

Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen

Von R. Mosandl und G. Aas

Aus dem Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung und dem Lehrstuhl für Forstbotanik der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München

Die Fragestellung

Eine genaue Kenntnis der Verjüngungsdynamik im Fichten-Tannen-Buchenwald (Bergmischwald) ist die Voraussetzung dafür, daß dem Rückgang dieser wertvollen Vegetationsform Einhalt geboten und ihre Wiederausbreitung gefördert werden kann.

Seit dem Jahre 1976 betreibt deshalb die Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität München unter Federführung des Lehrstuhls für Waldbau und Forsteinrichtung ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben in den Chiemgauer Alpen, das die Untersuchung der Verjüngungsprozesse im Bergmischwald und der sie beeinflussenden Faktoren zum Ziel hat (BURSCHEL et al., 1985).

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sind inzwischen zahlreiche Arbeiten entstanden, die zusammengenommen ein Bild vom Verjüngungsgeschehen im Bergmischwald ergeben. Über eine dieser Arbeiten, die sich mit der Bedeutung parasitärer Pilze als Abgangsursache bei Keimlingen der Bergmischwaldverjüngung beschäftigt, soll hier berichtet werden.

Fünf Fragen lagen dieser Arbeit zugrunde:

1. In welchem Ausmaß werden Abgänge an Fichten-, Tannen-, Buchen- und Ahornkeimlingen in der ersten Vegetationsperiode durch Pilze verursacht?
2. Ist die Anzahl der Abgänge durch Pilze von der waldbaulichen Behandlung des Altbestandes (Grad der Überschirmung) beeinflusst?
3. Welche Schadsymptome zeigen befallene Pflanzen?
4. Welche Pilzarten können von befallenen Pflanzen isoliert werden?
5. Zeigen Pflanzen, die im Labor mit diesen Pilzarten infiziert werden, die gleichen Schadsymptome wie Pflanzen im Freiland? Kann somit geschlossen werden, daß die isolierten Pilze für die beobachteten Schäden ursächlich verantwortlich sind?

Die ersten drei Fragen sollten mit Hilfe eines im Jahr 1982 angelegten Freilandversuches, die restlichen zwei Fragen durch Laboruntersuchungen im gleichen Jahr beantwortet werden.

Der Freilandversuch

Eine der bereits im Jahr 1976 im Rahmen des Forschungsprojekts „Bergmischwald“ angelegten Versuchsflächen, und zwar die sog. „Hauptversuchsfläche“, war geeignet, die zur Untersuchung des Pilzeinflusses auf die Verjüngung erdachte Versuchsanlage aufzunehmen. Diese Hauptversuchsfläche befindet sich an einem 20 Grad geneigten NW-Hang südlich des Rauschberges auf 900–950 m Meereshöhe im Forstamtbereich Ruhpolding in den Chiemgauer Alpen. Sie liegt in einem ca. 120jährigen Fichten-Tannen-Buchen-Bestand (*Adenostylo-glabrae-Abieti-Fagetum*), der auf flach- bis mittelgründigen Braunerde-Terrafusca-Böden stockt. Im Untersuchungsgebiet betragen die mittleren Jahresniederschläge 1730 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 6,2 °C. Verglichen mit den langjährigen Monatsmittelwerten war die Vegetationsperiode 1982 etwas zu trocken und etwas zu warm.

Auf der Hauptversuchsfläche wurde der Freilandversuch in Form einer Spaltflächenanlage (v. LAAR, 1979) angeordnet. Auf zwei benachbarten, zur Hauptversuchsfläche gehörenden Teilflächen, einer voll beschirmten mit einem Beschirmungsgrad von 68 % und einer locker beschirmten mit einem Beschirmungsgrad von 39 %, wurden jeweils 32 Versuchspartellen, also insgesamt 64 Partellen, von 50 × 25 cm Grundfläche abgesteckt. Nach einer leichten Bodenbearbeitung wurden Ende April 1982 auf 16 dieser Partellen Fichten ausgesät, auf 16 Partellen Tannen, auf 16 Partellen Buchen und auf weiteren 16 Partellen Ahorne. Aufschluß über das Ausmaß der Pilzschäden sollte dadurch gewonnen werden, daß die Hälfte aller Partellen gegen Pilzbefall geschützt wurde, die andere Hälfte dagegen ohne diesen Schutz blieb. Der Freilandversuch enthielt also 2 Überschirmungszustände, 2 Pilzschutzvarianten, 4 Baumarten und 4 Wiederholungen.

Die Pilzabwehr erfolgte durch die Fungizide Euparen (Wirkstoff 50 % Dichlofluamid), Polyram Combi (80 % Metiram) und Dithane Ultra (80 % Mancozeb), die von Ende April bis Anfang September in wöchentlichem Turnus abwechselnd eingesetzt wurden.

Alle Partellen waren mittels Drahtgehäusen vor Mäusen und Vögeln geschützt. Zur Abwehr von Schneckenschäden diente „Schneckenkorn“ und als Schutz vor Insekten fand das Insektizid „Ambush“ (Wirkstoff Permethrin) Verwendung.

Während der Versuchsdauer von Ende April bis Ende September 1982 wurden die Keimlingszu- und -abgänge an 16 Kontrollterminen registriert. Hieraus konnten Keimprozent (= Anzahl gekeimter Pflanzen/Anzahl ausgebrachter Samen × 100) und Ausfallprozent (= Anzahl Pflanzenabgänge/Anzahl gekeimter Pflanzen × 100) errechnet werden. Der Einfluß von Überschirmung, Pilzschutz und Baumart auf diese Werte wurde varianzanalytisch getestet.

Das Keimergebnis

Auf allen Partellen stellte sich eine für den Versuchszweck genügend große Anzahl an Keimlingen ein. Es keimten 16 % der ausgebrachten Bucheckern, 17 % der Tannensamen, 38 % der Fichtensamen und über 50 % der Ahornfrüchte (Mittelwerte aus jeweils 16 Partellen). Die Überschirmung wirkte sich nur auf das Keimergebnis der Tanne aus. Auf der locker beschirmten Fläche keimten 20 % der Tannensamen, auf der dicht beschirmten Fläche dagegen nur 14 %. Pilzschutz bewirkte bei keiner Baumart eine statistisch nachweisbare Veränderung des Keimprozentens.

Die Pflanzenausfälle

Der Absterbeprozess begann bei allen Baumarten etwa zwei Wochen nach Keimbeginn. Gehäuft traten Ausfälle dann von Mitte Juni bis Mitte Juli auf. Danach gingen die Ausfallraten stark zurück und blieben bis in den Herbst hinein auf niedrigem Niveau. Lediglich die Tannenkeimlinge erlitten im August nochmals starke Ausfälle.

In den 64 Partellen keimten insgesamt 2255 Pflanzen. 494 (= 22 %) davon überlebten die erste Vegetationsperiode nicht. Alle Ausfälle waren auf abiotische oder von Pilzen verursachte Schäden zurückzuführen. Schäden durch Mäuse, Vögel, Schnecken oder Insekten traten nicht auf. Die getroffenen Schutzvorkehrungen erwiesen sich somit als wirkungsvoll.

Die varianzanalytische Testung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Ausfallprozente (wobei die Ausfallprozente winkeltransformiert in die Berechnung eingingen) erbrachte das in Tab. 1 dargestellte Ergebnis:

Tabelle 1: Das Ergebnis der varianzanalytischen Prüfung des Einflusses verschiedener Faktoren auf die Ausfallprozente.

** hochsignifikant; * signifikant; n. s. nicht signifikant.

Die hier nicht aufgeführten Wechselwirkungen B × C und A × B × C erwiesen sich als nicht signifikant.

Einflußfaktor	Überschirmung A	Pilzschutz B	Wechselwirkung A × B	Baumart C	Wechselwirkung A × C
Gesamtanalyse für alle vier Baumarten	**	**	n. s.	**	*
Einzelanalyse					
Fichte	**	n. s.	*		
Tanne	**	**	*		
Buche	n. s.	n. s.	n. s.		
Ahorn	n. s.	*	n. s.		

Die Höhe der Pflanzenausfälle in der ersten Vegetationsperiode war eindeutig durch den Grad der Überschirmung durch den Altbestand bestimmt. Während auf der locker beschirmten Fläche ledig-

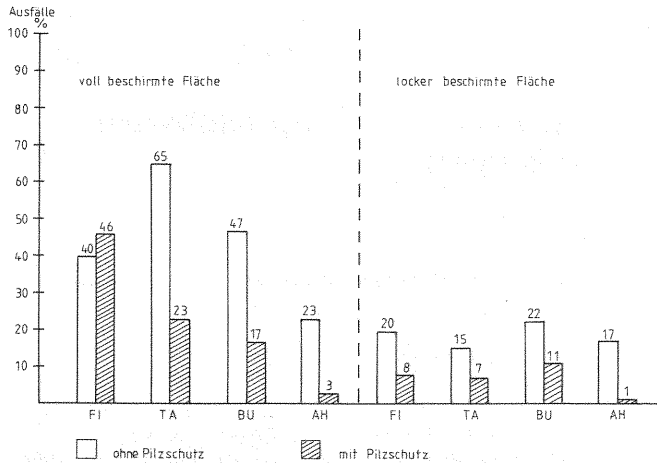


Abb. 1: Die Ausfallraten der vier Baumarten mit und ohne Pilzschutz auf den beiden verschieden überschirmten Flächen (Mittelwerte von jeweils 4 Versuchspartzellen).

lich 13 % aller Pflanzen ausfielen, waren es auf der dicht beschirmten Fläche mit 33 % erheblich mehr.

Pilzschutz erwies sich als hochsignifikanter Einflußfaktor auf die Höhe der Ausfälle. Auf den nicht mit Fungizid behandelten Parzellen fielen 31 % der Keimlinge aus, auf den pilzgeschützten Parzellen waren es dagegen nur 14 %. Für rund 17 % aller Pflanzen – die Differenz aus beiden Werten – waren demnach Pilze die Ursache des Absterbens.

Die Baumarten erwiesen sich als unterschiedlich anfällig in der ersten Vegetationsperiode. 28 % aller Fichten und Tannen waren bei Versuchsende bereits wieder verschwunden. Eine ähnlich hohe Ausfallrate hatte mit 24 % die Buche. Deutlich davon abgesetzt war der Ahorn: Lediglich 11 % aller Ahornpflanzen fielen im Beobachtungszeitraum aus.

Zwischen den Einflußfaktoren Überschirmung und Baumart bestand eine gesicherte Wechselwirkung, d. h. der Faktor Überschirmung wirkte sich auf die Baumarten verschieden stark aus. Während bei Fichte, Tanne und Buche ein deutlicher Überschirmungseffekt auf die Ausfälle gegeben war, konnte ein solcher beim Ahorn nicht nachgewiesen werden.

Das nach Baumarten aufgeschlüsselte Ergebnis des Freilandversuches ist in Abb. 1 dargestellt. Zur Interpretation können die in Tab. 1 wiedergegebenen Resultate der Einzelvarianzanalysen herangezogen werden.

Die Ausfälle der Fichte waren danach unter dichtem Schirm deutlich höher als unter lockerem Schirm. Ein Vergleich der Ausfallraten auf beiden Flächen läßt den Schluß zu, daß 20 % bzw. 38 % der Fichten infolge des reduzierten Lichtangebotes auf der dicht beschirmten Fläche starben. Hinsichtlich der Wirkung des Pilzschutzes auf die Höhe der Ausfälle stellte die Fichte eine Ausnahme dar. Ein Einfluß wurde nur auf der locker beschirmten, nicht dagegen auf der dicht beschirmten Fläche erkennbar. Unter lockerem Schirm waren für 12 % der Fichtenkeimlinge Pilze die Ursache des Absterbens.

Auch die Tanne reagierte deutlich auf eine Auflockerung des Schirmes. Auf der dicht überschirmten Fläche fielen 50 % bzw. 16 % der Keimlinge infolge Lichtmangels aus. Unter dichtem Schirm waren bei 42 % aller aufgelaufenen Tannen Pilze am Absterbeprozess beteiligt; unter lockerem Schirm fielen dagegen nur 8 % aller Keimlinge Pilzen zum Opfer; hier war also das Milieu für Pilze wesentlich ungünstiger bzw. die Widerstandskraft der Tannenkeimlinge deutlich höher.

Eine Auswirkung der Überschirmung und des Pilzschutzes auf die Absterberaten deutete sich auch bei der Buche an. Allerdings streuten die Einzelwerte so stark, daß eine Absicherung dieser Wirkungen nicht möglich war.

Der Ahorn zeichnete sich durch eine außergewöhnlich hohe Überlebensrate unter dichtem Schirm aus, die nur wenig (nicht absicherbar) niedriger lag als unter lockerem Schirm. Die Ausfälle waren fast ausschließlich auf den Einfluß von Pilzen zurückzuführen. 20 % aller Ahornkeimlinge auf der dicht beschirmten Fläche und 16 % auf der locker überschirmten Fläche starben infolge von Pilzeinwirkung.

Die Schadbilder

Im Verlauf des Freilandversuches kristallisierten sich typische baumartenspezifische Schadbilder heraus, von denen anzunehmen war, daß sie auf Pilzeinwirkung zurückzuführen waren.

Das häufigste auf Pilzschaden hindeutende Symptom der Fichte war eine Zerstörung der Wurzel und des unteren Hypokotylbereiches. Dies führte zum Umfallen der Keimpflanzen.

Erkrankte Tannen zeigten in den ersten zwei Lebenswochen nekrotische Ein- oder Abschnürungen der Wurzel und (oder) des Wurzelhalses. Gegen Ende des Sommers wurden viele Tannen mit schlaff herabhängenden graufleckigen und zerfransten Nadeln beobachtet.

Frühe Keimlingsausfälle der Buche (zur Zeit der Hypokotyl-Streckung) waren verursacht durch ein von der Spitze her fortschreitendes Absterben der Radicula. Eine Erkrankung oberirdischer Pflanzenteile trat an älteren Sämlingen auf. Beginnend an der Basis der Keimblätter, führte eine Nekrose zunächst zum Verfaulen dieser Blätter und später auch des Epikotyls. Meist starben so erkrankte Pflanzen nach wenigen Tagen. Diese Schäden traten plötzweise konzentriert auf. Betroffen waren nur wenige Versuchspartzellen. Dort kam es jedoch zu sehr hohen Ausfällen (bis zu 100 %).

An wenige Tage bis zu zwei Wochen alten Ahornen wurden dunkel gefärbte Einschnürungen im Bereich des Wurzelhalses beobachtet. Die führten zum Umknicken und Absterben der sich gerade aufrichtenden Pflänzchen. Bei Sämlingen mit voll entwickelten Primärblättern trat eine Wurzelfäule auf. Aufrecht stehend welkten die Pflanzen und ließen sich widerstandslos aus dem Boden ziehen.

Die Laboruntersuchungen

Nachdem der Freilandversuch eindeutige Antworten auf die ersten drei der eingangs gestellten Fragen erbracht hatte, sollte nun mit Hilfe von Laboruntersuchungen die Beantwortung der restlichen zwei Fragen angegangen werden. Zunächst einmal wurden Keimlinge, die Schadbilder, wie sie vorstehend beschrieben wurden, aufwiesen und bei denen ein Verdacht auf Pilzschaden bestand, von den Versuchsfächen entnommen. Es handelte sich dabei um Pflanzen, deren Krankheitszustand eine Erholung als unwahrscheinlich erscheinen ließ, oder solche, die bereits abgestorben waren und deren Zersetzung noch nicht allzu weit fortgeschritten war.

Es mußte der Nachweis erbracht werden, daß die beobachteten Schadbilder tatsächlich auf Pilzinfektionen zurückzuführen waren. Deshalb wurden aus den erkrankten Gewebebereichen der Keimlinge mit sterilem Werkzeug kleine, wenige Millimeter große Proben als Impfstücke entnommen. Nach gründlicher Spülung in destilliertem Wasser gelangten die Impfstücke auf das in Petrischalen gefüllte Nährmedium für Pilzkulturen (2%iger Malzagar). Durch Abimpfen (Übertrag von Pilzmaterial auf frisches Nährmedium) entstanden Reinkulturen, deren Wachstum unbeeinflusst von Verunreinigungen blieb. An diesen Reinkulturen erfolgte die Bestimmung der systematischen Stellung der isolierten Pilze.

Außer aus der Tatsache, daß Pilze aus dem Gewebe erkrankter Keimlinge isoliert werden können, darf noch nicht auf die parasitäre Eigenschaft dieser Pilze geschlossen werden. Es wurden deshalb mit zwei der am häufigsten isolierten Pilzarten Infektionstests durchgeführt. Unter Laborbedingungen wurden Fichtensamen (34 Samen auf Torf-Sand-Substrat) mit einer Sporen-Myzel-Suspension der jeweiligen Pilzart übergossen. Erkrankten die Pflanzen daraufhin und zeigten die gleichen Schadsymptome wie im Freiland, so wurden Reisolierungen versucht.

Die Pilzisolierungen

Von den 494 abgestorbenen Keimlingen des Freilandversuches kamen 98 (= 20 %) ins Labor und wurden auf Pilzbefall hin untersucht. Der Versuch einer Pilzisolierung war bei 77 Keimlingen (= 79 %) erfolgreich. Bei 21 Pflanzen (= 21 %) gelang der Nachweis eines Pilzbefalls nicht. Der Anteil der Keimlinge, von denen erfolgreich isoliert werden konnte, war bei allen Baumarten ähnlich hoch: Er betrug bei der Fichte 78 %, bei der Tanne 83 %, bei der Buche 76 % und beim Ahorn 73 %.

Von den 77 infizierten Pflanzen wurden 81 Isolate 13 verschiedener Pilzarten gewonnen. Vier Keimlinge waren von je zwei Pilzarten befallen. In Tab. 2 sind die isolierten Pilze und die Häufigkeit ihres Vorkommens an den einzelnen Baumarten aufgelistet.

Die Infektionsversuche

Nach Beimpfung der Fichtensaat mit *Cylindrocarpon destructans* überlebte von 18 Keimlingen nur einer. Die 17 abgestorbenen Pflanzen knickten alle im Alter von 3 bis 6 Wochen knapp über der Bodenoberfläche um. Fünf dieser Pflanzen wurden ausgewählt und an ihnen Re-Isolierungsversuche vorgenommen. Bei allen fünf Pflanzen erbrachten die Re-Isolierungen wiederum Kulturen von *Cylindrocarpon destructans*.

Nach Behandlung mit *Strasseria geniculata* starben zwar 4 von 15 Keimlingen, eine Re-Isolierung dieses Pilzes aus den erkrankten Pflanzen gelang jedoch nicht.

Tabelle 2: Häufigkeit der isolierten Pilzarten bei den einzelnen Baumarten (* = nicht näher bestimmt)

Pilzart	Tanne		Fichte		Buche		Ahorn		Gesamt	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	12	(38)	12	(55)	1	(6)	6	(55)	31	(38)
<i>Strasseria geniculata</i>	6	(19)	3	(14)	5	(31)	–	–	14	(17)
<i>Fusarium sp.*</i>	1	(3)	1	(5)	8	(50)	–	–	10	(12)
<i>Cylindrocarpon didymum</i>	1	(3)	1	(5)	–	–	3	(27)	5	(6)
<i>Trichoderma</i> (3 Arten)*	3	(9)	3	(14)	2	(12)	1	(9)	9	(11)
<i>Botrytis cinerea</i>	3	(9)	–	–	–	–	–	–	3	(4)
<i>Phoma sp.*</i>	2	(6)	1	(5)	–	–	–	–	3	(4)
<i>Penicillium sp.*</i>	2	(6)	1	(5)	–	–	–	–	3	(4)
<i>Pestalotia hartigii</i>	1	(3)	–	–	–	–	–	–	1	(1)
<i>Epicoccum sp.*</i>	1	(3)	–	–	–	–	–	–	1	(1)
<i>Oomycet*</i>	–	–	–	–	–	–	1	(9)	1	(1)
Gesamt	32	(100)	22	(100)	16	(100)	11	(100)	81	(100)

Diskussion

Es ist bekannt, daß durch Pilzinfektionen an Keimlingen in Forstpflanzgärten weltweit erhebliche Schäden angerichtet werden. Über ihre Bedeutung bei der natürlichen Waldverjüngung gibt es im Schrifttum dagegen nur wenige und dazu noch widersprüchliche Hinweise. Während eine Reihe von Autoren (HARTIG, 1900; ROTH, 1935; BURSCHEL et al., 1964; und LUFT, 1973) größere durch Pilzkrankheiten verursachte Schäden in Naturverjüngungen beschrieben, stellten andere (HARTLEY et al., 1918; HEISEKE, 1969; und PLATE, 1975) fest, daß Pilze nur unbedeutende Schäden an Naturverjüngungen anrichten.

In dem im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Freilandversuch zeigte sich, daß durch Keimlingspilze in der Bergmischwaldverjüngung ganz beachtliche Ausfälle entstehen können. Pilze traten dabei erst nach Auflaufen der Keimlinge in Erscheinung. Die „Frühe Keimlingsfäule“ (BUTIN und ZYCHA, 1973), also die Erkrankung vor Auflaufen der Keimlinge, spielte keine Rolle. 17 % aller aufgelaufenen Keimlinge fielen im Beobachtungszeitraum infolge von Pilzinfektion aus. Die Tanne erwies sich am anfälligsten gegen Pilzinfektionen. An ihr wurde deutlich, daß starke Beschattung der Keimlinge höhere Pilzausfälle zur Folge hat. Die gleiche Beobachtung wurde zwar auch an der Buche gemacht, doch war – durch geringe Anzahl der Wiederholungen bei hoher Einzelwertstreuung – dieser Befund statistisch nicht absicherbar. Plausibel erscheint es jedoch allemal, daß mit zunehmender Überschirmung die Anfälligkeit für Pilzinfektionen steigt. Unter vollem Schirmdruck entwickeln sich die Keimlinge nämlich langsamer und sind weniger vital als unter lockerem Schirm. Damit verlängert sich aber jene sensible Phase im Leben der Pflanze, in der „die Voraussetzungen für eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit durch fehlende Eindringungsresistenz...“ (BUTIN und ZYCHA, 1973) gegeben sind. Vor diesem Hintergrund überrascht es, daß sich keine Hinweise auf eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Fichten- und Ahornkeimlinge gegenüber Pilzbefall unter den lichtökologisch günstigeren Bedingungen ergaben.

Neben den hier untersuchten Faktoren haben möglicherweise noch weitere, wie z. B. die Standort- und Witterungsverhältnisse, Einfluß auf das Ausmaß der Pilzschäden. Interessant erscheint in diesem Zusammenhang der Befund HOHENADLS (1981), daß in der kalten und feuchten Vegetationsperiode 1978 auf der Hauptversuchsfläche im Forstamtsbereich Ruhpolding 20 % der Buchenkeimlinge infolge von Pilzkrankheiten abstarben. Man wird also davon ausgehen können, daß Pilze im Bergmischwald permanent vorhanden sind und einen Teil der auflaufenden Keimlinge zum Absterben bringen. Pilzbedingte Ausfälle in der Größenordnung von 10–15 % auf der locker beschirmten Fläche und von 20–40 % auf der dicht beschirmten Fläche dürften dabei durchaus im Bereich des Normalen liegen.

Dieser Feststellung kommt auch vor dem Hintergrund des Waldsterbens eine gewisse Bedeutung zu. Werden doch Pilze von verschiedenen Autoren für die an den Blattoorganen älterer Bäume auftretenden Schäden mitverantwortlich gemacht. Es wäre denkbar, daß auch die verhältnismäßig empfindlichen Keimlinge in zunehmendem Maße

von Pilzen befallen werden. Bislang gibt es jedoch keinerlei Hinweise, daß der Verjüngungsprozeß im Bergmischwald in irgendeiner Weise durch neuartige Phänomene, wie z. B. verstäkertes Auftreten von Pilzen, beeinträchtigt ist (BURSCHEL et al., 1985).

Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse muß berücksichtigt werden, daß der hier durchgeführte Pilzschutz keine vollständige Ausschaltung der Pilze bewirken konnte. So traten auch in mit Fungiziden behandelten Parzellen vereinzelt Pilzschäden auf. Dies dürfte zum einen damit zu erklären sein, daß die Fungizide vor allem zu Versuchsbeginn ihre Wirkung nicht ausreichend tief im Wurzelraum zur Geltung brachten. Zum anderen konnte bei einigen Pilzen (z. B. *Fusarium sp.*) Toleranz gegenüber den applizierten Mitteln beobachtet werden. Über eine mögliche indirekte Förderung pathogener Pilze durch Fungizide, indem antagonistische Mikroorganismen von diesen stärker getroffen werden als potentielle Parasiten, und sich so das biologische Gleichgewicht zugunsten der Pathogene verschob, kann man nur Vermutungen anstellen. Berücksichtigt man alle diese Nachteile des Fungizideinsatzes, so kommt man zu dem Schluß, daß in dem hier durchgeführten Versuch das Ausmaß der Pilzschäden eher unter- als überschätzt wurde.

Sowohl die beobachteten Schadbilder wie auch die isolierten Pilze entsprechen denen, die man aus Forstpflanzgärten kennt (BUTIN und ZYCHA, 1973). Überraschend war das häufigere Vorkommen von *Strasseria geniculata* bei Buche, da BUTIN und ZYCHA (1973) diesen Pilz nur bei Koniferen als Krankheitserreger nennen.

Cylindrocarpon destructans stellte sich als wichtigster Verursacher pilzlicher Keimlingskrankheiten heraus. Dies bestätigt Ergebnisse von KOWALSKI (1980a und b), wonach diese Art in Tannen-Naturverjüngungen große Schäden anrichten kann. Nach den Resultaten des Infektionstests ist *Cyl. dest.* wohl als echter Parasit einzustufen. Inwieweit dagegen die übrigen der gefundenen Pilze tatsächlich primäre Ursache von Keimlingsverlusten sind, oder ob sie sich nur sekundär einer anderen Schädigung des Keimlings anschließen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Zumindest bei einigen der isolierten Arten (*Penicillium*, *Trichoderma*) wird man letzteres annehmen können.

Die erzielten Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen eine Reihe von Schlußfolgerungen zu:

- Keimlingspilze verursachen in der aus Fichten, Tannen, Buchen und Ahornen bestehenden Naturverjüngung des Bergmischwaldes der nördlichen Kalkalpen während der ersten Vegetationsperiode beachtliche Ausfälle. Durch Eingriffe in den Altholzschirm kann das Ausmaß der Pilzschäden an Tannen- und Buchenkeimlingen stark reduziert werden.
- Darüber hinaus erweist sich eine Auflockerung des Schirmes auch für die Fichtenkeimlinge als vorteilhaft, ohne daß diese Verbesserung auf eine erhöhte Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Pilzen zurückzuführen ist.
- Pilzschäden können als solche anhand der beschriebenen Schadbilder mit recht hoher Genauigkeit erkannt werden. Eine exakte Zuordnung einer bestimmten Pilzart zu einem der beschriebenen Schadbilder erscheint dagegen nicht möglich; offensichtlich ist eine Vielzahl von Pilzen in der Lage, gleiche oder doch zumindest sehr ähnliche Krankheitsbilder hervorzurufen.
- Bezieht man die erzielten Ergebnisse über das Ausmaß der Pilzschäden auf die ungeheuer hohen Pflanzenzahlen der Naturverjüngung im Bergmischwald (BURSCHEL et al., 1985), so wird deutlich, daß Pilze zwar ein bedeutender biotischer Schadfaktor sind, daß Mißlingen der natürlichen Verjüngung der Bergmischwälder jedoch nicht diesem Faktor angelastet werden kann.

Zusammenfassung

1. Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprogramms, das die Erhaltung und Wiederausbreitung des Bergmischwaldes zum Ziele hat, wurde der Frage nachgegangen, inwieweit Keimlingspilze als Schadursache in der Naturverjüngung bedeutsam sind.
2. Ein Freilandversuch in den ostbayerischen Kalkalpen sollte Aufschluß über die Höhe der durch Pilzkrankheiten verursachten Keimlingsverluste geben. Dazu wurden auf zwei unterschiedlich dicht bestockten Versuchsflächen mit Fungiziden gegen Pilzbefall geschützte Keimlingskollektive mit ungeschützten verglichen. Der Versuch wurde mit den Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Bergahorn durchgeführt. Die durch Pilze hervorgerufenen Schadbilder der einzelnen Baumarten wurden beschrieben. Die den Freilandversuch ergänzenden Laboruntersuchungen sollten die Frage klären, welche Pilzarten an geschädigten

Keimlingen auftreten. Darüber hinaus sollten in einem Infektionsversuch die parasitären Eigenschaften zweier ausgewählter Pilze nachgewiesen werden.

3. Den Ergebnissen des Freilandversuchs zufolge spielten Pilzschäden vor dem Auflaufen der Keimlinge keine Rolle. Nach dem Auflaufen führte Pilzbefall zum Absterben von etwa 17 % aller gekeimten Pflanzen (Summe aller Baumarten). Ausfälle durch Pilze traten bei allen Baumarten auf; die Tanne erwies sich als die empfindlichste Art. Hinweise darauf, daß die Überschirmung das Ausmaß der Pilzschäden beeinflußt, ergaben sich bei Tanne und Buche.
4. Die Laboruntersuchungen erbrachten, daß die isolierten Pilzarten in der Mehrzahl den Erregern der Umfallkrankheit zuzurechnen sind. Es wurden 13 verschiedene Pilzarten isoliert. *Cylindrocarpon destructans* war die am häufigsten vertretene Art.
5. In einem Infektionsversuch gelang für *Cylindrocarpon destructans* der Nachweis der parasitären Eigenschaft. Im Falle von *Strasseria geniculata* blieb der Versuch erfolglos.
6. Als Schlußfolgerung dieser Untersuchung werden herausgestellt, daß
 - ein waldbaulicher Eingriff zur Auflockerung des Altholzschirmes die Pilzschäden reduzieren kann,
 - Pilzschäden als solche einwandfrei zu diagnostizieren sind, ein Schluß vom Schadbild auf einen bestimmten Pilz jedoch nicht möglich ist,
 - Keimlingspilze ein wesentlicher Schadfaktor im Geschehen der Naturverjüngung sind, obgleich sie auf keinen Fall für das Scheitern der Verjüngung verantwortlich gemacht werden können.

Literaturverzeichnis

AAS, G. (1984): Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen in der natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Unveröffentlichte Diplomarbeit der Forstwissenschaftl. Fakultät der Universität München. 78 S. – BURSCHEL, P., J. HUSS, und R. KALBHENN (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche. Schriftenreihe Forstl. Fakultät der Universität Göttingen, 34. 186 S. – BURSCHEL, P., H. EL KATEB, J. HUSS und R. MOSANDL: Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstwissenschaftl. Centralbl. 104. 65–100. – BUTIN, H., und H. ZYCHA (1973): Forstpathologie. Stuttgart. Thieme. 177 S. – HARTIG, R. (1900): Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin. Springer. 324 S. – HARTLEY, C., T. C. MERILL and A. RHOADS (1918): Seedling Diseases of Conifers. Washington, D. C.; Journal of Agricultural Research, Vol. XV, No. 10. 558 S. – HEISEKE, D. (1969): Untersuchungen über Samenproduktion und

Samenflug, Keimung und Keimlingsentwicklung bei der Fichte. Diss., Univ. Hann. Münden. 158 S. – HOHENADL, W. (1981): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Diss., Forstwiss. Fakultät der Univ. München. 197 S. – KOWALSKI, St. (1980a): *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholt., causative agent of mortality in fir (*Abies alba* Mill). natural regeneration in some mountain forests of Poland. Acta Agraria et Silvestria. Series Silvestris. 57–73. – KOWALSKI, St. (1980b): Influence of soil fungi community in selected mountain stands on the development of *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholt. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 49. 487–492. – LAAR, A. van (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft. Teil I und II. Forschungsbericht der FFA München. 44/1 + II. 702 S. – LUFT, W. (1973): Waldbaulich-ökologische Untersuchungen bei der Fehlschlagverjüngung im montanen Tannen-Buchenwald des westlichen Hochschwarzwaldes. Stuttgart. Selbstverlag der Landesforstverw. Baden-Württemberg. 111 S. – PLATE, G. (1975): Ökologische Untersuchungen zur Verjüngung der Fichte. Diss. Forstwiss. Fakultät der Univ. München. 199 S. – ROTH, C. (1935): Untersuchungen über den Wurzelbrand der Fichte (*Picea excelsa* Link.). Phytopathologische Zeitschrift (Sonderdruck). 110 S.

Forstoberrat Dr. Reinhard MOSANDL ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung; Dipl.-Forstwirt Gregor AAS ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Forstbotanik der Universität München.