

## Endophytische Pilze in grünen Nadeln der Fichte (*Picea abies* Karst.)

H. BUTIN

Institut für Pflanzenschutz im Forst der  
Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft  
D-3300 Braunschweig

Eingegangen am 13.1.1986

Butin, H. (1986) – Endophytic fungi in green needles of Norway spruce (*Picea abies* Karst.)  
Z. Mykol. 52 (2): 335–346.

**Key Words:** endophytic fungi, *Lophodermium piceae*.

**Abstract:** Thirtyfour species or genera of endophytic fungi are named, which were isolated from green needles of 23 different localities of Norway spruce bearing no symptoms of disease. 33 % of the needles yielded endophytes. They belong partly to the Ascomycetes, partly to the Deuteromycetes. The most frequent and highly host-specific endophyte is *Lophodermium piceae*. Many other species are unspecific ubiquitous with a more or less indistinct association to spruce.

**Zusammenfassung:** 34 Pilzarten resp. Gattungen werden genannt, die als Endophyten zu 33 % aus grünen, symptomlosen Nadeln der Fichte 23 verschiedener Standorte isoliert werden konnten. Sie gehören teils zu den Ascomyceten, teils zu den Deuteromyceten. Häufigster Endophyt mit hoher Wirtsspezifität ist *Lophodermium piceae*. Zahlreiche andere Arten sind unspezifische Ubiquisten mit mehr oder weniger enger Bindung an die Fichte.

Nachdem bis vor kurzem dem Vorkommen endophytischer Pilze in grünen Pflanzen wenig Beachtung geschenkt worden ist, sind Berichte darüber in den letzten 10 Jahren sprunghaft angestiegen. Nach den ersten, umfangreicheren Untersuchungen aus dem westlichen Teil von Nordamerika (Bernstein & Carroll, 1977; Carroll & Carroll, 1978; Petrini & Carroll, 1981) sind Erhebungen inzwischen auch in Europa durchgeführt worden (Carroll & al., 1977; Petrini & al., 1979; Barklund & Rowe, 1983; Schnell & al., 1985). Bis heute sind etwa 750 Endophyten in über 200 verschiedenen Pflanzenarten bekannt geworden; dabei sind Farne, Moose und Blütenpflanzen aus verschiedenen Familien und aus verschiedenen Kontinenten und Klimazonen berücksichtigt worden. Es handelt sich überwiegend um Ascomyceten und Deuteromyceten. Neben Pflanzen mit nur geringem Endophytenbesatz (z. B. *Taxus*) finden sich Pflanzen (z. B. *Arctostaphylos uva-ursi*), die mehr als 200 Endophytenarten beherbergen. Unter den Pilzpartnern finden sich sowohl hoch wirtsspezifische, potentielle Krankheitserreger als auch wirtsunspezifische Ubiquisten mit überwiegend saprobiontischem Charakter. Petrini & al. (1979) vermuten, daß in oberirdischen Organen von Pflanzen endophytische Pilze ebenso verbreitet und häufig sind wie Mykorrhiza-Pilze in der Wurzel.

Was den Nachweis endophytischer Pilze in pflanzlichem Gewebe betrifft, so lassen sich hierfür verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen Vorteilen anwenden. Als einfachstes optisches Verfahren kann das Lichtmikroskop eingesetzt werden, das allerdings zum Auffinden der Hyphen einen hohen Arbeitsaufwand erfordert (Blomborg, 1966).

Eleganten dürfte der Nachweis auf rasterelektronenoptischem Wege sein, der bereits von B e r n s t e i n & C a r r o l l (1977) erfolgreich beschritten worden ist. Beide Methoden erlauben nur den lokalen Nachweis von Pilzhyphen, nicht aber deren systematische Eingruppierung. Hierfür ist die Isolierung des Pilzes und seine Darstellung in Reinkultur erforderlich.

Unter dem Begriff „Endophyten“ versteht man heute Mikroorganismen – meist Pilze –, die in gesunden Pflanzenteilen leben, ohne dort sichtbare Krankheitssymptome hervorzurufen. – Wenn damit eine Aussage über die Lokalisation der Endophyten gemacht wird, so haben wir doch noch keine klare Vorstellung darüber, welche Beziehungen die Pilze zu ihren Wirtspflanzen haben. Wir müssen annehmen, daß die Endophyten in der Pflanze zunächst als Parasiten auftreten, denn sie ernähren sich von Stoffen der lebenden Pflanze, auch wenn der Nährstoffentzug sehr gering sein dürfte. Diese Vorstellung wird auch dann zutreffen, wenn die Pilze von den Überschüssen der pflanzlichen Assimilate profitieren. Auf der anderen Seite kann man vermuten, daß Endophyten auch ihrerseits Stoffwechselprodukte an die Wirtspflanze abgeben. Diese können für die Pflanze wertlos, aber auch nützlich sein. So ist z. B. für *Epicoccum nigrum* und *Aureobasidium pullulans* die Produktion von Wuchsstoffen (B u c k l e y & P u g h, 1971) mit einem fördernden Einfluß z. B. auf die Keimung von Samen (L u g i n b ü h l & M ü l l e r, 1980b) nachgewiesen worden. Andere Endophyten fördern das Trieb- und Wurzelwachstum der Wirtspflanze (v. T i e d e m a n n, 1985). Diese und andere Befunde führen zur Vorstellung einer Symbiose oder mutualistischen Beziehung zwischen Pilz und Wirtspflanze (C a r r o l l & al., 1977; P e t r i n i & M ü l l e r, 1979). Möglicherweise spielen auch fungistatische Effekte von Endophyten eine Rolle, indem diese die Pflanze vor unerwünschtem Befall durch pathogene Organismen schützen. – Wir müssen jedenfalls davon ausgehen, daß zwischen Endophyt und Wirtspflanze verschiedenartige Beziehungen bestehen können, über die wir im einzelnen jedoch noch wenig wissen.

Ein besonderer Aspekt bei der Betrachtung des Pilz-Wirt-Verhältnisses ist die Frage nach der Pathogenität der Endophyten. Die meisten der bisher aufgefundenen Endophyten sind – wenn auch parasitisch – nicht-pathogene Arten, die auch bei einer Dauerbesiedlung keine Krankheitssymptome verursachen. Andererseits sind Pilzarten bekannt, die als potentielle Krankheitserreger erst bei einer Schwächung des Wirtes zum Zuge kommen. Die Problematik dieser Pilzgruppe wird eingehend bei P e t r i n i & M ü l l e r (1979) diskutiert. Schließlich kennen wir Pilzarten, bei denen es nach einer mehr oder weniger langen endophytischen Entwicklungsphase (Inkubationszeit) zwangsläufig zu einer Schädigung der Pflanze kommt (G ä u m a n n, 1951). – Die Vorstellung, die wir mit einer „endophytischen“ Lebensweise verbinden, darf daher nicht zu eng gesehen werden.

Faßt man die bisherigen Gesichtspunkte der Pilz-Wirt-Beziehungen zusammen, so kann die knappe aber treffende Formulierung von L u g i n b ü h l (1980) zitiert werden, der die in gesunden Pflanzen vorkommenden Pilze als „Symbionten wegen des Zusammenlebens, Parasiten von der Ernährung und Endophyten von der Lokalisation her“ bezeichnet.

Was nun die endophytischen Pilze der Fichte betrifft, so berichtet erstmals L e w i s (1924) über das Vorkommen von Pilzhyphen in lebenden Knospen, Rinden- und Wurzelzellen. Die ersten Ansätze einer artmäßigen Erfassung der in Nadeln von *Picea abies* vorkommenden Pilze finden sich bei C a r r o l l & al. (1977). Diese in Europa gewonnenen Ergebnisse werden durch die Untersuchungen von C a r r o l l & C a r r o l l (1978) aus Nordamerika im Prinzip bestätigt, auch wenn hier andere Fichtenarten (*Picea breweriana*, *P. engelmannii*, *P. sitchensis*) untersucht worden sind. B a r k l u n d & R o w e

(1983) berichten schließlich über das Vorkommen eines „Endophyten A“, der in Schweden aus grünen Fichtennadeln isoliert wurde. Inzwischen konnte dieses Isolat von uns dem Ascomyceten *Lophodermium piceae* zugeordnet werden. – Mit der vorliegenden Arbeit soll ein weiterer Beitrag zur Endophytenflora der Fichte (*Picea abies* Karst.) geliefert werden, wobei der Schwerpunkt auf dem Verbreitungsnachweis in der Bundesrepublik Deutschland liegt.

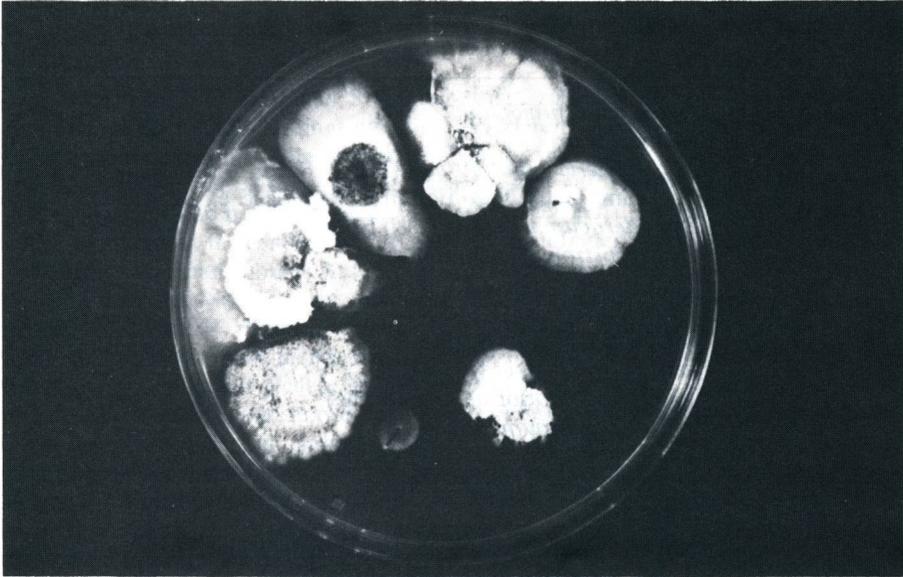


Abb. 1: Malzagarplatte mit mehreren 6 Wochen alten Kulturen von *Lophodermium piceae*, hervorgegangen aus endophytischem Myzel oberflächlich sterilisierter Fichtennadeln.

Fig. 1: Malt agar dish with several 6 week old cultures of *Lophodermium piceae*, originating from endophytic mycelium of surface sterilized spruce needles.

### Material und Methode

Als Ausgangsmaterial der Untersuchungen dienten Fichtenzweige, die 20- bis 40jährigen Bäumen von insgesamt 23 verschiedenen Standorten des ganzen Bundesgebietes entnommen worden waren. Die Entnahme erfolgte aus Baumhöhen zwischen 1 und 4 m. Für die im Laboratorium vorgenommenen Isolierungsarbeiten wurden nur intakte, grüne Nadeln verwendet, wobei die einzelnen Jahrgänge getrennt aufgearbeitet wurden.

Die Oberflächensterilisation der Nadeln sowie die Kultur der Endophyten erfolgte nach einer bei R a c k & B u t i n (1984) beschriebenen Methode. Bei diesem Verfahren werden Fichtennadeln zunächst 1 min lang in 50 %igem Alkohol gebadet und nach kurzem Abtropfen in 0,15 %iges Sublimat überführt, wo sie 10 Minuten verweilen. Anschließend werden sie in sterilem Wasser geschwenkt und auf Filterpapier getrocknet. Nach Entfernen der beiden Nadelenden mittels scharfer Klinge wird die restliche Nadel einmal quergeteilt. Beide Nadelteile werden dann auf 3%igem Malzagar in Petrischalen ausgelegt und bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Aus den Enden der Nadelsegmente wächst dann – bei Anwesenheit eines Endophyten – Myzel heraus, das sich meist kreisförmig auf dem Malzagar ausbreitet (Abb. 1).

Die Bestimmung der so gewonnenen Pilzkulturen ist in mancher Hinsicht problematisch. Oft bleiben die Isolate – trotz veränderter Nährstoffangebote – steril, so daß eine Diagnose nur bei großer Erfahrung unter Hinzuziehung von definierten Vergleichskulturen möglich ist. Selbst sporenbildende Kultu-

ren garantieren nicht immer das Auffinden des entsprechenden Namens, da für die meisten Endophyten noch kein Bestimmungsschlüssel nach Kulturmerkmalen existiert. Für die Fichte ist in dieser Hinsicht ein erster Versuch von R a c k & B u t i n (1984) unternommen worden, der sich allerdings auf nur wenige Pilzarten beschränkt.

Tab. 1: Liste der aus grünen Fichtennadeln isolierten Pilzarten resp. Gattungen 23 verschiedener Standorte.

Tab. 1: List of fungal species or genera isolated from green spruce needles of 23 different localities.

---

<b>Ascomycetes</b>	<i>Chaetomium funiculum</i> Cooke <i>Cenangium</i> sp. <i>Leptosphaeria coniothyrium</i> (Fuck.) Sacc. (als Anamorphe <i>Coniothyrium fuckelii</i> Sacc. ex Schlecht.) <i>Lophodermium piceae</i> (Fuck.) Höhn. (als <i>Leptostroma</i> -Anamorphe) <i>Mollisia cinerea</i> (Batsch) Karst. <i>Mollisia melaleuca</i> (Fr.) Sacc. <i>Naemacyclus minor</i> Butin <i>Pezicula livida</i> (B. et Br.) Rehm (inkl. <i>Cryptosporiopsis</i> -Anamorphe) <i>Pezicula plantarium</i> Wollenw. (inkl. <i>Cryptosporiopsis</i> -Anamorphe) <i>Podospora setosa</i> (Winter) Niessl <i>Sordaria</i> sp. <i>Sydowia polyspora</i> (Bref. et Tavel) E. Müller (als <i>Hormonema dematioides</i> -Anamorphe)
<b>Deuteromycetes</b>	
Hyphomycetes	<i>Acremonium</i> sp. <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler <i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary) Arnaud <i>Botrytis cinerea</i> Pers.: Fries <i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries <i>Cladosporium herbarum</i> Pers.: Fr. <i>Cladosporium oxysporum</i> Berk. et Curt. <i>Epicoccum nigrum</i> Link <i>Phialophora bubakii</i> (Laxa) Schol-Schwarz <i>Phialophora</i> sp. <i>Rhizoctonia</i> sp. <i>Trimmatostroma salicis</i> Corda <i>Ulocladium atrum</i> Preuss
Coelomycetes	<i>Coniothyrium</i> sp. <i>Cryptocline</i> sp. <i>Cytospora abietis</i> Sacc. <i>Phoma</i> sp. <i>Pleurocytospora</i> sp. <i>Rhizosphaera kalkhoffii</i> Bubak <i>Sirococcus strobilinus</i> Preuss ? <i>Sirococcus myrtilli</i> (Feltg.) Petr. <i>Sirodothis</i> sp.

---

## Ergebnisse

In Tab. 1 sind alle Pilzarten bzw. Gattungsvertreter zusammengestellt, die aus grünen Nadeln 23 verschiedener Herkunft isoliert und bestimmt werden konnten. Es handelt sich um insgesamt 34 verschiedene Isolate, von denen 12 zu den Ascomyceten und deren Nebenfruchtformen (Anamorphe) und 22 zu den Deuteromyceten gehören.

Nicht aufgenommen sind Isolate, die wegen fehlender Sporulation nicht bestimmt werden konnten. Sie gehören vermutlich ebenfalls zu den Ascomyceten resp. Deuteromyceten. Basidiomyceten konnten, außer einem unsicheren Isolat (*Athelia?*), nicht nachgewiesen werden.

Was die Häufigkeit der einzelnen Stämme betrifft, so kann hierzu Tab. 2 herangezogen werden. Aufgeführt sind allerdings nur die „häufigeren“ Arten in Abhängigkeit vom Nadelalter und der Herkunft (die absoluten Zahlen sowie die sich daraus ergebenden Prozentwerte beziehen sich auf unzerteilte Nadeln, nicht auf Nadelsegmente!). – Betrachtet man die einzelnen Daten in Abhängigkeit von ihrer Herkunft, so ergibt sich ein sehr wechselvolles Bild sowohl in der Befallshäufigkeit als auch in der Artenvergesellschaftung. Neben Nadeln mit einem hohen Anteil von *Lophodermium piceae* (z. B. Untermerzing, 27.7.84) finden sich Nadelproben mit fast fehlendem Endophytenbesatz (z. B. Oberwarmersteinach, 22.10.84). Ebenso variabel ist die Artenzusammensetzung, wobei allerdings fast immer *Lophodermium piceae* vorhanden ist und am stärksten hervortritt. Dieser Pilz konnte aus 26,6 % grüner Nadeln isoliert werden. Weniger häufig konnten Arten der Gattung *Sirococcus* (2,4 %) und nur selten Vertreter der Gattung *Pezicula* (0,3 %) nachgewiesen werden. Mit 6,3 % sind „andere Pilzarten“ an der Endophytenflora der Fichte beteiligt; sie setzen sich aus insgesamt 29 verschiedenen Gattungen resp. Arten zusammen. (Der durch Addition der Prozentwerte auf 35,6 % ansteigende Gesamtwert infizierter Nadeln gegenüber 67 % steriler Nadeln kommt dadurch zustande, daß gelegentlich zwei verschiedene Pilzarten aus einer Nadel isoliert wurden.)

## Diskussion

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen grundsätzlich die Erwartung, daß auch die Nadeln der Fichte von Endophyten bewohnt werden, wobei ihre Artenzahl der Größenordnung anderer Endophytengesellschaften entspricht (Luginbühl & Müller, 1980 a; Schneil & al., 1985). Nicht überraschend ist auch die systematische Zugehörigkeit der aufgefundenen Arten, denn auch die Fichtennadel-Endophyten gehören fast ausschließlich zu den Ascomyceten und Deuteromyceten. Basidiomyceten scheinen in dieser ökologisch spezialisierten Gruppe keine oder eine nur untergeordnete Rolle zu spielen.

Auffallend in Tab. 2 ist die starke Streuung sowohl in der Häufigkeit einzelner Arten als auch in der Artenzusammensetzung. Von anderen Untersuchern wissen wir, daß das Auftreten von Endophyten z. B. von den Feuchtigkeitsverhältnissen am Standort abhängt (Carroll & Carroll, 1978); auch scheint die Orientierung der Äste zur Himmelsrichtung eine Bedeutung zu haben (Schneil & al., 1985). Nach eigenen Beobachtungen spielt auch die Baumhöhe, aus der die Proben gewonnen werden, eine Rolle. So nimmt die Infektionsdichte von *Lophodermium piceae* von unten nach oben ab. Für Pilzarten schließlich, die ihre Hauptentwicklung auf anderen Pflanzenarten durchlaufen, wäre auch die Begleitflora der Fichte zu berücksichtigen.

Von Barklund & Rowe (1983) werden bemerkenswerte Daten mitgeteilt, die vermuten lassen, daß die Verbreitung und Häufigkeit von *Lophodermium piceae* auch vom

Tab. 2: Häufigkeit endophytischer Pilze in Fichtennadeln 23 verschiedener Herkünfte.  
(s) = *Sirococcus strobilinus*; (m) = *Sirococcus myrtilli*

Tab. 2: Frequency of endophytic fungi in spruce needles from 23 different localities.  
(s) = *Sirococcus strobilinus*; (m) = *Sirococcus myrtilli*

Herkunft Datum Nadeljahrgang	Anzahl der Nadeln	Nadeln mit				sterile Nadeln
		<i>Lophodermium</i> <i>piceae</i>	<i>Sirococcus</i> <i>spp.</i>	<i>Pezicula</i> <i>spp.</i>	anderen Pilzen	
Laugna/Schwaben 5.12.83 Jahrgang?	8	7	0	0	0	1
Dreisessel/Bayer. W. 9.12.83 Jg. 83	16	5	0	0	0	11
Ravensburg 6.12.83 Jg. 83, 82	24	18	0	0	0	6
Schliersee 28.2.84 Jg. 83	12	1?	0	1	0	11
Jg. 82	28	16	0	0	1	11
Untermenzing 4.4.84 Jg. 83	20	0	1 (s)	0	0	19
Jg. 82	20	4	0	0	4	13
Ebersberger Forst 4.4.84 Jg. 83–80	60	29	0	0	3	29
Oberwarmensteinach 4.6.84 Jg. 83, 82	75	5	0	0	3	67
Dreisessel/Bayer. W. 20.6.84 Jg. 83	40	6	0	0	1	33
Zwiesel/Bayer. Wald 20.6.84 Jg. 83	8	2	0	0	1	6
Jg. 82	8	8	0	0	0	0
Haldenhof/Schwarzw. 11.7.84 Jg. 84	20	0	0	0	1	19
Jg. 83	20	0	0	0	1	19
Untermenzing 27.7.84 Jg. 84	20	0	0	0	0	20
Jg. 83–80	88	12	0	0	0	76
Großer Arber 26.9.84 Jg. 84	60	4	0	0	4	53
Valepp/Schliersee 26.9.84 Jg. 83	54	30	1 (s)	0	15	9
Jg. 82	20	14	7 (m)	0	0	1

Herkunft Datum Nadeljahrgang	Anzahl der Nadeln	Nadeln mit				sterile Nadeln
		<i>Lophodermium</i> <i>piceae</i>	<i>Sirococcus</i> <i>spp.</i>	<i>Pezicula</i> <i>spp.</i>	anderen Pilzen	
Dreisessel/Bayer. W. 3.10.84 Jg. 83	40	27	6 (m)	0	0	8
Silberborn/Solling 16.10.84 Jg. 84	60	13	0	0	7	40
Jg. 83, 82, 79	80	27	0	1	2	50
Oberwarmersteinach 22.10.84 Jg. 84	140	3	0	0	9	130
Jg. 83, 82	100	3	0	0	8	92
Hann. Münden Okt., Nov. 84						
Jg. 84	60	14	6 (m)	0	1	42
Jg. 83–79	108	63	7 (m)	2	0	43
Tuttlingen 29.11.84 Jg. 84	20	0	1 (s)	0	0	19
Jg. 83–80	80	32	0	1 ?	0	48
Buchen/Odenwald 29.11.84 Jg. 84	20	0	0	0	0	20
Jg. 83, 82	40	0	0	0	1	39
Oberwarmersteinach 8.12.84 Jg. 84	60	0	0	0	3	58
Jg. 83–79	140	9	8 (m)	0	13	112
Hils/Niedersachsen 22.4.85 Jg. 84–82	100	13	0	0	0	87
Nebelhorn/Allgäu 11.9.85 Jg. 85	20	1	5 (s)	0	1	13
Jg. 84, 82	60	8	3 (s)	0	3	46
Oythal/Oberstdorf 11.9.85 Jg. 85	40	11	0	0	12	17
Jg. 84–82	120	118	0	0	25	2
Gesamt:	1889	503	45	5	119	1270
	100 %	26,6 %	2,4 %	0,3 %	6,3 %	67 %

„sauren Regen“ beeinflußt werden. Sie fanden in Südschweden mit steigender Hydrogenkonzentration ein abnehmendes Pilzvorkommen. Sollte sich diese Abhängigkeit bestätigen, so wäre *Lophodermium piceae* ein geeigneter Bioindikator für saure Immissionen.

Da wir die oben erwähnten Umweltfaktoren bei unseren Untersuchungen nicht alle haben berücksichtigen können, wäre es verfrüht, jetzt schon regionale Unterschiede aus unseren Daten herauslesen zu wollen. Erkennbar ist in Tab. 2 eindeutig nur die Tatsache, daß der Pilz *Lophodermium piceae* überall verbreitet ist und praktisch in jedem Fichtenbestand erwartet werden kann.

Schwierig zu beantworten ist zur Zeit noch die Frage, welche Beziehung die einzelnen Arten zu ihrer Wirtspflanze haben. Für eine erste Deutung können die bisherigen Kenntnisse über Biologie, Ökologie und Pathogenität der in Frage kommenden Pilze herangezogen werden.

Der häufigste und weitestverbreitete Endophyt der Fichte dürfte *Lophodermium piceae* sein. Dieser Pilz nimmt in der phytopathologischen Literatur eine umstrittene Stellung ein, denn einerseits wird er als Erreger der „Nadelröte“ der Fichte angesehen (Rehfuess & Rodenkirchen, 1984); auf der anderen Seite ist seine vermutete Pathogenität – mangels Infektionsversuchen – nie eindeutig nachgewiesen worden, so daß man ihn auch als Folgepilz der Nadelröte auffaßt (Butin & Wagner, 1985). Die Frage nach der Pathogenität des Pilzes ist jedenfalls noch völlig offen. Sicher ist nur, daß der Pilz mehrere Jahre in grünen Nadeln überdauern kann, ohne Krankheitssymptome zu verursachen. Vermutlich wird *Lophodermium piceae* von seinem Wirt so lange auf einem Existenzminimum gehalten, bis die Nadel ihre Altersphase erreicht hat. Es besteht allerdings auch die Vorstellung, daß der Übergang zu einer stärkeren Ausbreitung in der Nadel durch extreme Witterungseinwirkungen (Frostschocks?) oder durch Schadstoffbelastungen ausgelöst wird (Rehfuess & Rodenkirchen, 1984). Mit der Verfärbung der Nadel setzt dann die saprobiontische Entwicklung ein, die mit der Ausbildung der Hauptfruchtform auf den am Boden liegenden Nadeln ausläuft.

Für den Pathologen ebenfalls von Interesse ist *Sirococcus strobilinus* (in Tab. 2 unter *Sirococcus spp.* aufgeführt), der in der Literatur (Schneider & Paetzholdt, 1964) als gefährlicher Erreger eines Triebsterbens bei Fichte beschrieben wird. Nach den vorliegenden Befunden und den Beobachtungen von Carroll & al. (1977) sowie Schnell & al. (1985) gehört dieser Pilz zu einer Gruppe von Endophyten, die überwiegend symptomlos lebt und erst nach einer Änderung der Erkrankungsdisposition der Pflanze Schäden an Nadeln und Trieben verursachen kann. Welche Faktoren dies bewirken können, ist noch wenig untersucht. Möglicherweise spielt hier der Frost (und die damit verbundene Frostschädigung) eine gewisse Rolle. Die neueren Ergebnisse weisen jedenfalls darauf hin, daß zumindest *Picea abies* unter „normalen“ Bedingungen auch nach einer gelungenen Infektion nicht erkrankt.

In der gleichen Spalte der Tab. 2 ist (unter *Sirococcus spp.*) noch eine weitere, nicht allzu häufige Art untergebracht, die sich durch 13 x 2,5 µm große, zweizellige, selten dreizellige, spindelförmige Konidien auszeichnet. In Reinkultur bildet der Pilz ein gelblich-grünes, stark wolliges Luftmyzel aus, dem im Alter bräunlich-gelbe Farbtöne beige-mengt sein können. Die in Kultur gebildeten Konidien und Konidiophoren entsprechen den Merkmalen der Formgattung *Topospora* Fr. Damit wäre der Pilz der Ascomyceten-gattung *Godronia* Moug. & Lev. zuzuordnen. Wir vermuten, daß es sich um *Sirococcus (Topospora) myrtilli* (Feltg.) Petr. (Telemorphe: *Godronia urceoliformis* Karst.) handelt. Sollte sich diese Vermutung bestätigen, so würde die Fichte nur als Nebenwirt dienen; die Sporulationsformen würden dagegen auf ganz anderen Pflanzengattungen (*Calluna*, *Vaccinium*) zur Ausbildung kommen.

Zu den Endophyten, die die Fichte als „Nebenwirt“ besiedeln, gehört auch *Naemacynchus minor*, der bereits von Carroll & al. (1977) – wenn auch selten – aus Fichtennadeln isoliert werden konnte. Als Hauptwirte sind verschiedene Kiefernarten bekannt, auf denen der potentielle Krankheitserreger eine vorzeitige Nadelschütte verursachen kann (Butin, 1983). Die Bedingungen für ein pathogenes Auftreten dieses Pilzes werden zur Zeit von uns eingehend untersucht.

Unter der in Tab. 2 aufgeführten Bezeichnung „*Pezicula spp.*“ verbergen sich mehrere Arten, zu denen zunächst *Pezicula livida*, weiterhin *P. plantarium* sowie eine dritte, noch nicht identifizierte Art mit relativ kleinen Konidien gehören. Alle Stämme bilden auf Malzagar sowohl die Neben- als auch Hauptfruchtform aus. Während *Pezicula plantarium* bisher nur von Obstbäumen bekannt war (Wollenweber, 1939), kommt *P. livida* häufig als Rindenpilz auf verschiedenen Nadelbaumarten vor. Nachdem der Pilz bisher als Saprophyt oder potentieller Krankheitserreger betrachtet wurde (Butin, 1983), wird er hier erstmals als harmloser, möglicherweise sogar nützlicher Endophyt nachgewiesen, der sowohl in gesunden, grünen Nadeln als auch in lebender Rinde vorkommt. Seine Fruchtkörper finden sich später sowohl auf abgefallenen Nadeln als auch auf toten, am Boden liegenden, dünnen Zweigen.

Unerwartet als Endophyten in Fichtennadeln dürften einige Vertreter der Gattungen *Chaetomium*, *Podospora* und *Sordaria* sein, die sonst als Besiedler von Tierkot und faulem Holz bekannt sind. Auch in diesem Fall ist mit der Ausbildung von Fruchtkörpern auf der Fichte kaum zu rechnen. Auf dieses „abwegige“ Vorkommen von koprophilen Pilzen haben bereits Luginbühl & Müller (1980 a) hingewiesen.

Die Reihe der wirtsunspezifischen Endophyten, die aus grünen Nadeln isoliert werden konnten, kann um zahlreiche weitere Pilzarten, teilweise als Einzelfunde, ergänzt werden. Zu ihnen gehören z. B. *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinerea*, *Coniothyrium fuckelii*, *Hormonema dematioides*, *Epicoccum nigrum* und Vertreter der Gattungen *Cladosporium*, *Phialophora* und *Ulocladium*. Die meisten von ihnen sind bereits bei anderen Untersuchungen als Endophyten von Koniferen beschrieben worden.

Hinsichtlich der Einzelfunde sollte auf den Coelomyceten *Rhizosphaera kalkhoffii* besonders hingewiesen werden. Dieser Pilz wurde nur selten aus grünen Nadeln isoliert. Sehr häufig findet er sich dagegen in braunen oder braunspitzigen Nadeln (Butin & Wagner, 1985). Wir halten diesen Pilz daher nicht für einen typischen Endophyten der Fichte; er lebt vielmehr lange Zeit als Epiphyt auf der Oberfläche der Nadeln, wo er durch Ausbildung schwarzer Zellhaufen in den Stomata der Nadeln ins Auge fällt (Kowalski & Lang, 1984). Von dort aus vermag er erst beim Absterben der Nadel tiefer in das Nadelgewebe einzudringen. Wir vermuten, daß *Rhizosphaera kalkhoffii* auf der untersten Stufe der „Schwächeparasiten“ steht und erst dann die Nadel zu besiedeln vermag, wenn diese bereits aus anderen Gründen irreversibel geschädigt ist. Um diese Befallsbedingungen jedoch besser darstellen zu können, sollen die bereits begonnenen, eingehenderen Untersuchungen abgewartet werden.

Abschließend kann festgestellt werden, daß sich die Endophytenflora der Fichtennadel teils aus hoch wirtsspezifischen Arten, teils aus wirtsunspezifischen Ubiquisten zusammensetzt. Zwischen beiden Extremen gibt es zahlreiche Abstufungen, die eine mehr oder weniger enge Bindung an die Fichte als Wirtspflanze vermuten lassen. Einige Arten vermögen sich nur auf der Fichte zu entwickeln; in anderen Fällen ist die Fichte nur Nebenwirt, da die für den Pilz wichtigste Phase der Sporenbildung auf anderen Pflanzen abläuft. Der Sinn besonders dieser letztgenannten Lebensform ist zur Zeit noch schwer erkennbar. Allen Endophyten ist jedoch gemeinsam, daß sie in reduzierter Form zumindest zeitwei-

lig symptomlos in der Pflanze leben und von ihr ernährt werden. Einige Arten scheinen unter bestimmten Bedingungen eine pathogene Entwicklungsform annehmen zu können, so daß die Nadel vorzeitig altert oder auch abstirbt. Andere gehen mit dem Tod der Nadel ebenfalls zugrunde (kein Nachweis solcher Pilzarten in braunen Nadeln mehr!), oder sie entwickeln sich saprobiontisch, indem sie sich am Abbau der toten, organischen Materie beteiligen. — Die Endophyten der Fichte repräsentieren damit eine Pilzgesellschaft, die sich sowohl in der Artenzahl, in der systematischen Zugehörigkeit als auch in ihrer ökologischen Vielfalt durchaus mit den Endophytengesellschaften anderer Pflanzenarten vergleichen läßt.

### Nachtrag

*Siroccus (Topospora) myrtilli* (Feltg.) Petr. konnte inzwischen von *Vaccinium myrtillus* (aber auch von *Calluna vulgaris*) isoliert werden. Die Isolate stimmten in allen Kulturmerkmalen und in den Sporenmaßen mit den aus Fichtennadeln gewonnenen Isolaten überein. Damit hat sich der vermutete Zusammenhang zwischen Heidelbeere/Heidekraut (als Hauptwirte) und der Fichte (als Nebenwirt) bestätigt. Unklar ist zur Zeit noch die Zuordnung der Konidienfruchtform. Nach Groves (1965) gehört hierzu *Godronia cassandrae* Peck f. *vaccinii* Groves; Gremmen (1963) gibt statt dessen *Godronia urceoliformis* Karst. als zugehörige Hauptfruchtform an.

### Danksagung

Die Untersuchungen sind Teilergebnis eines vom Bundesminister für Forschung und Technologie geförderten Forschungsvorhabens zur Aufklärung „neuartiger Waldschäden“. Für die Unterstützung bei der Beschaffung von Versuchsmaterial sind wir den Forstverwaltungen der Länder zu Dank verpflichtet. Von Frau Pia Barklund (Uppsala) wurde uns freundlicherweise eine Kultur von *Lophodermium piceae* (= „Endophyt A“) zur Verfügung gestellt. Besonderer Dank gilt Frau Christel Wagner für die umfangreichen Isolierungsarbeiten und die sorgfältige Pflege der Pilzkulturen.

## Literatur

- BARKLUND, P. & J. ROWE (1983) – Endophyten fungi in Norway spruce – possible use in bio-indication of vitality. *Aquilo Ser. Bot.* 19, 228–232.
- BERNSTEIN, M. E. & G. C. CARROLL (1977) – Internal fungi in old-growth Douglas fir foliage. *Can. J. Bot.* 55, 644–653.
- BLOOMBERG, W. J. (1966) – The occurrence of endophytic fungi in Douglas fir seedlings and seeds. *Can. J. Bot.* 44, 413–420.
- BUCKLEY, N. G. & G. J. F. PUGH (1971) – Auxin production by phylloplane fungi. *Nature* 231, 331.
- BUTIN, H. (1983) – Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Georg Thieme, Stuttgart, 172 S.  
– & C. WAGNER (1985) – Mykologische Untersuchungen zur „Nadelröte“ der Fichte. *Forstwiss. Centralbl.* 103, 178–186.
- CARROLL, G. C. & F. E. CARROLL (1978) – Studies on the incidence of coniferous needle endophytes in the Pacific Northwest. *Can. J. Bot.* 56, 3034–3043.
- CARROLL, F. E., E. MÜLLER & B. C. SUTTON (1977) – Preliminary studies on the incidence of needle endophytes in some European conifers. *Sydowia* 29, 87–103.
- GÄUMANN, E. (1951) – Pflanzliche Infektionslehre. Birkhäuser, Basel, 2. ed., 681 S.
- GREMME, J. (1963) – Preliminary notes on *Godronia* and association with conidial fungi. *Nova Hedwigia* 6, 15–20.
- GROVES, J. W. (1965) – The genus *Godronia*. *Can. J. Bot.* 42, 1195–1276.
- KOWALSKI, T. & K. J. LANG (1984) – Die Pilzflora von Nadeln, Trieben und Ästen unterschiedlich alter Fichten (*Picea abies* Karst.) mit besonderer Berücksichtigung vom Fichtensterben betroffener Altbäume. *Forstwiss. Centralbl.* 103, 349–360.
- LEWIS, Fr. J. (1924) – An endotropic fungus in the Coniferae. *Nature, Lond.* 13, 860.
- LUGINBÜHL, M. (1980) – Endophytische Pilze bei *Buxus*, *Hedera*, *Ilex* und *Ruscus*. Dissertation Nr. 6588, ETH Zürich, 78 S.  
– & E. MÜLLER (1980 a) – Endophytische Pilze in den oberirdischen Organen von 4 gemeinsam an gleichen Standorten wachsenden Pflanzen (*Buxus*, *Hedera*, *Ilex*, *Ruscus*). *Sydowia* 33, 185–209.  
– & – (1980 b) – Untersuchungen über endophytische Pilze II. Förderung der Samenkeimung bei *Hedera helix* durch *Aureobasidium pullulans* und *Epicoccum purpurascens*. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 90, 262–267.
- PETRINI, O. & G. CARROLL (1981) – Endophytic fungi in foliage of some *Cupressaceae* in Oregon. *Can. J. Bot.* 59, 629–636.  
– & E. MÜLLER (1979) – Pilzliche Endophyten, am Beispiel von *Juniperus communis* L. *Sydowia* 32, 224–251.  
–, – & M. LUGINBÜHL (1979) – Pilze als Endophyten von grünen Pflanzen. *Naturwissenschaften* 66, 262–263.
- RACK, K. & H. BUTIN (1984) – Experimenteller Nachweis nadelbewohnender Pilze bei Koniferen. *Eur. J. For. Path.* 14, 302–310.
- REHFUESS, K. E. & H. RODENKIRCHEN (1984) – Über die Nadelröte-Erkrankung der Fichte (*Picea abies* Karst.) in Süddeutschland. *Forstwiss. Centralbl.* 103, 245–262.
- SCHNEIDER, R. & W. PAETZOLDT (1964) – *Ascochyta piniperda* als Erreger eines Triebsterbens an Blaufichten in Baumschulen. *Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* 16, 73–75.
- SCHNELL, G., H. KERN & E. MÜLLER (1985) – Beitrag zur Ätiologie des Triebsterbens junger Lärchen der subalpinen Stufe. I. Untersuchung möglicher Pilzinfektionen. *Eur. J. For. Path.* 15, 81–92.
- TIEDEMANN, S., VON (1985) – Endophytische Pilze der Rebe unter besonderer Berücksichtigung des Gefäßsystems der Unterlage. Dissertation Univ. Göttingen, Fachber. Agrarwiss. 160 S.
- WOLLENWEBER, H. W. (1939) – Discomyzetensstudien (*Pezicula* Tul. und *Ocellaria* Tul.) *Arb. Biol. Reichsanst. Land- u. Forstwirtschaft.* 22, 521–570.



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.  
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

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

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

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

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



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

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

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [52\\_1986](#)

Autor(en)/Author(s): Butin Heinz

Artikel/Article: [Endophytische Pilze in grünen Nadeln der Fichte \(Picea abies Karst.\) 335-345](#)