

Parasitische und saprophytische Pilze auf Weiden in Energieholzkulturen

Peter TRINKAUS und Marion REINHOFER

Zusammenfassung: Energieholzkulturen stellen, wie aus bisherigen Untersuchungen hervorgeht, vergleichsweise sensible Ökosysteme dar. Insbesondere die Problematik der geringen Resistenz gegenüber pathogenen Pilzen wurde bereits mehrfach erwähnt. In der vorliegenden Arbeit wird dargelegt, welche Pilzarten in im Kurzumtrieb (Umtriebszeit: 2 oder 4 Jahre) bewirtschafteten Kulturen von *Salix viminalis* als den Ertrag in relevantem Ausmaß reduzierende Parasiten festzustellen sind. Neben einem Rostpilz (*Melampsora salicina* agg.), der die massivsten Ertragseinbußen verursacht, ist die in den Energieholzkulturen Weidenstrünke besiedelnde Wohlriechende Tramete (*Trametes suaveolens*) als ein weiterer signifikant ertragslimitierender Pilz zu identifizieren. Die anderen holzbewohnenden Basidiomyceten haben aufgrund der Tatsache, dass sie in erster Linie auf bereits vor längerer Zeit abgestorbenem Holz saprophytisch leben, keinen nennenswerten Einfluss auf den Ertrag. Weiters wird auf die Wirtsspektren einzelner Arten und auf Sukzessionsmechanismen auf Totholz in Form selektiver und nicht selektiver Verdrängung, ein Phänomen, das zukünftig bei der Bewirtschaftung von Energieholzkulturen auch praktische Bedeutung erlangen könnte, detaillierter eingegangen.

Abstract: Parasitic and saprophytic fungi on willows in short-rotation forests: Short-rotation forests are known as ecosystems of low stability. Especially the very low resistance against parasitic fungi has been pointed out. In this paper the yield reducing parasitic fungi in short-rotation forests with *Salix viminalis* L. (rotation cycles: 2 or 4 years) are identified. The rust fungus (*Melampsora salicina* agg.), which causes the highest reductions of yield, and *Trametes suaveolens* (L.: FR.) FR., living on stumps of *Salix viminalis*, are the most important parasitic fungi in the willow-plantations. The other wood decaying species (Basidiomycetes), which are in the most cases saprophytic species on dead wood, do not have significant influences on the yields. Finally the host species of a lot of fungi and mechanisms of successions on stumps in form of selective or non-selective replacement, an appearance with possibly practical importance for short-rotation forestry in future, are discussed.

Key Words: short-rotation forestry, yield reduction, parasitic fungi, *Trametes suaveolens*.

1. Einleitung

Laut §1 (5) der FORSTGESETZNOVELLE 1987 gelten Energieholzkulturen nicht als Wald, wenn sie innerhalb von 10 Jahren nach der Bestandesbegründung als solche angemeldet werden und die Umtriebsintervalle (= Zeitraum zwischen zwei Ernten – im Gegensatz zum Begriff Rotationsintervall, welcher als Zeitraum zwischen Anlage und Rodung definiert ist) nicht länger als 30 Jahre betragen.

Seit 1980 erfolgen in der Steiermark Anbauversuche mit raschwüchsigen Holzarten in sogenannten Energieholzkulturen und seit 1989 erfolgten zusätzlich zu den produktionswirtschaftlichen Programmen auch ökologische Begleituntersuchungen (KNOFLACHER, BERGHOLD & KATTER 1990, KATTER & al. 1991, KATTER & al. 1993 und TRINKAUS & al. 1995), die in Krottendorf bei Weiz in der Oststeiermark in Schwarz-erlen-, Pappel- und Weidenkulturen durchgeführt wurden. Im Rahmen der Untersuchungen und bis in die Gegenwart reichender Nachuntersuchungen wurden zur Ermittlung der Stabilität dieser Bestände auf Vertretern der beiden Gattungen *Salix* und *Populus* parasitisch und saprophytisch lebende Pilze unterschiedlicher systematischer Zugehörigkeit berücksichtigt. Die Problematik der geringen Resistenz von Energieholzkulturen gegenüber pathogenen Pilzen auf den Versuchsfeldern in der Steiermark wurde bereits mehrfach erwähnt (TRINKAUS & RINESCH 1994, TRINKAUS 1996, TRINKAUS 1998, TRINKAUS & RINESCH 1999 und TRINKAUS 2000).

In der vorliegenden Arbeit wird dargelegt, welche Pilzarten bei den Weidenkulturen zu relevanten Ertragseinbußen führen, welche Einflussfaktoren für das vermehrte Auftreten phytopathogener Pilze verantwortlich zu machen und welche Selbstregulationsmechanismen in solchen intensiv bewirtschafteten Monokulturen festzustellen sind.

Zwei verschiedene Weidenklone (siehe PELZMANN 1991) von *Salix viminalis* (Nomenklatur der Gefäßpflanzen nach ADLER, OSWALD & FISCHER 1994), nämlich Klon 351T und Klon 4/68T, die in den Energieholzversuchen in Österreich am häufigsten kultivierten Weidenklone, wurden bei den Untersuchungen in erster Linie berücksichtigt. Beide Klone wurden in Umtriebszeiten (= Zeitraum zwischen zwei Holzernten) von 2 und 4 Jahren bewirtschaftet. Die Anzahl der Parzellen beträgt für jede der vier Versuchsvarianten je 12. Die statistische Auswertung der Ergebnisse (Irrtumswahrscheinlichkeit = 5%) erfolgte je nach Fragestellung, Verteilung der Daten und Anzahl der zu vergleichenden Varianten (SACHS 1984) mit dem U-Test von Wilcoxon, Mann und Whitney, dem Zweistichproben-t-Test für unabhängige Zufallsstichproben und dem LSD-Test (einfache Varianzanalyse – „least significant difference“).

2. Ertragsrelevante Pilze auf Blättern und Peridermen

Die verglichen mit Klon 351T auch auf anderen Versuchsflächen in der Steiermark (z.B.: St. Ruprecht an der Raab, Gleisdorf) höhere Ertragsleistung des Weidenklons 4/68T erklären PELZMANN & UNTEREGGER 1992 mit der wesentlich geringeren Resistenz des Weidenklons 351T gegenüber dem Rostpilz *Melampsora salicina* agg. Da die Bestimmung der zahlreichen Taxa innerhalb der Gattung *Melampsora* größte Schwierigkeiten bereitet, weil einzelne Sporenformen häufig nicht oder nicht sicher anzusprechen sind (POELT & ZWETKO 1997), wird in Anlehnung an POELT 1985 der Sammelname angeführt.

Die in Krottendorf bei Weiz durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass der Klon 351T schon im Mai die ersten Blätter verliert und bereits im Sommer einen großen Teil seiner Laubmasse bedingt durch starken Rostpilzbefall abwirft (KATTER & al. 1993, TRINKAUS & al. 1995), während beim Klon 4/68T, dessen Blätter viel weniger stark befallen sind, der Laubfall wesentlich später erfolgt. Die dadurch bedingten Änderungen im Hormonhaushalt haben die Aufhebung der korrelativen Hemmung der Blätter auf die jeweiligen Lateralknospen zur Folge (siehe DÖRFLING 1982) und zwar mit der Konsequenz, dass beim Klon 351T die für den nächstjährigen Austrieb angelegten Knospen oft bereits im selben Jahr austreiben. Daraus resultieren einerseits die etwas höheren Blattmassen des Klons 351T (KATTER & al. 1993) und andererseits die stärkeren Verzweigungen, wobei das Holz dieser Seitentriebe nicht genügend Zeit zur Verfügung hat, um auszureifen, bald abstirbt und bei der Ernte im System verbleibt.

Der beim Klon 351T bereits sehr früh einsetzende Laubfall erhöht das Lichtangebot für den krautigen Unterwuchs erheblich, so dass in diesen Parzellen der Deckungsgrad von *Urtica dioica* L., der vorherrschenden Art in der Krautschicht, wesentlich höher ist als in den 4/68T-Parzellen. Auffallend sind auch die Unterschiede bezüglich der Wuchshöhen von *Urtica dioica* in Abhängigkeit vom Weidenklon (KATTER & al. 1993).

Einige der abgeernteten Weidenparzellen wurden genauer auf die Mortalitätsraten der Stöcke hin untersucht. Zumeist ist die Anzahl toter Stöcke beim Klon 351T etwas höher als beim Klon 4/68T. Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant.

Der Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass sich der Kloneffekt (Rostpilzeffekt) in den Weidenkulturen stärker ertragslimitierend auswirkt als der Umtriebszeiteffekt (signifikant höhere Erträge beim Klon 4/68T als beim Klon 351T). Basierend auf 15-jährigen Untersuchungen bemerken auch CHRISTERSSON & al. 1992, dass die massivsten Ertragsverluste in Energieholzkulturen, und zwar insbesondere in Weidenkulturen, von verschiedenen Rostpilzarten der Gattung *Melampsora* verursacht werden, wobei hohe Luftfeuchte kombiniert mit Temperaturen zwischen 16°C und 20°C diese Rostpilze begünstigt. Die von WASIELEWSKY 1982, basierend auf Literaturrecherchen, geäußerte Ansicht, wonach *Salix viminalis* die Resistenz gegenüber allen verbreiteten Krankheitserregern auszeichnet, kann aufgrund der Ergebnisse der Energieholzversuche in Österreich keineswegs geteilt werden. Gegen derart verallgemeinernde Aussagen sprechen auch die Untersuchungen zur Resistenz verschiedener Klone von *Salix viminalis*

von BERGKVIST & al. 1992, wonach die verschiedenen Klone diesbezüglich höchst unterschiedliche Resistenzeigenschaften gegenüber Rostpilzen zeigen. Neuere Untersuchungen von LARSSON 1998 zeigten ebenfalls vollkommen unterschiedliches Resistenzverhalten verschiedener Klone von *Salix viminalis*, und zwar mit der enormen Schwankungsbreite von 15 % bis 100 % Befall durch Rostpilze.

Andere parasitische laubbewohnende Pilzarten, die in Weidenkulturen in Skandinavien (CHRISTERSSON & al. 1992) und in Nordamerika (OSTRY & McNABB 1992) als den Ertrag in relevantem Ausmaß reduzierende Arten festgestellt wurden (beispielsweise Vertreter der Gattungen *Marssonina*, *Venturia*, *Septoria*), spielen ebenso wie auch die die Peridermen von Zweigen und Ästen bewohnenden Vertreter der Gattung *Cryptodiaporthe* in den untersuchten Weidenkulturen in Krottendorf bei Weiz sowie auch in den anderen Weidenkulturen in der Steiermark (siehe UNTEREGGER 1992a) eine eher untergeordnete Rolle.

3. Holzabbauende Basidiomyceten in den Weidenparzellen

Kurze Umtriebszeiten können in einigen Fällen bewirken, dass sich ansonsten eher seltene und in der Regel nur schwach pathogene Pilzarten zu einem Problem entwickeln können. So lieferte laut PELZMANN 1991 auf den Versuchsflächen in der Steiermark der zweijährige Umtriebszyklus bei den Weiden in der Regel geringere Erträge als der vierjährige (siehe diesbezüglich Abbildung 1).

Die Ursache hierfür liegt darin, dass bei der Bewirtschaftung in zweijähriger Umtriebszeit doppelt so oft Eintrittspforten für holzabbauende, parasitische Pilze (Nomenklatur der Aphyllophorales nach JÜLICH 1984) durch die Holzernten geschaffen werden. *Trametes suaveolens* (= Anis-Tramete), ein Weißfäuleerreger, ist in den Weidenkulturen sehr häufig anzutreffen, besiedelt dort Weidenstrünke und bringt viele Stockausschläge zum Absterben (KATTER & al. 1993). Die mikroskopischen Holzuntersuchungen ergaben, dass die Hyphen von *Trametes suaveolens* auffallend oft in den Tracheen (Gefäßen) anzutreffen sind und somit Luftembolie und Funktionsuntüchtigkeit der Wasserleit-elemente bewirken. Laut PLANK & WOLKINGER 1976 ist bei den meisten der von ihnen rasterelektronenmikroskopisch untersuchten holzabbauenden Pilzen der Großteil der Hyphen in den Gefäßen zu finden. Hierbei dienen die Hoftüpfel den Pilzhypen als bevorzugte Durchlassstellen.

Melampsora-Arten verursachen nicht nur auf direktem Weg Ertragseinbußen durch vorzeitigen Laubfall, sondern auch indirekte Beeinträchtigungen in Form einer Wegbereitung für Schwächeparasiten (BISOFFI 1992) und die Reduzierung der Frostresistenz (WASIELEWSKY 1982). Daher wurde auch untersucht, ob in den mit dem durch Rostpilzbefall geschwächten Klon 351T bepflanzten Parzellen vermehrt Weidenstümpfe mit Fruchtkörpern von *Trametes suaveolens* anzutreffen sind. Derartige statistisch abgesicherte Wechselwirkungen konnten jedoch nicht festgestellt werden, was darauf zu-

rückzuführen ist, dass selbstregulatorische Mechanismen (auf diese Verdrängungsmechanismen wird später detaillierter eingegangen) in Form selektiver und auch nicht selektiver Verdrängungsmechanismen (siehe diesbezüglich RAYNER & BODDY 1988) auf Totholz der Gattung *Salix* derartige Wechselwirkungen schwer messbar machen. Tendenziell sind jedoch die Mortalitätsraten beim Klon 351T höher als beim Klon 4/68T (PELZMANN 1991). Im Gegensatz zu *Trametes suaveolens* sind die anderen angeführten Arten zumeist auf toten, oft bereits längere Zeit abgestorbenen Weidenstrünken anzutreffen. Die Angaben zur Häufigkeit („vorherrschend“, „häufig“, „selten“ und „sehr selten“) und zum Vorkommen der Arten (lebendes Holz, Strunk, gelagertes Holz, etc.) beziehen sich auf die untersuchten Weidenkulturen.

Die vorherrschende Art in den Weidenparzellen ist *Trametes suaveolens*. Diese Art ist in Weidenkulturen in erster Linie als Parasit aber auch als Saprophyt sehr häufig auf lebenden und seltener auf abgestorbenen Strünken anzutreffen. Auf älterem Totholz fehlt die Anis-Tramete zumeist. Aufgrund der Tatsache, dass die beiden Gattungen *Salix* und *Populus* der Familie der *Salicaceae* angehören und einander auch bezüglich der Holzanatomie und physikalisch-chemischer Holzeigenschaften ähneln, stellt das Pappelholz auch für die meisten auf Weidenholz vorkommenden Arten ein geeignetes Substrat dar (siehe KREISEL 1961). Im Gegensatz zu den in wesentlich kürzeren Umtriebszyklen bewirtschafteten Weidenparzellen ist jedoch in den angrenzenden Pappelquartieren bezüglich der Auswirkungen auf den Ertrag keine relevante Einbuße bedingt durch holzabbauende Basidiomyceten festzustellen. Auch mehrere Jahre nach der Ernte sind Fruchtkörper der Anis-Tramete in Pappelkulturen nur vereinzelt anzutreffen (TRINKAUS & al. 1995).

Außerhalb von Energieholzkulturen ist dieser auch auf Pappeln und Birken (KREISEL 1961) wachsende Basidiomycet lediglich selten bis zerstreut vorkommend (RYVARDEN & GILBERTSON 1993b) und besiedelt in erster Linie Stümpfe von Weiden und Pappeln (CETTO 1987) sowie Kopfweiden (siehe ROTHMALER 1983). Auch von KAHR & MAURER 1993 wird *Trametes suaveolens* als spezialisierter Holzbewohner (auf lebenden und meist stark geschädigten Weiden-Arten) eingestuft. Zusätzlich wird *Populus tremula* L. als Wirtspflanze erwähnt (KAHR & al. 1996).

KREISEL 1987, GILBERTSON & RYVARDEN 1987b und RYVARDEN & GILBERTSON 1993b führen allerdings für Europa und Nordamerika (das Areal des Pilzes reicht bis Asien, BREITENBACH & KRÄNZLIN 1986) zusätzlich folgende Wirtsgattungen an: *Aesculus*, *Alnus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Malus* und als einzige Nadelholzgattung *Abies*. Die eindeutig bevorzugten Wirtspflanzen stellen jedoch für das gesamte Areal dieser Art Vertreter der Gattungen *Salix* und *Populus* dar (GILBERTSON & RYVARDEN 1987b und RYVARDEN & GILBERTSON 1993b). Dies deckt sich weitestgehend mit eigenen Beobachtungen zur Verbreitung dieser Art außerhalb von Energieholzkulturen. In größerer Anzahl konnten die Fruchtkörper der Anis-Tramete nur auf Vertretern der Gattung *Salix* angetroffen werden und zwar in Auwäldern und niederwaldähnlichen Bachbegleitformationen auf *Salix fragilis* L. oder *Salix alba* L., in Hecken und in Kopfweidenbeständen, allerdings nirgendwo sonst in einer solchen Menge wie in den Energieholz-

kulturen. Laut KREISEL 1987 ist diese Art bedingt durch die Aufgabe der Kopfweiden-
nutzung eher selten geworden. Bezüglich der Eigenschaft als typischer Wundparasit
(nicht jedoch bezüglich der Wirtsspektren) sind auffällige Ähnlichkeiten zu *Inonotus*
hispidus (BULL.: FR.) KARST. festzustellen, dessen vermehrtes Vorkommen auf *Fraxinus*
excelsior L. beispielsweise durch das seinerzeit erfolgte Schneiteln begünstigt wird
(siehe WOLKINGER 1979).

In den Weidenkulturen „häufig“ anzutreffende Arten sind *Trametes versicolor* (L.:
FR.) PILAT, *Schizophyllum commune* FR.: FR., *Trametes pubescens* (SCHUMACH.: FR.)
PILAT, *Peniophora incarnata* (PERS.: FR.) KARST., *Stereum hirsutum* (WILLD.: FR.) GRAY,
Exidia glandulosa FR.: FR. und *Daedaleopsis confragosa* (BOLTON: FR.) SCHRÖT. *Trametes*
versicolor, ein meist saprophytisch und seltener parasitisch lebender Weißfäuleerreger
(BUTIN 1989), kommt in den Energieholzkulturen meist auf abgestorbenen Strünken
und seltener auf noch lebenden Strünken von Weiden und Pappeln vor. Laut RYVARDEN
& GILBERTSON 1993b ist *Trametes versicolor* der häufigste laubholzbewohnende Pilz
Mittel- und Südeuropas und kommt auf fast allen Laubholzgattungen und den Gymno-
spermengattungen *Cupressus*, *Juniperus*, *Larix*, *Picea* und *Pinus* vor.

Schizophyllum commune ist ein Weißfäuleerreger (BUTIN 1989), der in den Wei-
denkulturen abgestorbene trockene Zweige und vor allem trockenes gelagertes Holz
besiedelt. Diese Art kann nach BUTIN 1989 stärkere Besonnung und zeitweilige Aus-
trocknung ohne Schaden überstehen und wird durch trockene Bedingungen sogar be-
günstigt (siehe WOLKINGER 1973). Die Art weist ein extrem breites Wirtsspektrum (meist
Laubhölzer) auf, konnte auch auf Rhizomen und Walknochen angetroffen werden
(KREISEL 1961) und ist (ohne Fruchtkörperbildung) für einige menschliche Krankheiten
verantwortlich (PACIONI 1982).

Trametes pubescens, ein meist saprophytisch und seltener parasitisch lebender
Weißfäuleerreger (KREISEL 1961), kommt in den Weidenparzellen meist auf abgestorbe-
nen Strünken und vor allem auf gelagertem, eher feuchtem Holz vor, während trockene-
re Bereiche gelagerter Äste von *Schizophyllum commune* besiedelt werden. *Trame-*
tes pubescens besiedelt neben einer Vielzahl an Laubhölzern (*Acer*, *Alnus*, *Betula*,
Corylus, *Fraxinus*, *Prunus*, *Quercus*, *Sorbus*, *Ulmus*, *Eucalyptus*, *Ostrya*, *Tilia* etc.,
siehe KREISEL 1986, KREISEL-GREILHUBER 1999, RYVARDEN 1976, RYVARDEN & GILBERTSON
1993b) auch Lärchen. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Autor einen Fruchtkörper
dieser Art auf dem abgestorbenen Strunk einer Fichte (*Picea spec.*) in Klagenfurt finden
konnte. Bevorzugtes Substrat stellt jedoch das Birkenholz dar (RYVARDEN 1976).

Peniophora incarnata, eine Art mit ebenfalls sehr weitem Wirtsspektrum (KREISEL
1961), die jedoch in der Steiermark vermehrt auf Ästen von *Alnus glutinosa* (L.)
GAERTN. und *Alnus incana* (L.) MOENCH. vorkommt (KAHR & al. 1996), ist in den Wei-
denparzellen auf der Peridermis lebender und abgestorbener Strünke von Weiden anzu-
treffen.

Stereum hirsutum wächst in den Weidenkulturen auf abgestorbenen Strünken
und auf gelagertem, eher feuchtem Holz oft gemeinsam mit *Trametes pubescens*. In
den trockeneren Bereichen ist *Schizophyllum commune* konkurrenzkräftiger. Laut

PLANK & WOLKINGER 1976 ist *Stereum hirsutum* ein häufiger Erreger von Lagerfäulen (Weißfäule, siehe BUTIN 1989) auf Laubholz. Diese Art hat ähnlich wie *Trametes versicolor* ein extrem weites Wirtsspektrum. Bevorzugt wird Laubholz abgebaut, seltener Nadelholz (KREISEL 1961).

Exidia glandulosa kommt auf nur abgestorbenen Ästen und Zweigen vor und zwar sowohl auf am Boden liegenden, als auch auf noch an der Pflanze befindlichen Ästen. Laut KREISEL 1961 handelt es sich bei dieser Art um einen saprophytisch lebenden Weißfäuleerreger mit sehr weitem Wirtsspektrum.

Daedaleopsis confragosa (laut PLANK & WOLKINGER 1976 ein Weißfäuleerreger, der Weichhölzer, wie zum Beispiel Weiden, Pappeln und Erlen bevorzugt) ist in den Energieholzkulturen auf abgestorbenen Strünken und Ästen anzutreffen. Diese parasitisch und saprophytisch lebende Art weist ein sehr weites Wirtsspektrum auf (KREISEL 1961, KREISEL 1987) und kommt neben auf einer Vielzahl an Laubholzarten (meist jedoch auf *Salix*, siehe KREISEL 1987, RYVARDEN & GILBERTSON 1993a) auch gelegentlich auf Nadelholz vor (RYVARDEN & GILBERTSON 1993a, GILBERTSON & RYVARDEN 1987a).

In den Weidenkulturen „selten“ anzutreffende Arten sind *Bjerkandera fumosa* (PERS.: FR.) KARST., *Polyporus brumalis* FR. und *Trametes multicolor* (SCHAEF.) JÜL.

Bjerkandera fumosa, ein in der Steiermark eher selten anzutreffender Pilz (KAHR & MAURER 1993), ist ein saprophytischer Weißfäuleerreger auf den Gattungen *Salix* (besonders auf Kopfweiden), *Populus* und *Fraxinus* (KREISEL 1961). Laut RYVARDEN 1976 und KREISEL 1987 weist diese Art ein wesentlich weiteres Wirtsspektrum (*Acer*, *Aesculus*, *Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Malus*, *Populus*, *Robinia*, *Quercus*, *Salix* und *Ulmus*) auf. Zumeist jedoch ist diese Art auf Holz der Gattungen *Salix* und *Populus* anzutreffen (KREISEL 1987). In den Energieholzkulturen ist *Bjerkandera fumosa* vereinzelt auf abgestorbenen Weidenstrünken anzutreffen.

Trametes multicolor, ein Weißfäuleerreger mit weitem Wirtsspektrum (KREISEL 1961), der meist auf Laubholz (nahezu auf allen mitteleuropäischen Laubholzgattungen, siehe RYVARDEN & GILBERTSON 1993b) und seltener auf Nadelholz vorkommt (*Picea*, *Pinus*, siehe RYVARDEN & GILBERTSON 1993b), ist in den Weidenparzellen wesentlich seltener als *Trametes versicolor* auf abgestorbenen Strünken anzutreffen. *Polyporus brumalis*, ein saprophytischer Weißfäuleerreger mit weitem Wirtsspektrum, der auf am Boden liegendem Totholz (RYVARDEN 1976) der Laubholzgattungen *Acer*, *Aesculus*, *Alnus*, *Betula*, *Castanea*, *Crataegus*, *Fagus*, *Juglans*, *Robinia*, *Quercus*, *Salix*, *Sorbus*, *Ulmus* und der Nadelholzgattungen *Cryptomeria*, *Juniperus*, *Picea* und *Pinus* vorkommt (RYVARDEN & GILBERTSON 1993b), ist in den Weidenkulturen in erster Linie auf gelagertem Holz in unmittelbarer Bodennähe, oder auf vergrabenen Holzstücken anzutreffen.

Sehr seltene holzbewohnende Arten in den Weidenparzellen sind *Trametes gibbosa* (PERS.: FR.) FR. und *Lenzites betulina* (L.: FR.) FR.

Trametes gibbosa wurde vereinzelt auf bereits seit längerer Zeit abgestorbenen Strünken gemeinsam mit Fruchtkörpern von *Bjerkandera fumosa* gefunden. Laut BUTIN 1989 und RAYNER & BODDY 1988 kommt dieser Weißfäuleerreger auf Stubben verschie-

dener Laubbaumarten vor und zwar meist auf Buchenholz, während nach KAHR & MAURER 1993, basierend auf Untersuchungen in der Steiermark, *Trametes gibbosa* als ein vollkommen auf Holz von *Fagus sylvatica* L. spezialisierter Holzbewohner zu bezeichnen ist. Das Areal des Pilzes in Mitteleuropa entspricht dem der Rotbuche (RYVARDEN & GILBERTSON 1993b). Laut JAHN 1979 handelt es sich um einen charakteristischen Pilz der Buchenwaldregion. Außer auf abgestorbenen Weidenstrünken und auf Buchenholz (nur auf diesem Substrat häufig) konnte der Autor im Herbst 1997 die Buckel-Tramete im Goggitschtal (Oststeiermark) auf gelagertem Hainbuchenholz finden. Laut KREISEL 1961, KREISEL 1987 und RYVARDEN & GILBERTSON 1993b besiedelt *Trametes gibbosa* zwar meist Totholz von *Fagus sylvatica*. Allerdings weist diese Art ein wesentlich weiteres Wirtsspektrum auf. Zusätzlich zu den drei oben angeführten Wirtsgattungen *Fagus*, *Salix* und *Carpinus* werden von ihnen folgende Gattungen angeführt: *Acer*, *Aesculus*, *Betula*, *Malus*, *Platanus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Eucalyptus*, *Ailanthus*, *Castanea*, *Sorbus*, *Crataegus* und als einzige Gymnospermengattung *Picea*.

Lenzites betulina, ein Weißfäuleerreger (KREISEL 1961), konnte ebenfalls vereinzelt in den Weidenparzellen auf abgestorbenen Strünken und zwar immer gemeinsam mit Fruchtkörpern der Gattung *Trametes* gefunden werden. *Lenzites betulina* weist ein recht breites Wirtsspektrum (Laubholzgattungen: *Betula*, *Fagus*, *Quercus*, *Aesculus*, *Alnus*, *Malus*, *Populus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Salix* und *Sorbus*, siehe KREISEL 1987, RYVARDEN 1976; Nadelholzgattungen: *Picea*, *Pinus*, *Thuja* und *Tsuga*, siehe KREISEL 1987, GILBERTSON & RYVARDEN 1987a) auf, kommt jedoch bevorzugt auf abgestorbenem Birkenholz vor (RYVARDEN 1976, GILBERTSON & RYVARDEN 1987a, RAYNER & BODDY 1988).

4. Sukzessionen auf Totholz

Oft erscheinen an absterbenden, vor allem aber auf bereits vor einiger Zeit abgestorbenen Weidenstrünken die Fruchtkörper mehrerer Arten, wobei in späteren Sukzessionsstadien auf Totholz *Trametes suaveolens*, diejenige Art, die als Erstbesiedler auf den noch lebenden Strünken auftritt, immer fehlt. Wie die meisten holzerstörenden parasitischen Basidiomyceten ist auch *Trametes suaveolens* zur saprophytischen Lebensweise befähigt. Auf den Weidenstrünken kommt es jedoch zu einer Verdrängung von *Trametes suaveolens* durch weniger spezialisierte aber auf dem Substrat Totholz konkurrenzkräftigere Arten. Auf den absterbenden und abgestorbenen Strünken treten weitere Vertreter der Gattung *Trametes*, *Stereum hirsutum* und in selteneren Fällen *Bjerkandera fumosa* hinzu. RAYNER & BODDY 1988 stufen *Bjerkandera adusta* (WILLD.: FR.) KARST. (bezüglich der Konkurrenzkraft ist diese Art vergleichbar mit *Bjerkandera fumosa*), *Stereum hirsutum* und *Trametes versicolor* als weitverbreitete und in den frühen Sukzessionsstadien auf gefälltem Holz aktive Arten ein, von wo diese in erster Linie

saprophytisch lebenden Arten die holzabbauenden oder auch nicht holzabbauenden Erstbesiedler auf Totholz genauso wie auch sogenannte stresstolerante Arten, die sich bereits am stehenden Baum etabliert haben, verdrängen, und bezeichnen dies als einen nicht-selektiven Verdrängungsmechanismus. Obwohl diese Arten von ihrer Enzymausstattung dazu in der Lage wären, den Holzabbau gänzlich zu vollenden, tun sie dies nur in den seltensten Fällen. Zumeist werden die erwähnten Arten von Arten verdrängt [laut RAYNER & BODDY 1988 z. B.: *Hypholoma fasciculare* (HUDSON: FR.) KUMMER, *Phallus impudicus* L.: PERS., *Tricholomopsis platyphylla* (PERS.: FR.) SINGER], deren Strategie darin besteht, beispielsweise vom Waldboden ausgehend mit Hilfe von Mycelsträngen eine meist langsame aber praktisch unaufhaltsame nicht-selektive Invasion bereits etablierter Myzelien anderer Pilzarten zu betreiben.

In einem weiteren Stadium der Sukzession auf Totholz von Weiden in den Energieholzflächen folgt auf *Trametes versicolor*, *Trametes pubescens* und *Trametes multicolor* die Besiedelung durch *Lenzites betulina* und auf *Bjerkandera fumosa* die Besiedelung durch *Trametes gibbosa*. In den Weidenkulturen konnten mehrfach Strünke mit älteren Fruchtkörpern verschiedener Vertreter der Gattung *Trametes* (zumeist *Trametes versicolor*) und jüngeren Fruchtkörpern von *Lenzites betulina* angetroffen werden. Seltener sind Strünke mit älteren Fruchtkörpern von *Bjerkandera fumosa* und jüngeren von *Trametes gibbosa* zu finden. Sowohl *Lenzites betulina*, als auch *Trametes gibbosa* sind als Arten mit einer selektiven Verdrängungsstrategie zu charakterisieren. Beide Arten kolonisieren das Substrat mittels Basidiosporen und sie besitzen keine Migrationsorgane (Mycelstränge oder Rhizomorphen). Dennoch bilden sie große Fruchtkörper, ein Faktum, das mit der Besiedelung eher kleiner Bereiche durch Basidiosporen schwer vereinbar ist. Dieses Verhalten ist laut RAYNER & BODDY 1988 damit zu erklären, dass *Trametes gibbosa* und *Lenzites betulina* als selektive Mycoparasiten Vertreter der Gattungen *Bjerkandera* und *Trametes* befallen. Laborversuche auf den Substraten Agar und Holz zeigten, dass *Trametes gibbosa* mit Hilfe einer breiten Mycelfront die Hyphen von Vertretern der Gattung *Bjerkandera* durchwächst. In der sogenannten Verdrängungszone sind tote oder sterbende Hyphen von *Bjerkandera* zu sehen, umwunden von schlanken, stark verzweigten Hyphen des Mycoparasiten. Die selbe Verdrängungsstrategie ist beim Befall von *Trametes multicolor* und *Trametes versicolor* durch *Lenzites betulina*, die basierend auf paarweisen Vergleichen verschiedenster Pilzarten miteinander als eine der konkurrenzkräftigsten Arten identifiziert wurde, zu beobachten (RAYNER & BODDY 1988).

Ein gemeinsames Auftreten alter Fruchtkörper von *Trametes suaveolens* und jüngerer Fruchtkörper von *Bjerkandera fumosa* und *Trametes gibbosa* auf einem Weidenstrunk, welches darauf hindeuten könnte, dass auch diesbezügliche Verdrängungsmechanismen existieren, konnte in den Energieholzkulturen bislang noch nicht festgestellt werden.

5. Diskussion

Die minimale Diversität in der Strauchschicht, die geringen Pflanzabstände, das oftmalige Abernten und Schaffen von Eintrittspforten für Wundparasiten, die rauen Schnittflächen, der zu den natürlichen Vektoren hinzukommende Vektor (Motorsäge) und die hohe Luftfeuchte in den bodennahen Luftschichten sind generell als in Energieholzkulturen herrschende Standortfaktoren zu identifizieren, die das Auftreten pathogener Pilze auf den verschiedensten Pflanzenorganen ermöglichen und begünstigen (siehe TRINKAUS 1996). Zusätzlich zu diesen Faktoren ist noch das Faktum zu erwähnen, dass es bei der Holzernte in den strauchartigen Weidenkulturen nicht möglich ist, geneigte Schnittflächen zu erzielen (dies wäre mit einem enormen zeitlichen Mehraufwand verbunden), welche den Vorteil besitzen, dass das Wasser besser abrinnen kann.

Auf die Auswirkungen phytopathogener Pilze in Weidenkulturen auf den Ertrag soll in der Folge detaillierter eingegangen werden. Der Klon 4/68T lieferte bei einer Umtriebszeit von 4 Jahren mit Abstand die höchsten Erträge, gefolgt vom selben Klon bei 2-jähriger Umtriebszeit, dem Klon 351T (4-jährige Umtriebszeit) und schließlich vom in 2-jähriger Umtriebszeit bewirtschafteten Klon 351T (siehe KATTER & al. 1993). Es sind also zwei Effekte identifizierbar, die auf phytopathologische Ursachen zurückführbar sind, nämlich erstens ein Kloneffekt und zweitens ein Umtriebszeiteffekt. Zusätzlich zu diesen beiden Effekten haben auch die Pflanzabstände einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Erträge. Bei engeren Pflanzabständen ($0,8 \times 0,5$ Meter) sind höhere Erträge feststellbar als bei Abständen von 1×1 und $2 \times 1,5$ Metern, da dadurch ein Kompensieren hoher Mortalitätsraten ermöglicht ist (PELZMANN & UNTEREGGER 1992).

Aus Abbildung 1 geht hervor, dass Rostpilzbefall in den untersuchten Weidenplantagen die massivsten Ertragseinbußen verursacht und sich in zweiter Linie auch das doppelt so häufige Schaffen von Eintrittspforten für den auf Grund des Verbreitungsschwerpunktes als typischen Wundparasiten einzustufenden Basidiomyceten *Trametes suaveolens* bei zweijähriger Umtriebszeit negativ auf den Ertrag auswirkt. Beide Effekte (Klon und Umtriebszeit) haben einen signifikanten Einfluss auf den Ertrag. Die mit dem Klon 4/68T in vierjähriger Umtriebszeit erzielten Erträge sind im Durchschnitt mehr als doppelt so hoch, wie die mit dem Klon 351T in zweijähriger Umtriebszeit erzielten Erträge (siehe Abbildung 1). Von allen Organismen, die sich negativ auf den Ertrag in Weidenkulturen auswirken, spielen Vertreter der Gattung *Melampsora* die herausragende Rolle (LARSSON 1998). OSTRY & McNABB 1992 berichten von durch Vertreter der Gattung *Melampsora* in Weiden- und Pappelkulturen verursachte Ertragseinbußen in einer Größenordnung von 40 %, wobei die Ertragseinbußen auf eine Vielzahl von Gründen zurückzuführen sind, nämlich Verringerung der photosynthetisch aktiven Oberfläche (KATTER & al. 1993), gravierende Veränderungen im Hormonhaushalt (KATTER & al. 1993), indirekte Stärkung der Konkurrenzkraft nitrophiler Arten in der Krautschicht, Reduktion der Frostresistenz (WASIELEWSKY 1982), Wegbereitung für sogenannte Schwächeparasiten (BISOFFI 1992) und schließlich Erhöhung der Mortalitätsraten (PELZMANN 1991).

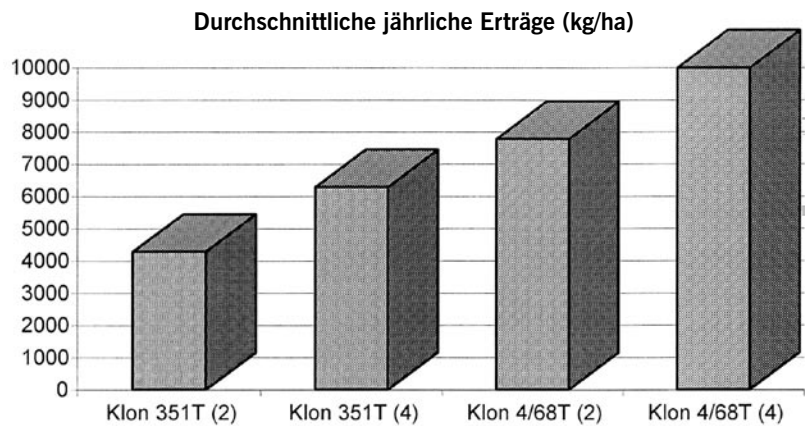


Abbildung 1: Mittelwerte (Stichprobenanzahl ist jeweils 12) der jährlichen Erträge (kg Trockensubstanz pro Hektar) der Weidenplantagen in Krottendorf bei Weiz (Untersuchungszeitraum: 4 Jahre)

Vergleicht man die Erträge der Weidenparzellen mit denen der Pappel- und Schwarzerlenplantagen in der Steiermark (siehe PELZMANN 1991), so ist festzustellen, dass *Melampsora salicina* agg. und *Trametes suaveolens* dafür verantwortlich sind, ob bei den Weiden relativ hohe (Klon 4/68T in 4-jährige Umtriebszeit), mittlere (Klon 4/68T in 2-jährige Umtriebszeit und Klon 351T in 4-jährige Umtriebszeit) oder nur geringe Erträge (Klon 351T in 2-jährige Umtriebszeit) zu erzielen sind und ihnen somit eine äußerst relevante ökonomische Bedeutung zukommt. Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass *Trametes suaveolens* jährlich durchschnittliche Ertragseinbußen von zirka 2 Tonnen Trockensubstanz pro Hektar (Vergleich Klon 315T in 2-jähriger Umtriebszeit mit Klon 315T in 4-jähriger Umtriebszeit und Vergleich Klon 4/68T in 2-jähriger Umtriebszeit mit Klon 4/68T in 4-jähriger Umtriebszeit) verursacht, während sich die durch *Melampsora salicina* agg. verursachten jährlichen Ertragseinbußen sogar in einer Größenordnung von etwa 4 Tonnen Trockensubstanz pro Hektar bewegen (Vergleich Klon 315T in 2-jähriger Umtriebszeit mit Klon 4/68 in 2-jähriger Umtriebszeit und Vergleich Klon 351T in 4-jähriger Umtriebszeit mit Klon 4/68T in 4-jähriger Umtriebszeit).

Dafür, dass für das vermehrte Auftreten von *Trametes suaveolens* in erster Linie die kurzen Umtriebszeiten verantwortlich sind, spricht auch die Tatsache, dass in einer Publikation der FAO 1979, zu einer Zeit, in der kaum Erfahrungen mit Energieholzkulturen im extremen Kurztrieb vorlagen, diese Pilzart überhaupt nicht erwähnt wird, obwohl diese Arbeit ansonsten eine sehr umfassende Auflistung phytopathogener Organismen auf Vertretern der *Salicaceae* enthält.

Nachdem aus der Sicht des Umwelt- und Naturschutzes die ersten Jahre nach Rodungen von Energieholzkulturen die kritischsten Phasen darstellen (Erosionsgefährdung, Beeinträchtigung der Avifauna, etc. – siehe RINESCH & TRINKAUS 1997, TRINKAUS & al. 1995), sollte das Hauptaugenmerk in einem Aufbau möglichst stabiler Bestände durch überlegte Anlage, nämlich geeignete Klonwahl (ABRAHAMSON & al. 1998) und längere Umtriebszeiten von Energieholzkulturen (TRINKAUS & RINESCH 1999) liegen, um Schädlingskalamitäten mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vermeiden (siehe auch KUMPFMÜLLER 1990, UMWELTFORUM 1992). UNTEREGGER 1992b führt neben den höheren Mortalitätsraten eine Fülle weiterer Argumente gegen kurze Umtriebszeiten (weniger als 4 Jahre bei der Gattung *Salix*) an, nämlich den höheren Arbeitseinsatz (Holzernte, Beikrautbekämpfung im Jahr nach der Ernte, etc.), die geringeren Erträge und den größeren Austrag von Nährelementen. Auch die in Schweden durchgeführten ertragskundlichen Untersuchungen lassen Umtriebszeiten von weniger als 4 Jahren bei *Salix viminalis* wenig sinnvoll erscheinen (WILLEBRAND 1992, JOHANSSON 1992).

Eine weitere Strategie zur Erhöhung der Stabilität der Bestände könnte, vorausgesetzt diese neuartige Nutzungsformen etablieren sich in Mitteleuropa in größerem Stil, darin bestehen, Weidenstrünke nach der Holzernte mit Antagonisten der in erster Linie parasitisch lebenden *Trametes suaveolens* zu beimpfen. In der konventionellen Forstwirtschaft finden derartige Interaktionen bei der Bekämpfung des parasitischen Basidiomyceten *Heterobasiodion annosum* (FR.: FR.) BREF. durch den Antagonisten *Phlebia gigantea* (FR.: FR.) DONK. bereits seit längerer Zeit praktische Anwendung (RAYNER & BODDY 1988). Basierend auf den oben dargelegten selektiven und nicht selektiven Verdrängungsmechanismen auf Totholz von Weiden könnten hierbei die folgenden Arten diesbezüglich Verwendung finden: *Bjerkandera fumosa*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor*, *Trametes multicolor*, *Trametes pubescens* und eventuell auch *Trametes gibbosa* und *Lenzites betulina*.

In diesem Zusammenhang sei noch auf das Faktum eingegangen, dass viele der spezialisierten Holzbewohner zwar gewisse Gehölzarten eindeutig bevorzugen, jedoch auch andere Arten besiedeln können. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in einem späteren Stadium der Sukzession die bereits auf Totholz vorkommenden Pilzarten einen größeren Einfluss darauf haben, ob und welche Pilzarten zur weiteren Besiedlung befähigt sind, als es die Holzart hat. So konnte beispielsweise in den Energieholzkulturen *Trametes gibbosa* nur auf Weidenstrünken, auf denen auch Fruchtkörper von *Bjerkandera fumosa* festzustellen waren, angetroffen werden und *Lenzites betulina* trat immer gemeinsam mit Fruchtkörpern von Vertretern der Gattung *Trametes* auf. Selektive und nicht-selektive Verdrängungsmechanismen tragen somit zu einer deutlichen Erhöhung der Wirtsartenspektren von spezialisierten Holzbewohnern bei.

Dank

Die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Forschungsprojekte wurden vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr sowie von der Steiermärkischen Landesregierung finanziert.

Literatur

- ABRAHAMSON L. P., ROBISON D. J., VOLK T. A., WHITE E. H., NEUHAUSER E. F., BENJAMIN W. H. & PETERSON J. M. 1998: Sustainability and environmental issues associated with willow bioenergy development in New York (U.S.A.). – *Biomass and Bioenergy* **15**: 17–22.
- ADLER W., OSWALD K. & FISCHER R. 1994: *Exkursionsflora von Österreich*. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BERGKVIST P., NORDH N. E., LEDIN S. & OLSSON T. 1992: Plant material for short rotation forestry (Sweden). – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): *Handbook on how to grow short rotation forests*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 1.5.1.–1.5.18.
- BREITENBACH J. & KRÄNZLIN F. (Hg.) 1986: *Pilze der Schweiz, 2. Heterobasidiomycetes, Aphyllophorales, Gastromycetes*. – Verlag Mycologia, Luzern.
- BUTIN H. 1989: *Krankheiten der Wald- und Parkbäume*. – 2. Aufl., Thieme, Stuttgart, New York.
- BISOFFI S. 1992: Plant material for short rotation forestry. – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): *Handbook on how to grow short rotation forests*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 1.4.1–1.4.2.
- CETTO B. 1987: *Enzyklopädie der Pilze*. – Bd.1, BLV-Verlagsgesellschaft, Stuttgart, New York.
- CHRISTERSSON L., RAMSTEDT M. & FORSBERG J. 1992: Pests, diseases and other injuries in short rotation forestry. – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): *Handbook on how to grow short rotation forests*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 4.5.1–4.5.13.
- DÖRFLING K. 1982: *Das Hormonsystem der Pflanzen*. – Thieme, Stuttgart, New York.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1979: *Poplars and willows in wood production and land use*. – Forestry Series, 10., Rom. Verlag, Erscheinungsort
- GILBERTSON R. L. & RYVARDEN L. 1987a: *North American Polypores*. Vol. 1. – *Fungiflora*, Oslo.
- GILBERTSON R. L. & RYVARDEN L. 1987b: *North American Polypores*. Vol. 2. – *Fungiflora*, Oslo.
- FORSTGESETZNOVELLE ÖSTERREICH 1987
- JAHN H. 1979: *Pilze, die an Holz wachsen*. – Herford Verlag, Herford.
- JOHANSSON H. 1992: Summary of how to grow short rotation forests. The Swedish example. – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): *Handbook on how to grow short rotation forests*. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 11.1.1.–11.1.8.
- JÜLICH W. 1984: *Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze*. – In: GAMS H. (Hg.): *Kleine Kryptogamenflora*. Band 2b/1. – Gustav Fischer, Stuttgart.
- KAHR H. & MAURER W. 1993: *Holzabbauende Pilze der Steiermark*, 1. – *Mitt. Naturwiss. Vereins Steiermark* **123**: 73–89.
- KAHR H., MAURER W., MICHELITSCH S. & SCHEUER C. 1996: *Holzabbauende Pilze der Steiermark*, 2. – *Mitt. Naturwiss. Vereins Steiermark* **125**: 89–120.
- KATTER R., BERGHOLD H., HACK R., KNOFLACHER H. M., LIBAL B., RINESCH C. & WUTZL C. 1991: *Ökologische Begleituntersuchung zu den Steirischen Energiewaldversuchen*. – Endbericht, Joanneum Research, Graz.
- KATTER R., FRANZ C., RINESCH C., ROGEN D., TRINKAUS P. & WUTZL C. 1993: *Ökologische Begleituntersuchungen zu den Steirischen Energiewaldversuchen*. – Endbericht, Joanneum Research, Graz.

- KNOFLACHER H. M., BERGHOLD H. & KATTER R. 1990: Ökologische Begleituntersuchung zu den Steirischen Energiewaldversuchen. – Zwischenbericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- KREISEL H. 1961: Die phytopathogenen Großpilze Deutschlands. – VEB Gustav Fischer, Jena.
- KREISEL H. (Hg.) 1987: Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik. – VEB Gustav Fischer, Jena.
- KRIESEL I. 1986: Rote Liste gefährdeter Großpilze Österreichs. – In: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Hg.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs, pp. 178–192.
- KRIESEL-GREILHUBER I. 1999: Rote Liste gefährdeter Großpilze Österreichs, 2. Fassung. – In: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie (Hg.): Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs, pp. 229–266.
- KUMPFMÜLLER M. 1990: Grundsätze für Energieholzulturen aus der Sicht des Umweltschutzes. – In: KATTER R. (Hg.): Energieholzplantagen in Theorie und Praxis, Teil 4. Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- LARSSON S. 1998: Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. – *Biomass and Bioenergy* **15**: 23–26.
- OSTRY M. & McNABB 1992: Pests, diseases and other injuries in short rotation forestry. – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): Handbook on how to grow short rotation forests. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 4.7.1–4.7.5.
- PACIONI G. 1982: Das große Handbuch der Pilze. – BLV Verlagsgesellschaft, München.
- PELZMANN G. 1991: Produktion von Holz mit raschwüchsigen Baumarten im Kurzumtrieb und gezielte Biomasseproduktion für Energiegewinnung. – Bericht, Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft (Steiermark), Graz.
- PELZMANN G. & UNTEREGGER E. 1992: Plant material for short rotation forestry. – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): Handbook on how to grow short rotation forests. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 1.1.1–1.1.4.
- PLANK S. & WOLKINGER F. 1976: Rasterelektronenmikroskopische Abbildungen von holzabbauenden Pilzen. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* **106**: 161–177.
- POELT J. 1985: Uredinales. – In: EHRENDORFER F. (Hg.): *Catalogus Florae Austriae*, Teil 3, 1. Akademie der Wissenschaften, Wien.
- POELT J. & ZWETKO P. 1997: Die Rostpilze Österreichs. – 2. Aufl., *Biosystematics and Ecology Series* No. 12, Akademie der Wissenschaften, Wien.
- RAYNER A. & BODDY L. 1988: Fungal decomposition of wood. – Wiley & Sons, New York.
- RINESCH C. & TRINKAUS P. 1997: Großflächige Ernten von Energieholz vermeiden. – *Österreichische Forstz.* **10**: 39–40.
- ROTHMALER W. 1983: Exkursionsflora, Band 1, Niedere Pflanzen. – VEB, Berlin.
- RYVARDEN L. 1976: The Polyporaceae of North Europe. – *Fungiflora*, Oslo.
- RYVARDEN L. & GILBERTSON R. C. 1993a: European Polypores. Vol. 1. – *Fungiflora*, Oslo.
- RYVARDEN L. & GILBERTSON R. C. 1993b: European Polypores. Vol. 2. – *Fungiflora*, Oslo.
- SACHS L. 1984: *Angewandte Statistik*. – 6. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg.

- TRINKAUS P., RINESCH C., KATTER R., LIBAL B. & WONISCH A. 1995: Ökologische Begleituntersuchung zu den Steirischen Energiewaldversuchen unter besonderer Berücksichtigung von Ernte und Rodung. – Endbericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Graz.
- TRINKAUS P. 1996: Untersuchungen zur Diversität von naturnahen und anthropogen intensiver beeinflussten Ökosystemen in der Oststeiermark. – Diss., Univ. Graz.
- TRINKAUS P. 1998: Short-rotation forestry: discussion of 10 Austrian principles from the viewpoint of preservation of environment and nature. – *Biomass and Bioenergy* **15**: 109–114.
- TRINKAUS P. 2000: Phytopathologische Untersuchungen von Pappeln in Energieholzkulturen. – Der Förderungsdienst, Fachzshr. f. Agrarwirtschaft, Ernährung und Ökologie **9**: 310–312.
- TRINKAUS P. & RINESCH C. 1994: Energiewald, Ökologische Untersuchungen und Bewertung. – In: Bundesministerium für Land - und Forstwirtschaft (Hg.): Thermische Ganzpflanzennutzung, pp. 163–173.
- TRINKAUS P. & RINESCH C. 1999: 10 Jahre „Energiewaldforschung“: Ergebnisse der ökologischen Begleituntersuchungen zu den Energieholzversuchen. – *Mitt. Naturwiss. Vereins Steiermark* **129**: 97–110.
- UMWELTFORUM 1992: Expertengutachten Energiewaldforschung. – Endbericht, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien.
- UNTEREGGER E. 1992a: Pests, diseases and other injuries in short rotation forestry (Austria). – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): Handbook on how to grow short rotation forests. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 4.1.1.–4.1.2.
- UNTEREGGER E. 1992b: Rotation length of short rotation forests (Austria). – In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): Handbook on how to grow short rotation forests. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 6.1.1.–6.1.2.
- WASIELEWSKY D. H. 1982: Cultivation of willows in Central and South Eastern Europe. – Technical Report, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- WILLEBRAND E. 1992: Rotation length of short rotation forests (Sweden).- In: LEDIN S. & ALRIKSSON A. (eds.): Handbook on how to grow short rotation forests. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala; 6.5.1.–6.5.2.
- WOLKINGER F. 1973: Holzerstörende Basidiomyceten auf *Aesculus hippocastanum* und *Sophora japonica* im Stadtgebiet von Graz. – *Mitt. Naturwiss. Vereins Steiermark* **103**: 397–404.
- WOLKINGER F. 1979: Verbreitung und Ökologie des Samtporlings (*Inonotus hispidus*) in der Steiermark. – *Mitt. Naturwiss. Vereins Steiermark* **109**: 175–189.

Anschrift der Verfasser:

Mag. Dr. Peter TRINKAUS
 Mag. Dr. Marion REINHOFER
 Joanneum Research, Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme
 Mauritzener Hauptstraße, A-8130 Frohnleiten, Austria
 peter.trinkaus@joanneum.at
 marion.reinhofer@joanneum.at