3.2 Das Mykorrhizapotential auf Sturmwurfflächen und seine Bedeutung für die Bestandesregeneration

von K.-H. Rexer, I. Kottke, U. Eberhardt, L. Walter und F. Oberwinkler

3.2.1 Einleitung

Unsere wichtigsten Waldbäume, die den Familien *Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae* angehören, können unter den Klimabedingungen Mitteleuropas nur mit Hilfe der Ektomykorrhiza (Pilz-Wurzel-Symbiose) überleben. Die Ektomykorrhizapilze bilden die Verbindung zum Boden und übernehmen Aufnahme und Transport der Nährelemente und des Wassers. Gleichzeitig steigern sie die Streßresistenz der Pflanzen und vermindern die Anfälligkeit gegen Wurzelpathogene (PFLEGER & LINDERMAN 1994). Ektomykorrhizierte Bäume sind mit einer bemerkenswerten Vielzahl von Pilzarten mykorrhiziert. Die Pilzpartner haben unterschiedliche physiologische Aktivitäten und Standortansprüche (NEWTON 1992, KOTTKE et al. 1998). Viele Mykorrhizapilze sind spezifisch an Laub- oder Nadelbäume, manche sogar an bestimmte Gattungen innerhalb dieser Gruppen gebunden (MOLINA et al. 1992). Daher ist die Zusammensetzung der Mykorrhizapilzgesellschaft ein wesentlicher Standortfaktor und trägt zur Stabilisierung des Ökosystems entscheidend bei (PERRY et al. 1989, QIAN et al. 1997).

Großflächige Zerstörungen eines Gehölzbestandes können zu teilweisen oder völligen Verlusten der Pilzpartner führen, da die Pilze oft obligat an lebende Bäume gebunden sind. HARVEY et al. (1980), PARKE et al. (1984) und PERRY et al. (1987) beobachteten eine Verarmung der Mykorrhizapilzflora auf Kahlschlägen. Nach Waldbränden überlebte das potentielle Pilzinokulat für Douglasien nur in den besonders hitzeresistenten Sträuchern (*Arbutus menziesii, Arctostaphylos spp.*) des Unterwuchses (AMARANTHUS & PERRY 1989). Nach FLEMING (1983) werden Sämlinge auf gestörten Wuchsorten nur in unmittelbarer Nähe von Altbäumen mykorrhiziert. Vom Baum getrennte Mykorrhizen können zwar noch einige Monate überleben (FERRIER & ALEXANDER 1985) und damit eventuell als Inokulat für Setzlinge dienen (DAHLBERG & STENSTRÖM 1991); kommt es jedoch längerfristig zu keiner Regeneration des Baumbestandes, ist mit einem Verlust des Pilzinokulats im Boden zu rechnen. Damit dürfte die Bestandesneubegründung durch natürlich aufkommende Sämlinge oder durch Pflanzungen mit nicht vormykorrhizierten Setzlingen auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen. Letzteres haben eigene Pflanzversuche mit Buchen und Eichen auf Sturmwurfflächen bereits eindeutig gezeigt (HERRMANN et al. 1992, HÖNIG 1996). Höhere Einstrahlung, stärkere Schwankungen der Bodenfeuchte und Bodentemperatur sowie eine starke Vergrasung auf den Sturmwurfflächen erschweren das Auf-

kommen von Sämlingen von Beginn an. Die veränderten Bedingungen könnten selbst das Mykorrhizapilzpotential der Jungbäume aus dem Unterwuchs des Vorbestandes beeinträchtigen.

Auf den Sturmwurfflächen Bad Waldsee, Langenau und Bebenhausen wurde daher untersucht, ob und inwieweit das Mykorrhizapilzpotential in Folge der Stürme zeitabhängig vermindert oder gegenüber dem Altbestand verändert worden war. Das Spektrum der zur Mykorrhizierung zur Verfügung stehenden Pilzarten (Mykorrhizapilzpotential) kann anhand der gebildeten charakteristischen Interaktionsstrukturen (Mykorrhizatypen) und der spezifischen Fruchtkörper der Pilzarten erfaßt werden. Beide Methoden wurden im Rahmen dieser Studie kombiniert angewendet.

Für eine vergleichende Untersuchung der Sturmwurfflächen anhand der Fruchtkörperproduktion der Mykorrhizapilze war es wichtig, daß es auf oder in der direkten Nachbarschaft der Sturmwurfprobeflächen keinen Altbaum gab, der die Stürme von 1990 überlebt hatte, somit nur Jungbäume als Symbiosepartner der fruktifizierenden Mykorrhizapilzarten auf diesen Dauerbeobachtungsflächen in Frage kamen. Die recht kleinräumig strukturierten Sturmwurfflächen bei Bad Waldsee erfüllten diese Anforderung nicht. Außerdem erwiesen sich die auf die Sturmwürfe folgenden Borkenkäferkalamitäten als problematisch für die ausgewiesenen Vergleichsflächen in den stehenden Nachbarbeständen. So waren die Vergleichsflächen bei Bebenhausen ab 1993 fast nur noch von abgestorbenen Fichten und Kiefern bestanden. Die Untersuchungsflächen bei Langenau erwiesen sich unter beiden Gesichtspunkten als besonders geeignet, um einen Vergleich des Artenspektrums der fruktifizierenden Mykorrhizapilze durchzuführen.

Die Sturmwurfflächen bei Bad Waldsee erschienen für die Untersuchungen der Mykorrhizatypen besonders geeignet, da sie verschiedene Sukzessionsstadien direkt benachbart zu einem gut erhaltenen Fichtenbestand aufweist. Es ergab sich somit die Möglichkeit, sowohl den Boden der geräumten Sturmwurfflächen auf noch vorhandenes Mykorrhizierungspotential für Sämlinge zu untersuchen als auch die Jungfichten der belassenen Sturmwurffläche bezüglich Mykorrhiza- und Fruchtkörpervielfalt zu beproben. Durch einen Vergleich mit den Mykorrhizapilzgesellschaften des angrenzenden Fichten-Altbestandes sollte das Erhaltungspotential der Flächen in Abhängigkeit von der Zeit beurteilt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollten als Entscheidungshilfe bei zukünftigen forstlichen Maßnahmen dienen.

3.2.2 Material und Methoden

3.2.2.1 Probeflächen

Für die mykologischen Untersuchungen wurden in den drei Untersuchungsgebieten bei Langenau, Bad Waldsee und Bebenhausen Dauerbeobachtungsflächen á 1000 m² (40 m × 25 m) eingerichtet. Dabei wurden drei unterschiedliche Behandlungsvarianten berücksichtigt:

- Altbestand: stehender, gesunder, dem durch die Stürme geworfenen Bestand möglichst ähnlicher, möglichst nahe gelegener Nachbarbestand (= Kontrolle);
- belassene Sturmwurffläche;
- geräumte Sturmwurffläche (nur im Gebiet Bad Waldsee eingerichtet).

Die Vergleichsflächen lagen in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Sturmwurfflächen in einem Fichten- bzw. Fichten/Lärchen/Kiefernforst (vgl. Kap. 2.3). Fichtensämlinge vor allem aus dem Jahre 1993 bedeckten in allen drei Gebieten den Boden in hoher Dichte.

Bei den belassenen Sturmwurfflächen war die natürliche Regeneration in den Untersuchungsjahren auf 4-bis 6-jährige, aus dem ehemaligen Bestand stammende Fichten, wenige Buchen und Eichen sowie einzelne aufgelaufene Birken, Pappeln, Weiden und Erlen beschränkt.

Bei den geräumten Sturmwurfflächen (nur im Gebiet Bad Waldsee) wurde nur eine Variante, deren Fichtenbestand Mitte der Achtziger Jahre geworfen worden war, in die Mykorrhizierungsuntersuchungen einbezogen. Diese Fläche wurde teilweise geräumt, aber nicht aufgeforstet. Der jetzige, gruppenweise Jungbaumbestand wird von Fichten gebildet, die (wie auf den belassenen Sturmwurfflächen) bereits vor dem Windbruch als Unterwuchs im Altbestand vorhanden waren. Fichtensämlinge der letzten vier Jahre konnten nur sehr vereinzelt auf Stubben, zwischen Moospolstern und zwischen Jungfichten aufkommen. Birken (*Betula pendula*), Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) und Kiefern (*Pinus sylvestris*) sind nachträglich aus Samenanflug in der Nachbarschaft der Fichten aufgelaufen. Eine zweite Variante, bei der der Sturmwurf noch länger zurück lag wurde nur in die Fruchtkörpererhebungen einbezogen. Zusätzlich zu den für die erste Variante erwähnten Vorwaldbaumarten traten hier noch Pappeln auf.

3.2.2.2 Erhebung der Mykorrhizatypen

Auf der Untersuchungsfläche Bad Waldsee wurden von April bis September 1994 siebenmal, im April 1995 einmalig Fichtensämlinge gesammelt. Die Altbäume wurden 1994 einmalig beprobt. Fichtensämlinge aus natürlichem Samenanflug wurden auf der belassenen Sturmwurffläche nur

in Rindentaschen liegender Bäume gefunden (Anzahl 65). Auf der geräumten Fläche konnten Fichten des Jahrgangs 1993 in sehr geringer Zahl aus Moospolstern und von Stubben (insgesamt 16) entnommen werden. Es wurde deshalb ein Aussaatversuch durchgeführt. Im Mai 1994 wurden sehr gut keimfähige Fichtensamen an Stellen ausgesät, die wenigstens eine gewisse Chance auf Erfolg versprachen, nämlich in den Rindentaschen gefallener Bäume (nur auf der belassenen Sturmwurffläche) und zwischen Moospolstern, auf Stubben und offenen, nicht vergrasten Stellen (auf beiden Sturmwurfflächen).

Im Altbestand wurden zum einen Sämlinge des Jahrgangs 1993 von Stubben gesammelt (Anzahl 83), zum anderen wurde die Humusauflage und die oberen 5 cm Ah einer Kleinfläche (1,44 m) beprobt. Die Kleinfläche wurde in 64 Quadrate von 15 cm Kantenlänge unterteilt und Bodenproben mit einem Stechrahmen entnommen. In jedem Kleinquadrat wurden die Mykorrhizatypen der Altbäume und von insgesamt 114 Sämlingen erfaßt.

Die Jungfichten auf den Sturmwurfflächen wurden 1994 dreimal beprobt. An je drei Bäumchen wurde ein Teil der Hauptwurzeln freigelegt und Schwachwurzeln mit den mykorrhizierten Feinstwurzeln ausgegraben. Zur Auswertung kamen Teilproben von etwa 20 g Feinwurzel-Trockenmasse.

Die Mykorrhizatypen wurden anhand der spezifischen morphologischen und anatomischen Merkmale bestimmt (AGERER 1994, HAUG & PRITSCH 1992, INGLEBY et al. 1990). Einige Typen wurden erstmals beschrieben und mit vorläufigen Namen belegt.

Um den Einfluß der veränderten Boden- und Klimaverhältnisse auf das Mykorrhizapotential auch quantitativ zu erfassen, wurden für die Mykorrhizatypen an den Sämlingen, den Jungfichten und den Altbäumen jeweils den besonderen Gegebenheiten angepaßte Methoden verwendet. Dazu wurden die Teilwurzelsysteme bei Jungbäumen in 2 cm lange Abschnitte zerlegt und die Mykorrhizatypen pro Wurzelabschnitt notiert. Jeder Sämling wurden einzeln beurteilt. Die Mykorrhizen des Altbestandes wurden auf Grund ihres Vorkommens in den 64 Kleinquadraten bewertet. Bei der Quantifizierung wurde der Begriff "Stetigkeit" verwendet, der in den drei Fällen entweder Prozent der mit einem Mykorrhizapilz besiedelten Sämlinge, oder Prozent der besiedelten Wurzelabschnitte der Jungfichten oder in Bezug auf die Altbäume Prozent der besiedelten Kleinquadrate des Humus/Ah bedeutet. Anhand dieser Daten wurde die Diversität bzw. Homogenität der Mykorrhizapopulationen an den Sämlingen der drei Flächen und den Jungbäumen der Sturmwurfflächen nach BRILLOUIN berechnet (ZAR 1984). Für die Sämlinge in den Kleinquadraten aus dem Altbestand wurde mit Hilfe einer Vierfeldertafel und des Chiquadrat-Tests für jeden Mykorrhizatyp ermittelt, ob ein Zusammenhang zwischen der Mykorrhizierung der Altbäume und der Sämlinge bestand. Aus den Ergebnissen wurde auf die Inokulationseffizienz der Pilzarten geschlossen.

3.2.2.3 Fruchtkörpererhebungen

Auf allen Dauerbeobachtungsflächen wurden in den Jahren 1992 bis 1995 unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen und meteorologischen Gegebenheiten in zwei- bis dreiwöchigen Abständen alle auftretenden Pilzfruchtkörper erfaßt. Bei der Kartierung wurde bei jedem Mykorrhizapilz - sofern möglich - die potentielle Wirtsbaumart festgehalten.

Die Quantifizierung der gefundenen Pilzarten konnte nicht, wie bei zahlreichen anderen mykosoziologischen Untersuchungen (ARNOLDS 1992), durch Zählung der Fruchtkörper durchgeführt werden. Die Unübersichtlichkeit und schlechte Begehbarkeit der belassenen Sturmwurf-flächen machte dies unmöglich. Unter Berücksichtigung der von WINTERHOFF (1984) verglichenen Systeme zur Quantifizierung von Pilzvorkommen wurde eine Skala erarbeitet, in der die Anzahl der Fruchtkörper und der Fruchtkörpergruppen sowie die durch die Fruchtkörper repräsentierte Biomasse berücksichtigt wurde (Tab. 3.2-1). In Tab. 3.2-2 sind die in den folgenden Tabellen und Abbildungen verwendeten Abkürzungen zusammengefaßt.

Tab. 3.2-1: Kombinierte Abundanz- und Verteilungsskala zur Quantifizierung der Fruchtkörperfunde. Die Zahlenangaben in Klammen beziehen sich auf Arten mit sehr kleinen Fruchtkörpern wie z.B. *Thelephora terrestris*

1	1 bis 2 (10) Fruchtkörper an einer Stelle
2	bis 5 (30) Fruchtkörper an bis 3 verschiedenen Stellen
3	bis 20 (100) Fruchtkörper an bis 10 verschiedenen Stellen
4	> 20 (100) Fruchtkörper, nicht auf der gesamten Fläche
5	auf der gesamten Fläche mit zahlreichen Fruchtkörpern

Tab. 3.2-2: Übersicht über die in den Tabellen verwendeten Abkürzungen und Symbole.

u	unspezifisch	N	Nadelbäume	L	Laubbäume
( )	sporadisch	Ab	*Abies alba* (Tanne)	Al	*Alnus glutinosa* (Erle)
!	stark spezifisch	La	*Larix decidua* (Lärche)	Be	*Betula pendula* (Birke)
!!	extrem spezifisch, artspezifisch	Pc	*Picea abies* (Fichte)	Fa	*Fagus sylvatica* (Buche)
Normaldruck	Nachweis nur als Fruchtkörper	Pn	*Pinus sylvestris* (Kiefer)	Po	*Populus* sp. (Pappel)
Fettdruck	Nachweis nur als Mykorrhiza			Qu	*Quercus robur* (Eiche)
Fettdruck unterstrichen	Nachweis als Fruchtkörper und Mykorrhiza			Sa	*Salix* sp. (Weide)

3.2.3 Ergebnisse

3.2.3.1 Überblick über das Mykorrhizapilzspektrum des Jungwuchses der Sturmwurfflächen

Auf den Sturmwurfuntersuchungsflächen der drei Untersuchungsgebiete wurden insgesamt 51 Mykorrhizapilzarten anhand von Fruchtkörpern oder Mykorrhizatypen nachgewiesen, die mit dem Gehölzjungwuchs (Birke, Buche, Eiche, Fichte, Lärche, Pappel, Schwarzerle, Tanne, Weide) vergesellschaftet waren (Tab. 3.2-3, 3.2-4).

Dabei lassen sich Arten mit sehr weitem Wirtsspektrum von hochspezialisierten Arten unterscheiden. Besonders die auf den Flächen bei Bad Waldsee häufige Schwarzerle hat zahlreiche hochspezifische Mykorrhizapilzpartner, die in der Natur ausschließlich in Verbindung mit ihr gefunden werden. Auf den Flächen konnten 11 dieser Mykorrhizapilzarten nachgewiesen werden (Tab. 3.2-3). Keine andere der auflaufenden Baumarten kann mit diesen spezifischen Arten erfolgreich interagieren.

Tab. 3.2-3: Mykorrhizapilze der Schwarzerle im Gebiet bei Bad Waldsee. Die verwendeten Abkürzungen und Symbole sind in Tab. 3.2-2 erläutert.

Artname	Potentielles Wirtsspektrum	Wirtsspektrum auf den Flächen		
		stehender Nachbarbestand	belassene Sturmwurffläche	geräumte Sturmwurffläche
Cortinarius alnetorum	L!! Al!	·	Al	·
Cortinarius alneus	L!! Al!	·	Al	·
Cortinarius bibulus	L!! Al!	·	Al	·
Inocybe asterospora	L	·	Al Pi	·
Laccaria amethystina	u	Pi La Al	·	·
Laccaria laccata	u	Pi Pn La Fa Al	Pi La Fa Be Al Sa	Pi Be
Lactarius obscuratus	L!! Al!	·	Al	·
Lactarius theiogalus	N (L) Pi	Pi Al	Pi Be	Be Pi Al
Naucoria alnetorum	L!! Al!	·	Al	·
Naucoria escharioides	L!! Al!	Al	Al	Al
Naucoria scolecina	L!! Al!	·	Al	·
Naucoria striatula	L!! Al!	·	Al	Al
Naucoria subconspersa	L!! Al!	Al	·	·
Paxillus filamentosus	L!! Al!	·	Al	·
Paxillus involutus	u	Pi Pn La Al	**<u>Pi</u> <u>La</u> Fa**	**Pi** Be
Russula fellea	(N) L (Pi) Fa	·	Pi?	? Be Al
Russula ochroleuca	u	**<u>Pi</u>** Pn Fa Al La	**<u>Pi</u>** La **Ab**	Pi Be
Russula pumila	L!! Al!	·	Al	·
Thelephora terrestris	u	**<u>Pi</u>** Al	**<u>Pi</u>**	**<u>Pi</u>** Be Al

Birke und Pappel, zwei weitere Vorwaldarten, wiesen im Vergleich zur Schwarzerle nur eine geringe Zahl artspezifischer Symbiosepartner auf (Pappel: *Leccinum duriusculum*; Birke: *Lactarius glyciosmus, Leccinum melaneum, Leccinum scabrum, Russula emetica var. betuletorum*), waren aber mit einer Anzahl unspezifischer Arten vergesellschaftet (Tab 3.2-4).

Auf den untersuchten geräumten Sturmwurfflächen wurde kein Jungwuchs von Buche und Eiche gefunden. Jungwuchs dieser beiden Schlußwaldbaumarten trat in nennenswerter Anzahl nur auf den belassenen Sturmwurfflächen auf. Diese Sämlinge und Jungbäume waren fast durchweg mit unspezifischen Arten mykorrhiziert (Tab. 3.2-4). Lediglich an Buchen-Jungwuchs konnte der spezifische Buchenbegleiter *Lactarius subdulcis* festgestellt werden.

Tab. 3.2-4: Das Artenspektrum der mit dem Gehölzjungwuchs (Sämlinge und Jungbäume excl. Schwarzerle, s. Tab. 3.2-3) auf den Sturmwurfflächen der drei Untersuchungsgebiete vergesellschafteten Mykorrhizapilze. Es wurden die Daten der Fruchtkörpererhebungen und der Mykorrhizauntersuchungen zusammengefaßt. Die verwendeten Symbole und Abkürzungen sind in Tab. 3.2-2 erläutert.

Artname	potentielles Wirtsspektrum	Wirtsspektrum auf den Flächen	
		belassene Sturmwurfflächen	geräumte Sturmwurfflächen
Amphinema byssoides	N! Pc	**Pc**	Pc
Boletus edulis	U	**Pc**	·
Cantharellus tubaeformis	N (L) Pc Pn	·	Pc
Cenococcum geophilum	U	**Pc Pn La Fa Qu**	**Pc**
Cortinarius cinnamomeus	N Pc Pn (Be)	**<u>Pc</u>**	Pc
Cortinarius sanguineus	N Pc Pn (Fa)	**<u>Pc</u>**	Pc
Genea hispidula	L	**Fa**	·
Hebeloma crustuliniforme	U	Pc Fa	·
Hygrophorus pustulatus	N!! Pc!	Pc	Pc
Inocybe flocculosa	U	Pc Fa	·
Inocybe geophylla	U	Pc Fa	·
Laccaria laccata	U	Pc La Fa Be Al Sa	Pc Be
Laccaria proxima	(N) L Be	·	Pc Be
Lactarius camphoratus	U Pc Fa	Pc La	Pc Be
Lactarius deterrimus	N! Pc	**Pc**	·
Lactarius glyciosmus	L!! Be!	·	Be
Lactarius mitissimus	N! Pc	Pc	·
Lactarius rufus	N (L) Pc Pn	Pc	Pc
Lactarius subdulcis	L!! Fa!	**Fa**	Be Al
Lactarius theiogalus	N (L) Pc Be	Pc Be	Be Pc Al
Leccinum duriusculum	L!! Po!	·	Po
Leccinum melaneum	L!! Be!	·	Be
Leccinum scabrum	L!! Be!	·	Be
Paxillus involutus	U	**<u>Pc</u> <u>La</u> Fa**	**Pc** Be
Piceirhiza conspicua		**Pc**	
Piceirhiza gelatinosa		**Pc Pn**	·
Piceirhiza glutinosa		**Pc La**	·
Piceirhiza nigra		**Pc**	·
Piloderma croceum	U	**Pc Pn Fa**	Pc
Russula emetica v. betuletorum	L!! Be!	·	Be
Russula fellea	(N) L (Pc) Fa	Pc?	Be Al
Russula ochroleuca	U	**<u>Pc</u>** La **Ab**	Pc Be
Scleroderma citrinum	U	Pc	·
Thelephora sp.		**Pc Qu**	·
Thelephora terrestris	U	**<u>Pc</u>**	**<u>Pc</u>** Be Al
Tylospora fibrillosa	U	**<u>Pc</u> Pn La**	**<u>Pc</u>**
Xerocomus badius	N! Pc	**<u>Pc</u> <u>La</u>**	**<u>Pc</u>** Be
Xerocomus chrysenteron	U	·	Pc

Der Fichtenjungwuchs wies dagegen eine Anzahl von spezifischen Begleitern auf (*Hygrophorus pustulatus, Lactarius deterrimus, Lactarius mitissimus*) oder war mit Mykorrhizapilzen vergesellschaftet, die an Nadelbäume gebunden sind und sehr häufig zusammen mit Fichte auftreten (*Amphinema byssoides, Cantharellus tubaeformis, Cortinarius cinnamomeus, Cortinarius sanguineus, Lactarius theiogalus, Xerocomus badius*).

3.2.3.1 Mykorrhizierungsuntersuchungen an Fichten

Während in allen drei Gebieten auf den Flächen im benachbarten Fichtenbestand im Jahre 1993 eine große Anzahl von Sämlingen aufgelaufen war, blieb die Zahl von Sämlingen auf den Sturmwurfflächen stets sehr gering. Lediglich von Sonderstandorten (Moospolster, Stubben, Rindentaschen) konnten Sämlinge zur Untersuchung entnommen werden. Auch der Aussaatversuch brachte nur eine geringe Ernte: Auf der belassenen Sturmwurffläche liefen die Keimlinge nur in den Rindentaschen auf (Anzahl 55), auf der geräumten Sturmwurffläche konnten 5 Sämlinge aus dem Humus und 7 von Stubben geerntet werden. Die Mykorrhizierung begann, wie auch andernorts beobachtet, erst ca. drei Monate nach der Fichten-Keimung (Abb. 3.2-1). Im September waren noch bis zu 50 % der Sämlinge aus Humus und Stubben nicht mykorrhiziert. In den Rindentaschen wurden sogar noch ein Jahr später einige nicht mykorrhizierte Sämlinge gefunden (Abb. 3.2-1).

Die Mykorrhizierung erfolgte zunächst nur mit einer Pilzart je Sämling. Erst im zweiten Jahr stieg der Anteil der Sämlinge mit zwei Mykorrhizatypen auf 30 % der Pflanzen an. In keinem Fall wurden an zweijährigen Fichtensämlingen mehr als drei Pilzpartner festgestellt. Diesbzüglich bestand kein wesentlicher Unterschied zwischen den Sämlingen von den Sturmwurfflächen und den Sämlingen aus dem Altbestand. Die Anzahl der beobachteten Pilzpartner war aber im Altbestand groß (10), auf der belassenen Sturmwurffläche etwas geringer (7) und auf der geräumten Sturmwurffläche besonders niedrig (-3) (Tab. 3.2-7).

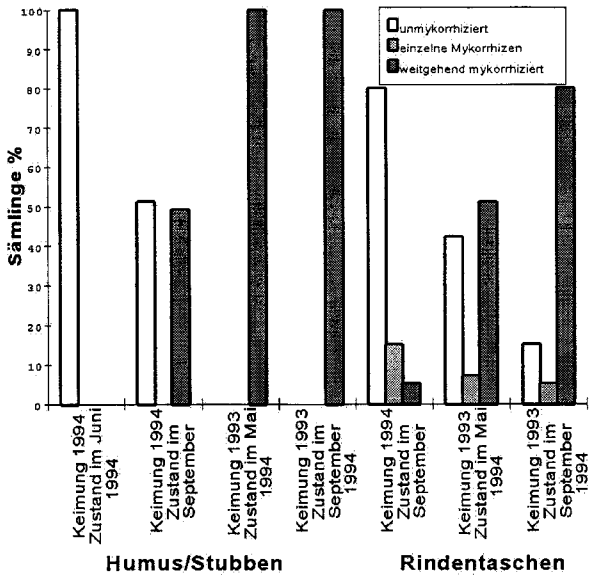

Abb. 3.2-1: Zeitlicher Verlauf der Mykorrhizierung von Fichtensämlingen entnommen aus Humus/Stubben oder Rindentaschen auf den Sturmwurfflächen bei Bad Waldsee.

Die Maßzahlen für Diversität und Homogenität nach BRILLOUIN der Mykorrhizatypen (Tab. 3.2-5) bestätigten die zunehmende Verarmung des Artenspektrums auf der geräumten Sturmwurffläche im Vergleich zur belassenen bzw. zum benachbarten Fichtenforst. Die Stetigkeit der Pilzpartner an den Sämlingen, gemessen als Prozent der Sämlinge, die einen bestimmten Mykorrhizatyp aufwiesen, war ebenfalls flächenspezifisch unterschiedlich (Abb. 3.2-2).

Tab. 3.2-5: Diversität und Homogenität der Mykorrhizatypen an den Fichtensämlingen der drei untersuchten Flächenvarianten bei Bad Waldsee. n = Anzahl der Sämlinge, k = Anzahl der Mykorrhizatypen, H = Diversitätsindex nach BRILLOUIN, H_{max} = größtmögliche Diversität nach BRILLOUIN, J = Homogenitätsmaß.

	n	k	H	H_{max}	J
Bad Waldsee, belassener Sturmwurf	94	7	0,61	0,82	0,75
Bad Waldsee, Vergleichsfläche	313	9	0,79	0,96	0,82
Bad Waldsee, geräumter Sturmwurf	30	3	0,17	0,42	0,41

An den Jungfichten wurden insgesamt 12 Mykorrhizatypen gefunden, wobei auch hier ein deutlicher Unterschied in der Artenzahl zwischen den geräumten und den belassenen Sturmwurfflächen festgestellt wurde. In diesem Fall war die geräumte Sturmwurffläche deutlich artenreicher als die belassene (Tab. 3.2-7). Die Jungbäume waren stets mit mehreren Pilzarten assoziiert; deren Stetigkeit unterschied sich jedoch flächenspezifisch (Abb. 3.2-3). Die Berechnung der Diversität und der Homogenität nach BRILLOUIN zeigte eine größere Inhomogenität und geringere Diversität auf der belassenen als auf der geräumten Fläche (Tab. 3.2-6).

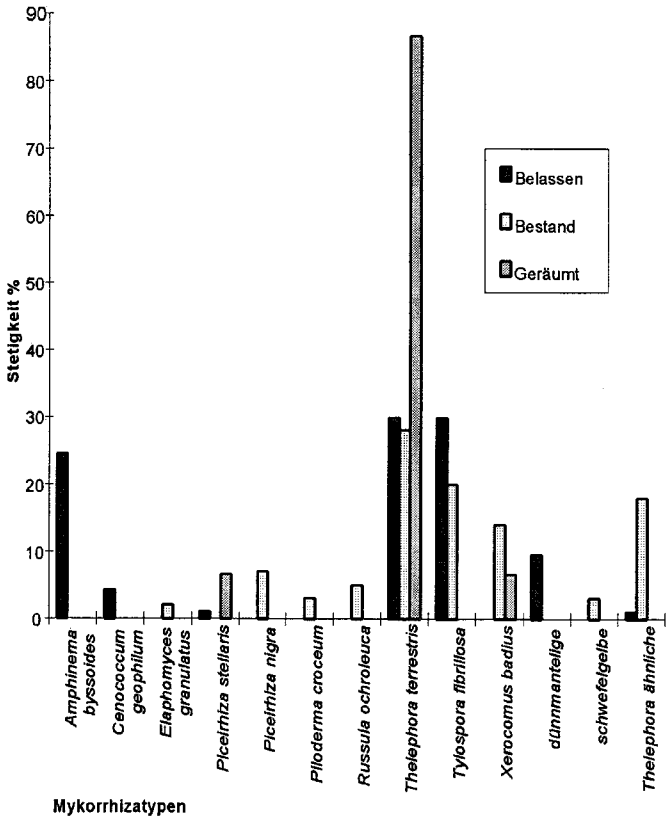

Abb. 3.2-2: Stetigkeit der Mykorrhizatypen, d.h. Prozentanteil der Sämlinge, die den jeweiligen Mykorrhizatyp aufweisen.

Tab. 3.2-6: Diversität und Homogenität der Mykorrhizatypen an den Jungfichten der zwei untersuchten Flächen bei Bad Waldsee. n = Anzahl der Sämlinge, k = Anzahl der Mykorrhizatypen, H = Diversitätsindex nach BRILLOUIN, Hmax = größtmögliche Diversität nach BRILLOUIN, J = Homogenitätsmaß.

	n	k	H	H_{max}	J
Bad Waldsee, belassener Sturmwurf	32	6	0,50	0,71	0,71
Bad Waldsee, geräumter Sturmwurf	52	11	0,83	1,00	0,83

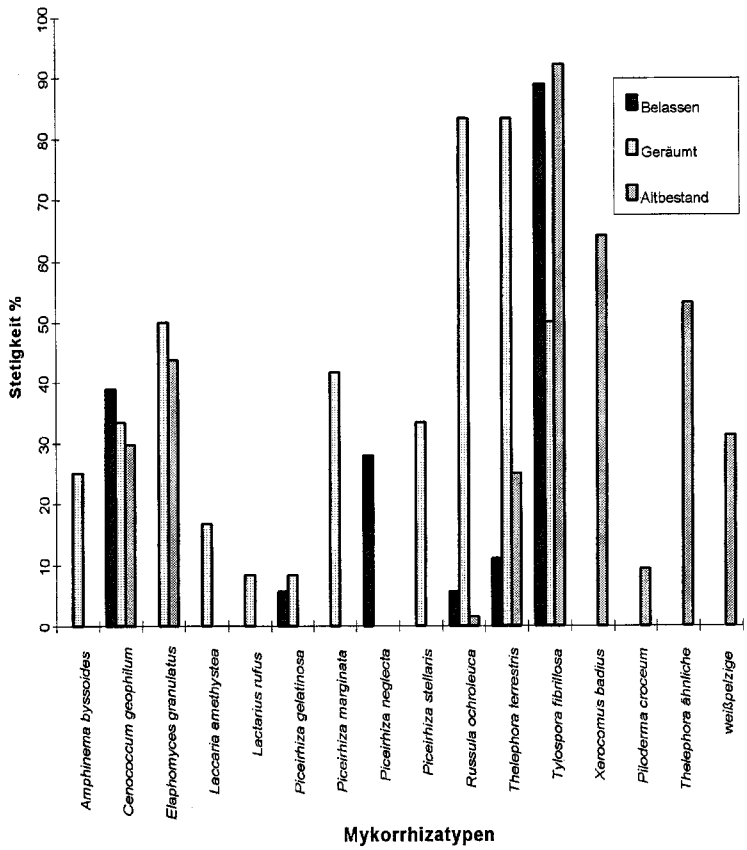

Abb. 3.2-3 Stetigkeit der Mykorrhizatypen an den Jungfichten auf den Sturmwurfflächen und an den Altbäumen im Bestand.

An den Altfichten wurden in den 64 Kleinquadraten der untersuchten 1,44 m² Humusauflage und des Ah-Bodenhorizont 9 Mykorrhizatypen festgestellt (Tab. 3.2-7). Das Artenspektrum war nahezu identisch mit dem der Sämlinge, die von diesen Kleinquadraten entnommen worden waren. Die nach der Vierfeldertafel errechnete Inokulationseffizienz der Mykorrhizapartner der Altbäume ergab für die Sämlinge eine Reihenfolge beginnend mit *Thelephora terrestris*, gefolgt von *Tylospora fibrillosa*, *Thelephora*-ähnlicher-Typ, *Elaphomyces granulatus*, *Xerocomus badius* und *Cenococcum geophilum*.

3.2.3.2 Fruchtkörpererhebungen auf den Probeflächen bei Langenau

Intensiver Borkenkäferbefall führte zum gänzlichen Absterben aller Fichten und Kiefern auf den Vergleichsflächen bei Bebenhausen (vgl. Kap. 5.7), so daß hier keinerlei Vergleichsmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Behandlungsvarianten mehr bestanden. Die eher kleinräumigen, nesterartigen Sturmwürfe im Untersuchungsgebiet bei Bad Waldsee ließen es nicht zu, eine Probefläche ohne randlichen Einfluß von Einzelbäumen oder dem stehenden Bestand festzulegen.

Eine eindeutige Zuordnung der Fruchtkörper der Mykorrhizapilze zu Jungbäumen wurde dadurch erschwert, in einzelnen Fällen sogar unmöglich gemacht. Die Heterogenität der Standortverhältnisse (s. Kap. 2.2 und 2.3) und der Bestockung machten eine Gegenüberstellung der Artenspektren der Flächen bei Bad Waldsee zudem problematisch. Daher wird ein eingehender Vergleich der Artenspektren der fruchtkörperbildenden Mykorrhizapilze auf den Sturmwurfflächen und im stehenden Nachbarbestand auf das Untersuchungsgebiet bei Langenau beschränkt.

In Tab. 3.2-8 sind alle auf den Probeflächen bei Langenau gefundenen Mykorrhizapilze aufgelistet. Auf oder in der direkten Nachbarschaft der Sturmwurfprobeflächen gab es keinen Altbaum, der die Stürme von 1990 überlebt hatte. Als Symbiosepartner der Mykorrhizapilzarten auf diesen Dauerbeobachtungsflächen kommen also nur Jungbäume in Frage. Bei diesen Jungbäumen handelte es sich fast ausschließlich um bereits vor dem Sturmereignis aufgelaufene Fichten. Im nordwestlichen Bereich der zweiten Dauerbeobachtungsfläche im belassenen Sturmwurf bilden solche Jungfichten einen dicht geschlossenen Bestand. Hier wurden die meisten Mykorrhizapilzfruchtkörper beobachtet.

In Tab. 3.2-8 sind 15 Arten für den Altbestand und 14 Arten für die beiden Sturmwurfflächen aufgeführt. Bei diesen Angaben wurden auch die Ergebnisse der Mykorrhizierungsuntersuchungen an Jungbäumen und Sämlingen berücksichtigt, die nur auf den Sturmwurfflächen durchgeführt wurden. Dabei wurde auch der Jungwuchs von Buche und Eiche auf seinen Mykorrhizabesatz untersucht. Beim Fichtenjungwuchs wurden auf den Sturmwurfflächen 11 Arten festge-

Tab. 3.2-7: Mykorrhizatypen an Fichtensämlingen, Jungfichten und Altfichten auf den Untersuchungsflächen bei Bad Waldsee. F = als Fruchtkörper nachgewiesen; M = Als Mykorrhizatyp nachgewiesen.

Pilzarten / Morphotypen	Altb.	Jungbäume		Sämlinge		
	Bestand	belassen	geräumt	Bestand	belassen	geräumt
Amanita fulva	F	·	·	·	·	·
Amanita rubescens	F	·	·	·	·	·
Amanita spissa	F	F	·	·	·	·
Amphinema byssoides	·	·	M F	·	M	·
Cantharellus tubaeformis	F	·	F	·	·	·
Cenococcum geophilum	M	M	M	·	M	·
Cortinarius agathosmus	·	F	·	·	·	·
Cortinarius cinnamomeus	F	M F	F	·	·	·
Cortinarius croceus	F	F	·	·	·	·
Cortinarius fervidus	F	·	·	·	·	·
Cortinarius fulvescens	·	F	·	·	·	·
Cortinarius junghuhnii	F	·	·	·	·	·
Cortinarius laetissimus	F	·	·	·	·	·
Cortinarius paleaceus	F	·	·	·	·	·
Cortinarius sanguineus	·	M F	F	M	·	·
Cortinarius umbrinolens	·	·	F	·	·	·
Elaphomyces granulatus	M	·	M	M	·	·
Hygrophorus camarophyllus	·	F	·	·	·	·
Hygrophorus pustulatus	F	F	F	·	·	·
Inocybe napipes	F	F	F	·	·	·
Laccaria amethystina	F	·	M	·	·	·
Laccaria laccata	F	F	F	·	·	·
Laccaria proxima	·	·	F	·	·	·
Lactarius camphoratus	F	F	F	·	·	·
Lactarius hepaticus	·	F	·	·	·	·
Lactarius necator	F	F	F	·	·	·
Lactarius rufus	F	F	M F	·	·	·
Lactarius theiogalus	F	F	F	·	·	·

Pilzarten / Morphotypen	Altb.	Jungbäume		Sämlinge		
	Bestand	belassen	geräumt	Bestand	belassen	geräumt
Paxillus involutus	M F	M F	M F	·	·	·
Piceirhiza conspicua	·	M	·	·	·	·
Piceirhiza gelatinosa	·	M	M	·	·	·
Piceirhiza glutinosa	·	M	·	·	·	·
Piceirhiza marginata	·	·	M	·	·	·
Piceirhiza neglecta	·	M	·	·	·	·
Piceirhiza nigra	M	·	·	M	·	·
Piceirhiza stellaris	·	·	M	·	M	M
Pilodema croceum	M	M	F	M	·	·
Porphyrellus porphyrosporus	F	F	·	·	·	·
Russula adusta	F	·	·	·	·	·
Russula densifolia	F	·	·	·	·	·
Russula nauseosa	F	·	·	·	·	·
Russula nigricans	F	·	·	·	·	·
Russula ochroleuca	M F	M F	M F	M	·	·
Russula puellaris	F	·	·	·	·	·
Thelephora terrestris	M F	M	M F	M	M	M
Tylopilus felleus	F	F	·	·	·	·
Tylospora fibrillosa	M F	M F	M F	M	M	·
Xerocomus badius	M F	M F	M F	M	·	M
Xerocomus chrysenteron	F	·	F	·	·	·
Xerocomus spadiceus	F	·	·	·	·	·
Xerocomus subtomentosus	F	F	·	·	·	·
Dünnmantelige Mykorrh.	·	·	·	·	M	·
Thelephora-ähnl. Mykorrh.	M	·	·	M	M	·
Schwefelgelbe Mykorrh.	·	·	·	M	·	·
Weißpelzige Mykorrh.	M	·	·	·	·	·

stellt, von denen 4 nur als Mykorrhizatypen nachzuweisen waren und 4 sowohl als Mykorrhiza als auch fruktifizierend gefunden wurden. Somit fruktifizierten auf den Sturmwurfflächen nur 7 Fichten-begleitende Mykorrhizapilzarten.

Die fruktifizierenden Arten weisen auf den Sturmwurfflächen meist eine geringere Abundanz auf als im stehenden Nachbarbestand. Nur *Paxillus involutus* hat auf den Sturmwurfflächen mehr Fruchtkörper produziert als im stehenden Bestand.

Betrachtet man die ökologische Amplitude der auf den Sturmwurfflächen gefundenen Mykorrhizapilze, so findet man neben Arten mit weitem Wirtsspektrum (*Russula ochroleuca, Tylospora fibrillosa, Paxillus involutus, Cenococcum geophilum*) auch solche mit auf Nadelbäume eingeschränktem Wirtspektrum (*Cortinarius cinnamomeus, Xerocomus badius*) und spezifische Fichtenbegleiter (*Lactarius mitissimus, Hygrophorus pustulatus*). Außerdem weisen einige der spezifischeren Arten definierte Standortansprüche auf. So bevorzugt *Lactarius theiogalus* feuchte, (schwach) saure Standorte und *Hygrophorus pustulatus* ist auf Standorte über kalkigem Ausgangsgestein beschränkt.

Tab. 3.2-8: Die auf den Probeflächen im Untersuchungsgebiet Langenau nachgewiesenen Mykorrhizapilze. ? = Nachweis nur als Mykorrhiza, daher keine Angaben zur Abundanz; alle anderen Symbole und Abkürzungen sind in Tab. 3.2-2 erläutert.

Langenau Mykorrhizapilze					
Artname	Potentielles Wirtsspektrum	Baum-partner	Abundanz		
			Bestand	Sturmwurf belassen	
Russula ochroleuca	U	**Pc Ab**	4	2	1
Tylospora fibrillosa	U	**Pc**	1	1	1
Xerocomus badius	N! Pc	**Pc**	3	2	.
Paxillus involutus	U	**Pc**	1	2	.
Lactarius mitissimus	N! Pc	Pc	3	2	.
Lactarius theiogalus	N (L) Pc Be	Pc	2	2	.
Cortinarius cinnamomeus	N (L) Pc Pn (Be)	**Pc**	3	?	.
Hygrophorus pustulatus	N!! Pc!	Pc	5	1	.
Boletus edulis	U	**Pc**	.	?	.
Cenococcum geophilum	U	**Pc Qu**	.	?	.
Thelephora sp.		**Qu**	.	?	.
Piloderma croceum	U	**Fa**	.	?	.
Lactarius subdulcis	L!! Fa!	**Fa**	.	.	?
Piceirhiza gelatinosa		**Pc**	.	.	?
Thelephora terrestris	U	Pc	4	.	.
Xerocomus chrysenteron	U	Pc	2	.	.
Lactarius fulvissimus	L!! Fa!	Pc?	1	.	.
Cortinarius sanguineus	N Pc Pn (Fa)	Pc	1	.	.
Cortinarius croceus	N (L) Pc Pn Be	Pc	1	.	.
Tricholoma saponaceum	U	Pc	1	.	.
Thelephora palmata	U	Pc	1	.	.
Gesamtzahl der Arten			15	12	4

Neben Fichten kommen auf den Sturmwurfflächen auch eine ganze Reihe von Laubgehölzen auf (Kap. 3.1). Für das Überleben und die Wüchsigkeit des Jungwuchses ist die Mykorrhizierung der Feinwurzeln von entscheidender Bedeutung. Während die aufkommenden Fichten mit der Mehrzahl der festgestellten Mykorrhizapilzarten eine Symbiose eingehen können, steht den Laubgehölzen nur ein eingeschränkteres Mykorrhizapilzspektrum zur Verfügung. Einzig *Lactarius subdulcis* weist dabei eine hohe Spezifität auf und ist ausschließlich an die Buche gebunden.

3.2.4 Diskussion

Weder mittels der durchgeführten Erhebung von Mykorrhizatypen noch anhand der Fruchtkörperaufnahmen ließ sich die gesamte Artenvielfalt der Mykorrhizapilze vollständig erfassen. Hierzu wären weit umfangreichere Probennahmen und längerfristige Kartierungen erforderlich gewesen. Der Vergleich der Ergebnisse mit bereits vorliegenden Daten aus ähnlichen Fichtenwäldern (BLASIUS 1987, BLASIUS et al. 1989, HAUG et al. 1992, KOST 1992, QIAN et al. 1997) erlaubt aber gewisse Schlußfolgerungen.

Die im Altbestand und an den Jungfichten gefundenen Mykorrhizatypen und die Fruchtkörperfunde entsprechen den typischen, dominant auftretenden Mykorrhizapilzpartnern in unseren Fichtenbeständen. Auffällig ist, daß unabhängig vom geologischen Untergrund in allen drei Gebieten Arten zu finden waren, die (schwach) saure Standorte bevorzugen. Dies ist sicherlich auf den in reinen Nadelwäldern typisch niedrigen pH des Oberbodens zurückzuführen (Kap. 2.2). In diesem Bereich befinden sich die meisten mykorrhizierten Feinwurzeln. Als einziger Anzeiger extrem saurer Standorte trat auf zwei Flächen bei Bad Waldsee *Tylopilus felleus* auf. Das Fehlen starker Säurezeiger auf den Flächen bei Bebenhausen, die über Rätsandstein liegen und solche Arten eigentlich hätten erwarten lassen, ist auf die Überschichtung des geologischen Untergrundes mit einer mehr oder weniger mächtigen Lößlehmauflage zurückzuführen (Kap. 2.2). Diese Lößlehmauflage ist in allen drei Gebieten mehr oder weniger deutlich ausgeprägt. Daher konnte *Hygrophorus pustulatus*, ein spezifischer Fichtenbegleiter an Standorten über Kalkgestein, nicht nur auf den Flächen bei Langenau, sondern auch bei Bebenhausen und Bad Waldsee auftreten. Während die Art auf der Vergleichsfläche bei Langenau flächendeckend mit hunderten von Fruchtkörpern gefunden werden konnte, trat sie in den anderen Gebieten jedoch nur sporadisch an den Stellen auf, an denen die Lößlehmauflage ihr Vorkommen ermöglichte.

Unerwartet war das Erscheinen von *Lactarius fulvissimus* im Waldbestand bei Langenau. Diese Art ist spezifischer Begleiter der Buche und sollte daher auf dieser, ausschließlich von Fichten bestandenen Fläche nicht vorkommen. Da es sich bei der Vergleichsfläche um die erste Genera-

tion Fichte nach Laubwald handelt (Kap. 2.4), wäre durchaus denkbar, daß *L. fulvissimus* ein Relikt des ehemals auf der Fläche stockenden Laubwaldes darstellt. Dies könnte auch das Auftreten von *L. subdulcis*, einer ebenfalls buchenspezifischen Art, als Mykorrhiza an Buchenjungwuchs auf der Sturmwurffläche bei Langenau erklären. Allerdings müßten diese Arten dann den Kahlhieb der Laubholzbestände überstanden haben. Dies erscheint zwar unwahrscheinlich, DAHLBERG & STENSTRÖM (1991) konnten jedoch zeigen, daß Mykorrhizapilze mehrere Jahre auf Kahlschlägen überdauern können.

Eine genauere Analyse des Mykorrhizapilz-Vorkommens ist nur für die Fichtenbegleiter möglich. Für die Mykorrhizapilze der Vorwaldarten (wie Birke oder Pappel) bzw. von Laubbäumen des Hochwaldes (Buche, Eiche) liegen zu wenige Daten vor um konkrete Aussagen zu treffen.

Der Fichtenjungwuchs auf den Sturmwurfflächen war noch unter Schirm gekeimt und angewachsen. Ihm standen die typisch Arten des ursprünglichen Wirtschaftswaldes zur Mykorrhizierung zur Verfügung. Die Untersuchungen bei Langenau zeigten jedoch, daß auf den Sturmwurfflächen wesentlich weniger Arten fruktifizierten als im stehenden Nachbarbestand (Abb. 3.2-4). Außerdem war bei den Arten, die sowohl auf den Sturmwurfflächen als auch im stehenden Nachbarbestand fruktifizierten, eine zumeist deutlich Abnahme der Fruchtkörperabundanzen festzustellen (Tab. 3.2-8).

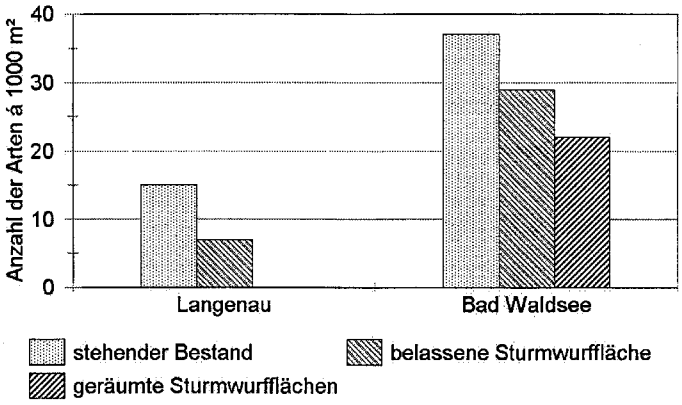

Abb. 3.2-4: Vergleich der Anzahl der Mykorrhizapilzarten von verschiedenen Behandlungsvarianten. Die Artenzahlen des Gebiets Langenau berücksichtigen nur Nachweise anhand von Fruchtkörpern. Im Gebiet Bad Waldsee wurden die Ergebnisse der Fruchtkörper- und Mykorrhizierungsstudien zusammengefaßt.

Allerdings zeigten die Untersuchungen der Mykorrhizatypen der Fichten auf den Flächen im Gebiet bei Bad Waldsee, daß sich das Mykorrhiza-Artenspektrum der Jungbäume auf den geräumten Sturmwurfflächen (11 Arten) und der Sämlinge im stehenden Nachbarbestand (7 Arten) kaum unterscheidet. Auch die bei diesen Untersuchungen an den Altbäumen nachgewiesenen 9 Mykorrhizatypen weichen nicht wesentlich von diesem Artenspektrum ab. Der sehr ähnliche Diversitätsindex der Mykorrhizatypen der Sämlinge im Altbestand und der Jungfichten auf der geräumten Fläche könnten zudem den Schluß nahelegen, daß all diesen Pflanzen das gleiche Artenspektrum zur Mykorrhizierung zur Verfügung stand.

Dies bedeutet, daß nach dem Sturmwurf diese Jungfichten des "verhockten" Unterwuchses ihre bis dahin vorhandene Mykorrhizavielfalt bewahren konnten. Trotz der durch den Sturmwurf stark veränderten Standortbedingungen (erhöhte Einstrahlung, extremerer Temperaturgang, große Schwankungen in der Bodenfeuchte) sind die für Fichtenforste häufigen und typischen Mykorrhizatypen an den Feinwurzeln der Jungbäume erhalten geblieben. In den Kleingruppen der Jungfichten auf der Sturmwurffläche herrschen demnach in dieser Hinsicht Wuchsbedingungen, die dem geschlossenen Bestand recht ähnlich sind. Die erwähnten Veränderungen der Standortbedingungen führten jedoch dazu, daß das Fruchtkörperaufkommen der Mykorrhizapilze auf den Sturmwurfflächen gegenüber dem stehenden Bestand deutlich reduziert war.

Die im stehenden Bestand fruktifizierend gefundenen "Late-stage-fungi" (Mykorrhiza-Pilze, die nahezu ausschließlich mit Altbäumen assoziiert sind) konnten auf den Sturmwurfflächen weder als Fruchtkörper noch als Mykorrhizatyp gefunden werden. Mit einer gewissen Reduktion der Artenvielfalt der Mykorrhizapilze des ursprünglichen geschlossenen Bestandes muß nach Sturmwürfen also trotzdem gerechnet werden.

Die geringe Zahl der Pilzpartner der Fichtensämlinge auf den Sturmwurfflächen, insbesondere auf der geräumten Sturmwurffläche, zeigt, daß hier das Inokulationspotential deutlich verringert worden war. Als einziger, effizienter Besiedler war auf der geräumten Sturmwurffläche bei Bad Waldsee *Thelephora terrestris* erhalten geblieben. *T. terrestris* ist ein typischer Besiedler von Koniferen in Baumschulen (CROGHAN 1984), kann über Sporen Sämlinge noch bei 29°C inokulieren (MARX & ROSS 1970, MARX et al. 1970), gilt aber als wenig wachstumsfördernd (GUEHL & GARBAYE 1990). Im Gebiet bei Bad Waldsee wurde die Pilzart überraschenderweise auch als dominierender Partner der Fichtensämlinge im Altbestand nachgewiesen. Es bleibt abzuwarten, ob dieses Ergebnis auch für andere Fichtenforste gilt. Damit war *T. terrestris* sowohl im Altbestand als auch auf den Sturmschadensflächen der erfolgreichste Erstbesiedler der Fichtensämlinge.

Auf der belassenen Sturmwurffläche bei Bad Waldsee wurde neben *T. terrestris* an den Sämlingen aus den Rindentaschen *Tylospora fibrillosa* etwa gleich stetig festgestellt. *Amphinema byssoides* trat als häufigster Symbiont auf. *T. fibrillosa* ist ein dominierender Mykorrhizapartner in

den europäischen Fichtenwäldern (HAUG et al. 1992, QIAN et al. 1997, TAYLOR et al. 1997). Die häufige Mykorrhizierung der Sämlinge auf dieser Fläche mit *T. fibrillosa* ist bemerkenswert und wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß die Sämlinge aus Rindentaschen entnommen wurden, in denen dieser corticoide Vertreter wachsen und fruktifizieren kann. Ähnliches gilt für *A. byssoides*.

Neben dem verhockten Jungwuchs stellen somit Stubben und morsche Baumstämme auf Sturmwurfflächen ein weiteres Habitat zum Erhalt zumindest bestimmter Mykorrhizapartner dar.

3.2.5 Schlußfolgerung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß eine Regeneration von Jungwuchs durch Samenanflug auf den Sturmwurfflächen nur sehr geringe Chancen hat. Dafür sind neben den edaphischen und klimatischen Bedingungen auch die Verminderung des Mykorrhierzungspotentials als ursächlich anzusehen. Auf Freiflächen, die mehrere Jahre keine Bäume tragen, wird das Mykorrhizapotential auf *T. terrestris* reduziert.

Jungbäume, die als "verhockter" Unterwuchs bereits vor dem Sturmwurf vorhanden waren, können ihr Mykorrhizapotential tradieren. Nach Störungen wie dem Sturmwürfen von 1990 können diese bereits vorhandenen Jungbäume den Bestand nach und nach regenerieren und das Mykorrhizapotential auch auf Sämlinge übertragen. Dabei stehen neu hinzukommenden Laubholzarten in bisherigen Fichtenforst-Beständen schon von vorn herein nur unspezifische Generalisten als Symbiosepartner zur Verfügung.

Daraus ergibt sich:

- daß bestehende Bestände so licht gehalten werden sollten, daß eine natürliche Verjüngung möglich ist,
- daß bei der Räumung von Sturmwurfflächen eine Schädigung des verbliebenen Jungwuchses vermieden werden sollte,
- daß auf den Sturmwurfflächen verbleibendes Moderholz zumindest für einige Mykorrhizapilzarten einen möglichen Rückzugsraum darstellt und
- daß eine rasche Änderung der Zusammensetzung der Schlußwaldbaumarten auf Sturmwurfflächen in ehemaligen Fichtenforsten allein durch natürliche Regenerationsmechanismen nicht zu erwarten ist, wenigstens nicht unter den hier untersuchten Standortbedingungen.

Zur raschen Umwandlung eines Fichtenbestandes in einen standortgerechteren Mischbestand ist daher eine gezielte Einbringung von Zielbaumarten notwendig. Diese Jungpflanzen sollten möglichst aus Naturverjüngung entnommen werden, da so die der jeweiligen Baumart angepaßte Mykorrhizapilzflora auch am neuen Wuchsort gewährleistet ist.

Zusammenfassung

In den drei Untersuchungsgebieten Bebenhausen, Langenau und Bad Waldsee wurden im Zeitraum von 1991 bis 1995 auf insgesamt 11 Dauerbeobachtungsflächen die fruktifizierenden Mykorrhizapilze qualitativ und quantitativ erfaßt. Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Mykorrhizierung der Feinwurzeln der Sämlinge und Jungbäume, hauptsächlich der Fichte, durchgeführt. Insgesamt wurden am Jungwuchs der Sturmwurfflächen 51 Mykorrhizapilzarten nachgewiesen. Dabei traten die Arten, die mit der Fichte vergesellschaftet sind, am häufigsten auf. Einzig an der im Gebiet bei Bad Waldsee häufigen Erle wurden zahlreiche spezifische Begleiter gefunden. Die Mykorrhizierungsuntersuchungen an den Fichtensämlingen belegten, daß spätestens nach einem Jahr alle Feinwurzeln mykorrhiziert sind und daß die Mykorrhizapilze, die dabei auftreten, zu allermeist aus dem Mykorrhizapilzspektrum der nächsten Umgebung des jeweiligen Sämlings stammen. Die Untersuchung der Mykorrhizierung der Jungfichten ergab, daß das Spektrum der Mykorrhizatypen durch die Freistellung nach Sturmwurf nicht signifikant beeinflußt wird. Das heißt, daß der Mykorrhizabesatz, der von den Jungbäumen bereits unter Schirm erworben wurde, auch nach der Freistellung erhalten bleibt. Das Spektrum der Pilzarten an den Feinwurzeln der Jungfichten ist allerdings nicht identisch mit dem Artenspektrum in einem geschlossenen Bestand. Einige spezifische Begleiter der Fichte sind vor allem mit Altbäumen vergesellschaftet und werden nur in geringem Maße vom Jungbestand tradiert. Aufkommende Sämlinge können im Wurzelbereich der Jungfichten von den vorhandenen Symbiosepartnern mykorrhiziert werden. Für die auf den Sturmwurfflächen aufkommenden Sämlinge anderer Baumarten ist dadurch das Spektrum potentieller Mykorrhizapartner auf die unspezifischen Arten beschränkt, da in den ehemaligen Fichtenforsten neben diesen fast ausschließlich nadelbaumspezifische Symbiosepartner auftraten. Fehlt solch ein Jungwuchs, so reduziert sich das Spektrum der möglichen Mykorrhizapartner für alle Sämlinge auf *Thelephora terrestris*. Um eine rasche Wiederbesiedelung von Kahlflächen zu gewährleisten sollten also stets die unter Schirm aufgelaufenen Jungbäume erhalten bleiben. Eine kurzfristige Umwandlung ehemaliger Fichenforste in standortgerechtere Mischwälder allein aufgrund natürlicher Regenerationsmechanismen nach Sturmwurf ist nicht zu erwarten.