----	------	---------------------

Sihlwald, Biriboden, Hausen a.A. ZH, Schweiz, 8.2 °C, 17.2 °C, 1128 mm (Klimadaten der Station Zürich SMA), Galio-Fagenion

Sihl1	684.850/233.850	625	NEE	3	spätestens 1999	<i>Fagus, Picea</i>
Sihl2	684.900/233.800	620	N	10	spätestens 1999	<i>Fagus</i>
Sihl3	684.800/233.850	630	NNE	3	spätestens 1999	<i>Fagus</i>
Sihl4	684.700/233.850	660	NE	5	spätestens 1999	<i>Fagus, Picea</i>
Sihl5	684.800/233.950	630	NE	3	vor 1991	<i>Fagus</i>
Sihl6	684.800/234.000	630	NEE	10	spätestens 1999	<i>Fagus</i>
Sihl7	684.900/234.150	610	NE	3	spätestens 1999	<i>Fagus, Fraxinus</i>
Sihl8	684.750/233.900	660	NE	7	vor 1991	<i>Fagus</i>

Sirohky Luh, Transkarpatien, Ukraine, 7 °C, 17 °C, 948 mm, Galio-Fagenion

SL4		700	S	20		<i>Fagus</i>
SL5		650	S	5		<i>Fagus</i>

Mala Uhol'ka, Transkarpatien, Ukraine, 7 °C, 17 °C, 948 mm, Galio-Fagenion

Uho6		560	E	5		<i>Fagus</i>
Uho7		620	NE	0		<i>Fagus</i>
Uho8		650	NE	0		<i>Fagus</i>

## 11. Anhang B. Die 141 Arten.

Art <sup>1</sup>	Anzahl Funde	UA, Galio-Fagenion	CH, Galio-Fagenion	UA, Abieti-Fagenion	CH, Abieti-Fagenion	Rote Liste <sup>2</sup>
<i>*Amphinema byssoides</i> (Pers.ex Fr.) J.Erikss.	20	-	1	10	9	
<i>Antrodia serialis</i> (Fr.) Donk	3	-	-	3	-	
<i>Athelia acrospora</i> Jülich	1	-	-	1	-	
<i>Athelia epiphylla</i> Pers.	4	-	3	1	-	
<i>Athelopsis glaucina</i> (Bourd. & Gaiz.) Oberw.ex Parmasto	1	1	-	-	-	
<i>Basidiendron caesiocinereum</i> (Höhn. & Litsch.) Luek-Allen	2	-	2	-	-	
<i>Basidiendron eyrei</i> (Wakef.) Luek-Allen	2	2	-	-	-	
<i>Bjerkandera adusta</i> (Willd.ex Fr.) P. Karst.	1	-	-	1	-	
<i>Boidinia subasperispora</i> (Litsch.) Jülich	2	-	-	2	-	N, S
<i>Botryobasidium botryoideum</i> (Overh.) Parmasto	1	-	-	-	1	
<i>Botryobasidium candicans</i> J.Erikss.	1	1	-	-	-	
<i>Botryobasidium laeve</i> (J.Erikss.) Parmasto	7	7	-	-	-	
<i>Botryobasidium medium</i> J.Erikss.	2	-	-	2	-	SF
<i>Botryobasidium pilosellum</i> J.Erikss.	10	-	-	10	-	
<i>Botryobasidium pruinatum</i> (Bres.) J.Erikss.	4	4	-	-	-	
<i>Botryobasidium subcoronatum</i> (Höhn. & Litsch.) Donk	12	4	-	8	-	
<i>Botryobasidium vagum</i> (Beik. & Curt.) Rogers	37	3	2	4	28	
<i>Botryohypochnus isabellinus</i> (Fr.) J.Erikss.	4	-	-	4	-	
<i>Calocera cornea</i> (Batsch ex Fr.) Fr.	1	1	-	-	-	
<i>Ceriporia reticulata</i> (Hoffm.ex Fr.) Domański	5	-	4	1	-	
<i>Ceriporia viridans</i> (Beik. & Br.) Donk	2	-	2	-	-	
<i>Ceriporiopsis givescens</i> (Bres.) Domański	5	3	2	-	-	
<i>Ceriporiopsis mucida</i> (Pers.ex Fr.) Gilb. & Ryv.	2	1	-	1	-	
<i>Ceriporiopsis resinascens</i> (Rom.) Domański	1	1	-	-	-	D
<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.ex Fr.) Pouzar	5	-	-	-	5	
<i>Coniophora arida</i> (Fr.) P. Karst.	1	-	-	-	1	
<i>Cristinia helvetica</i> (Pers.) Parmasto	2	1	-	1	-	F
<i>Cylindrobasidium laeve</i> (Pers.ex Fr.) Chamuris	1	-	1	-	-	
<i>Dacrymyces stillatus</i> Nees ex Fr.	1	-	1	-	-	
<i>Datronia mollis</i> (Sommerf.ex Fr.) Donk	3	-	1	-	2	
<i>Denitpellis fragilis</i> (Pers.ex Fr.) Donk	1	1	-	-	-	D, N, S, SF
<i>Exidia glandulosa</i> Fr.	3	-	1	2	-	
<i>Exidiopsis effusa</i> (Bref.ex Sacc.) Möller	6	-	4	1	1	
<i>Exidiopsis grisea</i> (Pers.) Bourd. & Maire	5	-	2	2	1	D

<i>Fomes fomentarius</i> (L. ex Fr.) Fr.	8	6	-	2	-	-	-
<i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw. ex Fr.) P. Karst.	1	-	-	-	-	1	-
<i>Galzinia incrustans</i> (Höhn. & Litsch.) Parmasto	1	-	-	1	-	-	-
<i>Gloeocystidiellum karstenii</i> (Bourd. & Galz.) Donk	5	-	-	5	-	-	N
<i>Gloeocystidiellum lactescens</i> (Berk.) Boid.	6	4	1	-	1	-	N
<i>Gloeocystidiellum ochraceum</i> (Fr.) Donk	1	-	-	1	-	-	-
<i>Gloeocystidiellum porosum</i> (Berk. & Curt.) Donk	2	-	2	-	-	-	-
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> (Wulf. ex Fr.) Karst.	1	-	-	-	-	1	-
<i>Gloeophyllum trabeum</i> (Pers. ex Fr.) Murrill	1	-	1	-	-	-	-
<i>Hericium alpestre</i> Pers.	1	-	-	1	-	-	-
<i>Hericium coralloides</i> (Scop. ex Fr.) S.F. Gray	1	1	-	-	-	-	A, CH, D, F, N
<i>Hymenochaete cinnamomea</i> (Pers.) Bres.	1	-	1	-	-	-	D
<i>Hyphoderma argillaceum</i> (Bres.) Donk	8	1	2	5	-	-	-
<i>Hyphoderma cryptocallimon</i> de Vries	2	-	-	2	-	-	-
<i>Hyphoderma litschaueri</i> (Burt.) J.Erikss. & A.Strid	3	3	-	-	-	-	SF
<i>Hyphoderma mutatum</i> (Peck) Donk	8	5	3	-	-	-	-
<i>Hyphoderma praetermissum</i> (P. Karst.) J.Erikss. & A.Strid	24	5	14	3	2	-	-
<i>Hyphoderma puberum</i> (Fr.) Wallr.	9	9	-	-	-	-	-
<i>Hyphoderma setigerum</i> (Fr.) Donk	4	4	-	-	-	-	-
<i>Hyphoderma</i> sp.	1	-	1	-	-	-	-
<i>Hyphodontia abieticola</i> (Bourd. & Galz.) J.Erikss.	1	-	-	1	-	-	-
<i>Hyphodontia alutaria</i> (Burt.) J.Erikss.	1	-	-	-	-	1	-
<i>Hyphodontia arguta</i> (Fr.) J.Erikss.	1	-	1	-	-	-	-
<i>Hyphodontia aspera</i> (Fr.) J.Erikss.	3	-	-	3	-	-	-
<i>Hyphodontia crustosa</i> (Pers. ex Fr.) J.Erikss.	14	9	2	2	1	-	-
<i>Hyphodontia detritica</i> (Bourd.) J.Erikss.	2	-	2	-	-	-	-
<i>Hyphodontia nespори</i> (Bres.) J.Erikss. & Hjortst.	1	-	-	1	-	-	F, N, S, SF
<i>Hyphodontia sambuci</i> (Pers.) J.Erikss.	19	-	13	1	5	-	-
<i>Hyphodontia subalutacea</i> (P. Karst.) J.Erikss.	1	1	-	-	-	-	-
<i>Hypochniciellum molle</i> (Fr.) Hjortst.	1	-	-	-	-	1	D
<i>Hypochnicium punctulatum</i> (Cooke) J.Erikss.	2	2	-	-	-	-	SF
indet 1	2	-	-	-	-	2	-
<i>Jaapia ochroleuca</i> (Bres.) Nannf. & J.Erikss.	2	-	-	2	-	-	-
<i>Junghuhnia nitida</i> (Fr.) Ryvarden	1	1	-	-	-	-	-
<i>Leptosporomyces galzinii</i> (Bourd.) Jülich	1	-	-	-	-	1	-
<i>Leptosporomyces mutabilis</i> (Bres.) L.G. Krieglst.	6	3	3	-	-	-	-
<i>Lobulicium occultum</i> K.H. Larss. & Hjortst.	1	-	-	1	-	-	-
<i>Macrotaphula fistulosa</i> (Fr.) Petersen	1	-	1	-	-	-	-
<i>Megalocystidium luridum</i> (Bres.) Jülich	7	2	3	2	-	-	SF
<i>Merismodes anomala</i> Earle	5	2	1	-	2	-	-

<i>Mycoacia uda</i> (Fr.) Donk	6	-	6	-	-	-	-	N
<i>Paulliticium pearsonii</i> (Bourd. & Galz.) J. Erikss.	2	-	-	2	-	-	-	-
<i>Peniophora cinerea</i> (Fr.) Cooke	38	4	31	-	3	-	-	-
<i>Peniophora incarnata</i> (Pers.ex Fr.) P. Karst.	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Peniophora limitata</i> (Chaill.ex Fr.) Cooke	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Peniophora nuda</i> (Fr.) Bres.	3	3	-	-	-	-	-	-
<i>Peniophora quercina</i> (Pers.ex Fr.) Cooke	1	-	-	-	1	-	-	-
<i>Phanerochaete affinis</i> (Burt) Parmasto	22	20	1	-	1	-	-	-
<i>Phanerochaete sanguinea</i> (Fr.) Pouzar	2	1	-	1	-	-	-	-
<i>Phanerochaete sordida</i> (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarden	27	19	7	1	1	-	-	-
<i>Phanerochaete tuberculata</i> (P. Karst.) Parmasto	15	-	-	15	-	-	-	-
<i>Phanerochaete velutina</i> (DC ex Fr.) P. Karst.	4	4	-	-	-	-	-	-
<i>Phellinus ferruginosus</i> (Schrad. ex Fr.) Pat.	2	-	2	-	-	-	-	F, N, SF
<i>Phlebia deflectens</i> (P. Karst.) Ryvarden	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Phlebia livida</i> (Pers.ex Fr.) Bres.	4	3	-	1	-	-	-	-
<i>Phlebia radiata</i> Fr.	3	2	-	1	-	-	-	-
<i>Phlebia rufa</i> (Fr.) M.P. Christ.	2	-	-	2	-	-	-	-
<i>Phlebiella christiansenii</i> (Parmasto) Larss. & Hjortst.	1	-	-	-	1	-	-	N, SF
<i>Phlebiella vaga</i> (Fr.) P. Karst.	14	2	7	4	1	-	-	-
<i>Physisporinus sanguinolentus</i> (Alb. & Schwein. ex Fr.) Pliát	9	9	-	-	-	-	-	-
<i>Physisporinus vitreus</i> (Pers.ex Fr.) P. Karst.	2	-	2	-	-	-	-	-
* <i>Piloderma byssinum</i> (P. Karst.) Jülich	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Plicatura crispa</i> (Pers.ex Fr.) Rea	9	-	9	-	-	-	-	SF
<i>Polyporus melanopus</i> Pers.ex Fr.	2	1	-	1	-	-	-	SF
<i>Polyporus varius</i> (Pers.) Fr.	1	-	1	-	-	-	-	-
* <i>Pseudotomentella mucidula</i> (Karst.) Svrček	2	-	1	-	-	-	-	-
<i>Radulomyces confluens</i> (Fr.) M.P. Christ.	61	7	50	1	3	-	-	-
<i>Resinicium bicolor</i> (Alb. & Schw. ex Fr.) Parm.	5	-	3	1	1	-	-	-
<i>Resinicium furturaceum</i> (Bres.) Parm.	1	-	-	1	-	-	-	D
<i>Schizopora paradoxa</i> (Schrad. ex Fr.) Donk	7	2	5	-	-	-	-	-
<i>Schizopora radula</i> (Pers.ex Fr.) Hallenb.	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Scopuloides rimosa</i> (Cooke) Jülich	34	5	24	4	1	-	-	-
<i>Sebacina incrustans</i> (Pers.ex Fr.) Tul.	4	2	-	1	1	-	-	-
<i>Sistotrema brinkmannii</i> (Bres.) J. Erikss.	3	1	-	2	-	-	-	-
<i>Sistotrema efibulatum</i> (J. Erikss.) Hjortst.	1	1	-	-	-	-	-	-
<i>Sistotremastrum niveocremerium</i> (Höhn. & Litsch.) J. Erikss.	1	-	-	1	-	-	-	-
<i>Skeletocutis nivea</i> (Jungh.) Keller	6	-	6	-	-	-	-	-
<i>Steccherinum ochraceum</i> (Pers.ex Fr.) Gray	5	1	4	-	-	-	-	-
<i>Stereum hirsutum</i> (Wild. ex Fr.) Gray	9	6	1	2	-	-	-	-
<i>Subulicium rallum</i> (Jacks.) Jülich & Stalpers	1	1	-	-	-	-	-	N

<i>Subulcystidium longisporum</i> (Pat.) Parm.	2	1	1	-	-	-
* <i>Tomentella atramentaria</i> Rostr.	1	-	1	-	-	-
* <i>Tomentella badia</i> (Link) Stalpers	7	-	4	3	-	-
* <i>Tomentella bryophila</i> (Pers.) M.J.Larsen	4	-	4	-	-	-
* <i>Tomentella ellisii</i> (Sacc.) Jülich & Stalpers	2	-	-	-	2	-
* <i>Tomentella ferruginea</i> (Pers.ex Fr.) Pat.	2	1	-	-	1	-
* <i>Tomentella lilacinogrisea</i> Wakef.	7	-	-	-	7	-
* <i>Tomentella radiosa</i> (P. Karst.) Rick	4	-	-	-	4	-
* <i>Tomentella stuposa</i> (Link) Stalpers	7	-	7	-	-	-
* <i>Tomentella subillicina</i> (Ellis & Holw.) Wakef.	13	4	4	1	4	-
* <i>Tomentella subtestacea</i> Bourd. & Galz.	1	-	-	-	1	-
* <i>Tomentella terrestris</i> (Berk. & Broome) M.J.Larsen	4	-	-	2	2	-
* <i>Tomentella umbrinospora</i> M.J.Larsen	1	1	-	-	-	-
* <i>Tomentellopsis echinospora</i> (Ellis) Hjortst.	1	-	-	-	1	-
<i>Trametes hirsuta</i> (Wulf.ex Fr.) Piliát	5	4	-	-	1	-
<i>Trechispora cohaerens</i> (Schwein.) Jülich & Stalpers	1	1	-	-	-	-
<i>Trechispora farinacea</i> (Pers.ex Fr.) Liberta	6	1	2	2	1	-
<i>Trechispora mollusca</i> (Pers.ex Fr.) Liberta	11	2	5	4	-	-
<i>Trechispora</i> sp.	6	6	-	-	-	-
<i>Trichaptum fuscoviolaceum</i> (Ehrenb.ex Fr.) Ryv.	1	-	-	1	-	-
<i>Tubulicrinis subulatus</i> (Bourd. & Galz.) Donk	1	-	-	1	-	-
<i>Tulasnella violea</i> (Quélet.) Bourd. & Galz.	7	6	-	-	1	-
* <i>Tylospora asterophora</i> (Bon.) Donk	1	-	-	1	-	-
* <i>Tylospora fibrillosa</i> (Burt) Donk	9	-	-	9	-	-
<i>Tyromyces caesius</i> (Schrad.ex Fr.) Murrill	6	-	3	2	1	-
<i>Vesiculomyces citrinus</i> (Pers.) Hågström	7	4	-	3	-	-
<i>Vuilleminia comedens</i> (Nees ex Fr.) Maire	14	-	14	-	-	-

1. \*: mykorrhizische Arten;

2. A Österreich (Krisai-Greilhuber 1999); CH Schweiz (Senn-Irlet et al. 1997); D Deutschland (DGM & NaBu 1992); F Frankreich, Region Nord-Pas-de-Calais (Courtécuisse 1997), N Norwegen (Bendixsen et al. 1998); S Schweden (Gårdenfors 2000); SF Finnland (Rassi et al. 2001); SK Slowakei (Lizoň 2001).