

TÜBINGER GEOGRAPHISCHE STUDIEN	H. 116	1996	S. 221-235	Tübingen
FÖRSTER H. & PFEFFER K.-H. (HRSG.) - INTERNATIONALES ZENTRUM				
INTERAKTION VON ÖKOLOGIE UND UMWELT MIT ÖKONOMIE UND RAUMPLANUNG				

STURMWURF: EINE CHANCE FÜR DIE WALDÖKOLOGISCHEN FORSCHUNG

von

CLAUDIA GÖRKE, ANGELIKA HONOLD & FRANZ OBERWINKLER, TÜBINGEN

mit

1 Abbildung und 2 Tabellen

1. Einleitung

Natürliche, vom Menschen nicht beeinflusste Wälder existieren in Mitteleuropa nicht mehr. An ihre Stelle sind Wirtschaftswälder getreten, die der Holzproduktion, der Jagd und, in der Nähe von Ballungsgebieten, der Erholung dienen. In Deutschland hat die moderne Waldwirtschaft sich Wälder zum Ziel gesetzt, die sich im ökologischen Gleichgewicht befinden und einem natürlichen Wald möglichst nahe kommen, ohne daß auf die regelmäßige Lieferung von Wertholz verzichtet werden muß. Nicht Holznutzung um jeden Preis ist die Devise des naturnahen Waldbaus, sondern Holznutzung möglichst preiswert und ohne die biologischen Abläufe zu stören. Ein schwerwiegendes Problem stellt die Tatsache dar, daß unsere Kenntnis über das angestrebte ökologische Gleichgewicht sehr lückenhaft ist. Die nach Stürmen einsetzende Sukzession bietet die Möglichkeit neue Einblicke zu gewinnen.

Werden durch Stürme die Bäume auf großen Flächen geworfen, stellt dies aus wirtschaftlicher Sicht eine Katastrophe dar. So fielen durch die Stürme 1990 in der Bundesrepublik 72,5 Millionen Festmeter Schadholz an. Die riesigen Holzmen gen waren kaum zu bewältigen, der Holzpreis rutschte in den Keller. Zusätzlich wurden die Kosten zur Wiederaufforstung der Kahlf lächen allein in Baden-Württemberg auf mind. 400 Mio. DM geschätzt (Umweltministerium Baden-Württemberg 1990). Die Borkenkäferpopulationen expandierten, was weiteres Totholz zur Folge hatte. In Baden-Württemberg handelte es sich bei 86 % der gefallenen Bäume um Fichten (Umweltministerium Baden-Württemberg 1992). Die Fichte ist schnellwüchsig und auf dem Markt nach wie vor sehr gefragt. Sie wurde deshalb im großen Umfang auch auf Standorten angepflanzt, auf denen sie natürlicherweise nicht vorkommen würde. Hinzu kommt, daß die Fichte ein flach ausgebrei-

tetes Wurzelsystem besitzt, das sie für Windwurf besonders anfällig macht.

Katastrophen wie der Sturmwurf sind von der Natur durchaus vorgesehen. Sie bieten die Möglichkeit einer Verjüngung des Waldes. Für die Forschung stellen sie die einmalige Gelegenheit dar die einsetzenden Sukzessionsprozesse zu studieren und die Entwicklung eines Waldes zu beobachten, der nicht vom Menschen beeinflusst wurde.

In Baden-Württemberg wurde diese Chance genutzt und von der Forstdirektion Tübingen drei Sturmwurfflächen für Forschungsprojekte zur Verfügung gestellt. Diese Flächen haben inzwischen den Status eines Bannwaldes. In einem Bannwald sind keine Eingriffe von Seiten des Menschen erlaubt. Auf diesen Flächen sind Forschungsvorhaben verschiedenster Disziplinen angesiedelt, die untereinander abgestimmt sind und sich ergänzen. Ähnliche Projekte sind z. B. in der Schweiz angelaufen, wo den Gebirgswäldern eine wichtige Schutzfunktion (Erosion, Steinschlag, Lawinen) zukommt (SCHÖNENBERGER, KUHN & LÄSSIG 1995).

2. Sukzessionsforschung auf Sturmwurfflächen in Baden-Württemberg

Arbeitsgruppen unterschiedlicher Richtungen haben die einmalige Gelegenheit wahrgenommen, auf den Sturmwurfflächen Sukzessionsstudien zu betreiben.

Die Flächen wurden zunächst vermessen. Eine Luftbildauswertung ermöglichte es, die Lage einzelner Stämme exakt festzulegen, so daß auch noch nach mehreren Jahrzehnten eine genaue Zuordnung möglich sein wird. Dabei wurde stets ein lebender Fichtenbestand in der Nachbarschaft mit in die Untersuchungen einbezogen, um Vergleiche anstellen zu können.

In Absprache mit anderen Arbeitsgruppen wurden auf ausgewählten Arealen die Bodenprofile angelegt. Die Analyse von Bodenproben im Labor ergab Aufschluß über chemische Parameter, wie pH-Werte, C-, N- und Nährstoffgehalt der Böden. (PFEFFER 1996). Vegetationsaufnahmen wurden auf den gesamten Bannwaldflächen durchgeführt. An den exakt eingemessenen Rasterpunkten der forstlichen Grundaufnahme (Entfernung 50x50 m im Gauss-Krüger-Koordinatensystem) wurden 10x10 m große Probenflächen markiert. Es wurden neben der Erfassung der Arten die Deckung der Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht geschätzt, sowie zusätzlich die Deckung von Stamm- und Astholz und offenem Mineralboden. Von den Entomologen wurden die Arthropodengesellschaften untersucht. Im Mittelpunkt standen vor allem die Raubarthropoden der Bodenoberfläche und die epigäische xylobionten Arthropoden. Ein besonderes Augen-

merk galt natürlich der Entwicklung der Borkenkäferpopulationen. Ziel der Mykologen war es, die Sukzession der Mykorrhizapilze, streuzersetzenden Pilze und der Pilze in und auf Totholz zu dokumentieren.

3. Pilz-Baum-Interaktionen in Sturmwurfflächen und stehenden Nachbarbeständen

Das Ökosystem "Wald" ist ohne Pilze nicht lebensfähig. Pilze spielen eine vielfältige Rolle. Auf der einen Seite sind alle Pflanzen von einer Symbiose mit Pilzen abhängig. Der aufkommende Jungwuchs der Gehölze ist ohne Mykorrhizapilze nicht konkurrenzfähig. Auf der anderen Seite sorgen Pilze zusammen mit Bakterien für den Abbau des anfallenden toten Materials. Sie bauen das Totholz ab und sind involviert in die bodenbildenden Prozesse. Selbst Parasiten üben eine wichtige Funktion aus. Sie greifen Exemplare an, deren ökologisches Gleichgewicht gestört ist und sorgen so für eine Selektion widerstandsfähiger Individuen einer Population unter den gegebenen Standortbedingungen.

Es wurden elf Dauerbeobachtungsflächen mit je einem ha in drei Untersuchungsgebieten ausgewiesen. Auf diesen Flächen wird detailliert die Sukzession der Pilze verfolgt. Die Zahl der dabei auf den Sturmwurfflächen gefundenen Arten ist deutlich höher als in den stehenden Kontrollbeständen. Die fortschreitende Sukzession auf den Sturmwurfflächen führt zu einer rasch wechselnden Zusammensetzung der Mykozöosen. Das auf den Sturmwurfflächen entstandene kleinräumige Mosaik von Spezialstandorten bietet zahlreichen Arten einen Lebensraum, die in den monotonen Wirtschaftswäldern selten geworden sind.

3.1 Mykorrhiza-Pilze

Der aufkommende Jungwuchs der Sturmwurfflächen ist auf die im Boden vorhandenen Mycelien der Mykorrhizapilze angewiesen. Der Pilzpartner bietet den Pflanzen mancherlei Vorteile: Die Hyphen der Pilze dringen in Kapillarräume der Böden vor, die die Wurzeln selbst nie erreichen könnten; die zur Aufnahme der Nährstoffe verfügbare Oberfläche wird um ein Vielfaches erhöht; die Hyphenmäntel die sich um die Wurzeln bilden, bieten Schutz vor Parasiten. Ohne einen geeigneten Mykorrhizapartner sind die Jungpflanzen nicht konkurrenzfähig. Trockenstreß, Nährstoffmangel und Pathogene verhindern, daß nichtmykorrhizierete Pflanzen überleben können. Damit stellt das Angebot an Mykorrhizapilzen im Boden einen wesentlichen biotischen Standortsfaktor dar.

Im Vergleich zu den stehenden Kontrollbeständen ist das Spektrum der zur Verfügung stehenden Arten auf den Sturmwurfflächen deutlich eingeschränkt. Allerdings handelt es sich dabei um Arten, die den extremen klimatischen Bedingungen einer Sturmwurffläche gewachsen sind. Solche Arten eignen sich besonders für die künstliche Inokulation von Baumschulpflanzen. Es zeigte sich, daß vormykorrhizierte Pflanzen den Pflanzschock weit besser überstehen, als nicht mykorrhizierte Pflanzen (HÖNIG 1996) und gegenüber Parasiten weit weniger anfällig sind. Besonders geeignet sind solche Pflanzen für die Wiederbewaldung von belasteten Böden.

3.2 Streuzersetzende Pilze

Beim Abbau und der Mineralsierung der Streu spielen Pilze eine entscheidende Rolle. Ihre Fähigkeit auch komplexe Moleküle wie Lignin abzubauen, sowie die Eigenschaft Nährelemente wie Stickstoff zu immobilisieren, weist ihnen eine Schlüsselposition im Kreislauf der Nährstoffe zu. Da es unter den Streuzersetzern hochspezifische Arten gibt, läßt sich anhand des Auftretens und Verschwindens solcher Spezialisten auf das Fortschreiten von Abbauprozessen in Boden und Streu schließen. Mit dem letzten Fichtenzapfen verschwinden z.B. auch die Arten, die sich auf dieses Substrat spezialisiert haben. Sind diese Arten nicht mehr nachzuweisen, sind auch die letzten Reste der ursprünglichen Nadelstreu und damit auch in tieferen Lagen der Humusaufgabe liegende Fichtenzapfen abgebaut. Pilzarten, die an der Umwandlung der Streu direkt beteiligt sind, eignen sich hervorragend als Bioindikatoren für den Status der Streuzersetzung.

3.3 Pilze der lebenden und toten Fichte

Bäume, die absterben, weil sie die natürliche Altersgrenze erreicht haben, gibt es im Wirtschaftswald nicht. Die Bäume werden vorher gefällt. Damit fehlt unseren Wäldern ein wichtiger Abschnitt, die Zerfallsphase des Holzes. Es ist bekannt, daß ein kleinräumiges Mosaik von Standorten eine große Artenfülle ermöglicht. Ein solches Mosaik wird durch einen umgestürzten Baum geschaffen. Es gibt Tiere und Pilze, die an das Leben auf und in toten Bäumen angepaßt sind. Ein totholzreicher Wirtschaftswald weist ein bis fünf Festmeter pro ha, ein totholzreicher 30 fm/ha auf. In den Urwaldbeständen und Naturwäldern Mittel- und Südosteuropas beläuft sich das Totholz auf 50-210 fm/ha (DETSCH, KÖLBEL & SCHULZ 1994). An dem Recycling dieses Substrates sind in Deutschland etwa 1500 Pilze und 1343 Käferarten beteiligt (GEISER, 1989). Um seiner Aufgabe als Nutzholzlieferant weiterhin gerecht zu werden, müssen dem Wald Nährstoffe zugeführt werden. Der natürlichste Weg ist das Verbleiben von Totholz im Wald.

Dem steht jedoch die Befürchtung entgegen, daß dieses Totholz eine Brutstätte für Parasiten darstellt. Die Sturmwurfflächen bieten die einmalige Gelegenheit, die Sukzession holzabbauender Pilze zu beobachten. Natürliche Biozönosen sind durch ein Gleichgewicht zwischen Parasiten und ihren Antagonisten ausgezeichnet. Es soll deshalb geklärt werden, ob sich im Laufe der natürlichen Sukzession dieses Gleichgewicht einstellen kann. Sollte dies der Fall sein, würde ein höherer Totholzanteil in unseren Wäldern einen naturnahen Waldbau ermöglichen. Zum Studium der Sukzession von Pilzen an Totholz wurde bisher die Fruchtkörperbildung herangezogen. Es sind jedoch die Mycelien und nicht die Fruchtkörper, die für die Aktivität der Pilze im Holz ausschlaggebend sind. Um Aussagen über die Sukzession der Mycelien machen zu können, werden Daten mit Hilfe von Bohrkernen gewonnen.

3.3.1 Bohrkernentnahme

Zur Bohrkernentnahme wird die Borke mit einem Schälmesser entfernt und mit 70 %igem Alkohol besprüht. Dann wird ein abgeflammter Zuwachsbohrer ins Holz gedreht. Der mit Hilfe einer desinfizierten Metallzunge herausgezogene Holzkern wird in ein steriles Reagenzglas gegeben. Das Bohrloch wird mit Wundwachs versorgt. Im Labor werden die Bohrkern in der Clean-Bench mit einem sterilen Skalpell in 2-5 mm große Stücke zerteilt und durch die Flamme gezogen. Die Teilstückchen werden auf den Nährmedien MYP (Malz, Hefe und Pepton (BANDONI, PARSONS, REDHEAD 1975)) und MYP mit Tetracyclin (0,25 g/l) ausgelegt. Innerhalb von vier Tagen sind die ersten schnellwüchsigen Pilze zu beobachten, die langsam wachsenden Arten benötigen oftmals mehrere Wochen, bis sie ausgehend von der Holzprobe auf das Nährmedium übergehen. Zum Bestimmen werden Reinkulturen auf Malzagar (GAMS ET AL. 1980) angelegt.

3.3.2 Fruchtkörper und Bohrkernisolate

Am Beispiel der Fläche bei Bad Waldsee werden die Ergebnisse der ersten Probephase vorgestellt. Auf der Kontrollfläche wurden 68 Proben aus 13 Fichten, auf der Sturmwurffläche 59 aus acht Bäumen (Nr. 1-5 und 7-9, Nr. 6 = *Alnus*) entnommen. In 46 % der lebenden Bäume konnte mit Hilfe der Bohrkern kein Pilz nachgewiesen werden. In den restlichen Fichten der Kontrollfläche waren es pro Baum höchstens vier Arten. Die wichtigste Art ist hier *Armillaria ostoyea* (Romagnesi) Herink, der Hallimasch. Die exakte Bestimmung erfolgte durch Kreuzungstests (NEPOMUCENO 1994). Befällt er die kambiale Zone zwischen Rinde und Holz, kann er den Baum töten.

Ein anderes Bild zeigt sich bei den liegenden Fichten der Sturmwurffläche. Hier konnte mit Hilfe der Bohrkerns aus jedem Baum mindestens zwei Arten isoliert werden. In Baum 9 konnten neun Arten nachgewiesen werden. Auch auf den Stämmen zeigt sich eine große Vielfalt an Fruchtkörpern (Tab. 1).

Tab. 1: Nachgewiesene Arten auf der Sturmwurffläche bei Bad Waldsee

Baum	Bohrkernisolate	Fruchtkörper
1	<i>Amylostereum areolatum</i> <i>Cylindrobasidium evolvens</i> <i>Heterobasidion annosum</i> <i>Lecythophora hoffmannii</i> -Gruppe <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichoderma pseudokoningii</i> <i>Trichoderma viride</i>	<i>Armillaria mellea</i> -Agg. <i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Panellus mitis</i> <i>Stereum sanguinolentum</i>
2	<i>Acremonium butyri</i> <i>Amylostereum areolatum</i> / <i>chailletii</i> <i>Heterobasidion annosum</i> <i>Lecythophora hoffmannii</i> -Gruppe <i>Stereum sanguinolentum</i>	<i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Fomitopsis pinicola</i> <i>Trichaptum abietinum</i> <i>Stereum sanguinolentum</i>
3	<i>Trichoderma viride</i> <i>Fomitopsis pinicola</i>	<i>Armillaria mellea</i> -Agg. <i>Athelia arachoidea</i> <i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Fomitopsis pinicola</i> <i>Gloeophyllum sepiarium</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichaptum abietinum</i>
4	<i>Acremonium butyri</i> <i>Amylostereum areolatum</i> <i>Lecythophora hoffmannii</i> -Gruppe <i>Leptographium</i> sp. <i>Mariannea elegans</i> var. <i>elegans</i> <i>Ophiostoma piceae</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichoderma koningii</i>	<i>Armillaria mellea</i> -Agg. <i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Schizophyllum commune</i> <i>Sistotrema brinkmanni</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichaptum abietinum</i>

Baum	Bohrkernisolate	Fruchtkörper
5	<i>Chalara sp.</i> <i>Nectria fuckeliana</i> <i>Ophiostoma piceae</i> <i>Trichoderma polysporum</i> <i>Trichoderma viride</i>	<i>Exidia glandulosa</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichaptum abietinum</i>
7	<i>Acremonium butyri</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Exophiala sp.</i> <i>Heterobasidion annosum</i> <i>Hormonema dematioides</i> <i>Ophiostoma penicillatum</i> <i>Sesquicillium candelabrum</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichoderma viride</i>	<i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Gymnopilus penetrans</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichaptum abietinum</i>
8	<i>Cladosporium herbarum</i> <i>Heterobasidium annosum</i> <i>Trichoderma pseudokoningii</i> <i>Beauveria bassiana</i>	<i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Panellus mitis</i> <i>Schizophyllum commune</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichaptum abietinum</i> <i>Tyromyces stipticus</i>
9	<i>Acremonium butyri</i> <i>Amylostereum areolatum</i> <i>Chaetomium spinosum</i> <i>Ophiostoma piceae</i> <i>Stereum sanguinolentum</i> <i>Trichoderma polysporum</i> <i>Trichoderma pseudokoningii</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Xylaria cf. hypoxylon</i>	<i>Exidia glandulosa</i> <i>Exidia pithya</i> <i>Trichaptum abietinum</i>

Auf allen Stämmen wuchs *Exidia glandulosa*, (Bull. ex St. Amans) Fr., der Gemeine Drüsling (Hexenbutter). Fruchtkörper von *Exidia pithya*, A. & S.: Fr. (Teerflecken-Drüsling) und *Trichaptum abietinum* (Fr.) Ryv. (Gemeiner Violettporling) konnten auf 7 von 8 Fichten nachgewiesen werden. Diese Arten konnten mit Hilfe der Bohrkerne nicht isoliert werden. Aus 50 % der gefallenen Bäume konn-

ten Isolate von *Acremonium butyri* (van Beyma) W. Gams, *Amylostereum areolatum* (Chaill.: Fr.) Boid. (Braunfilziger Schichtpilz) und *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (= *Fomes annosus* (Fr.) Cooke, Wurzelschwamm) gewonnen werden, die jedoch zu diesem Zeitpunkt noch nicht fruktifizierten. Durch Daten von Bohrkernisolaten wird der Zeitpunkt, zu dem eine Pilzart nachgewiesen werden kann, verschoben.

Außerdem werden Arten erfaßt, die nie oder nur mit mikroskopisch kleinen Fruchtkörpern fruktifizieren. Zu diesen Arten gehören z.B. *Hormonema dematioides* Lagerberg & Melin, *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link ex S. F. Gray und *Ophiostoma piceae* (Münch) H. et P. Sydow. Diese Arten sind zu den Bläuepilzen zu zählen. Sie rufen eine blaue bis bläulich-graue Verfärbung des Holzes hervor. Dies kann zu erheblichen Einbußen beim Verkauf des Holzes führen und spielt vor allem bei der Kiefer eine wichtige wirtschaftliche Rolle. Voraussetzung ist ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 30-120 % des Trockengewichtes (BUTIN 1989). *Ophiostoma*-Arten werden sehr häufig durch Borkenkäfer übertragen. So konnte aus 37 % der gefallenen Fichten *Ophiostoma piceae* isoliert werden.

Stereum sanguinolentum (Alb. & Schw.: Fr.) Fr. konnte bei 50 % der gefallenen Fichten sowohl durch Bohrkernisolate als auch durch Fruchtkörper nachgewiesen werden. Dieser Pilz dominierte in der ersten Phase der Sukzession.

3.3.3 Ökologie von *Stereum sanguinolentum*

Stereum sanguinolentum, der *Blutende Schichtpilz* (s. Abb. 1) stellt für die Forstwirtschaft einen bedeutenden Schädling an Koniferen dar. Zum einen ist er der häufigste Erreger von Wundfäulen, zum anderen ruft er an Lagerholz die Rotstreifigkeit hervor. Als solche bezeichnet man die rötliche Verfärbung von Lagerholz. Sie breitet sich meist ausgehend von den Stammenden und der Mantelfläche in das Stammholz aus. Das Holz muß dadurch ein bis zwei Güteklassen zurückgestuft werden. PECHMANN, AUFSESS, LIESE & AMMER haben 1967 umfangreiche Untersuchungen zur Rotstreifigkeit des Fichtenholzes vorgelegt. Danach ist *Stereum sanguinolentum* der wichtigste Rotstreifepilz. Er ist nach ihren Studien frühestens nach fünf Wochen Lagerung nachzuweisen. Nach zwei Monaten hat das gelagerte Splintholz je nach Pilzstamm bis zu 50 % der Festigkeit und nach sechs Monaten bis zu 20 % des Gewichtes verloren.

In stehenden Beständen kann *Stereum sanguinolentum* die Bäume durch Wunden infizieren und verursacht dort eine Weißfäule, aufgrund des Infektionsortes auch Wundfäule genannt. Die jährlichen Verluste durch Wundfäule werden auf ca. 90 Mio. DM geschätzt (BÜCKING 1981). Diese Summe erklärt sich dadurch, daß bis

zu 72 % der Bäume eines Bestandes Verletzungen aufweisen können (DIMITRI 1978). Diese entstehen hauptsächlich durch Rückearbeiten, aber auch durch das Rotwild. Der häufigste Erreger dieser Fäule ist der *Blutende Schichtpilz*.

In 30 % der von PECHMANN, AUFSSESS & REHFUESS (1973) untersuchten Stämme erreichte *Stereum sanguinolentum* dabei eine Höhe von vier Metern, in weniger als fünf Prozent zehn Meter, selten bis fünfzehn Meter. Es breitet sich 40 - 60 cm pro Jahr in vertikaler Richtung aus (ROLL-HANSEN & ROLL-HANSEN 1980 bzw. KOCH & THONGJIEM 1989).

In der Natur werden Parasiten von Antagonisten in ihrer Ausbreitung gehemmt. Bei *Heterobasidion* auf Kiefer hat dieses Wissen nach JEFFRIES & YOUNG (1994) eine praxisrelevante Anwendung gefunden: Frische, unbefallene Kiefernstümpfe werden mit einer Sporensuspension von *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jül. (Großer Zystidenrindenpilz) behandelt. Für *Stereum sanguinolentum* fehlt bisher ein solches System.

Die antagonistischen Eigenschaften möglicher Gegenspieler können anhand von Dualkulturen überprüft werden.

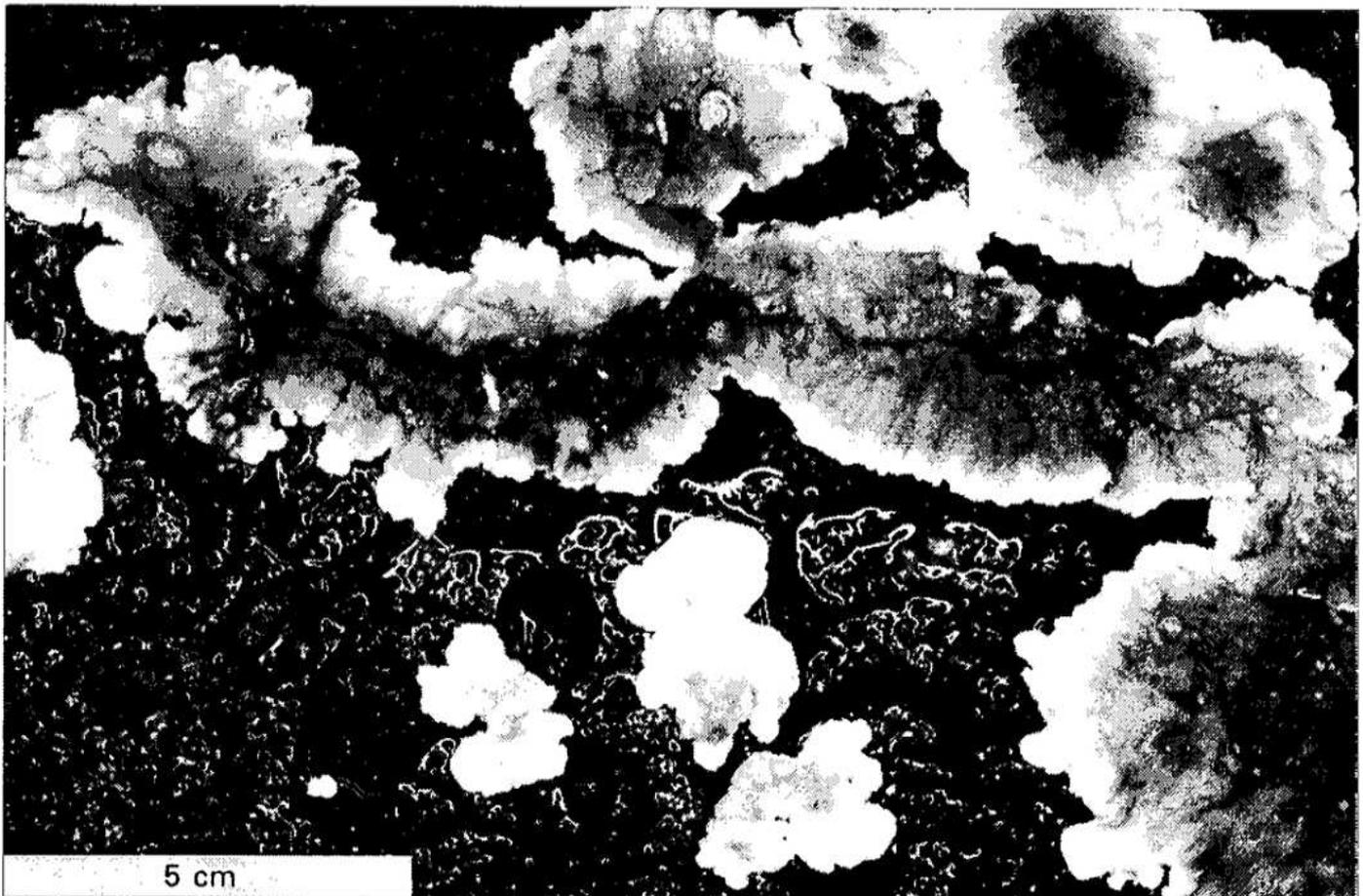


Abb. 1: Fruchtkörper von *Stereum sanguinolentum*

3.3.3.1 Dualkulturen

Für die Dualkulturen wurden Petrischalen mit drei verschiedenen Agarmedien: MEA (GAMS ET AL. 1980), MYP (BANDONI, PARSONS, REDHEAD 1975) und Holzagar (Fichtensägemehl mit Wasseragar (PFEFFER 1993)) verwendet. Aus ca. 3 Wochen alten Kulturen zweier Pilzstämme wurden mit einer sterilen Pasteurpipette (FORTUNA) flache Mycelzylinder mit einem Radius von 0,3 cm ausgestochen und mit großem Abstand auf den Agar gesetzt. Zusätzlich wurden Kontrollkulturen mit nur einem der beiden Pilze angelegt. Die Kulturen wurden bei 20 °C und 13 h Licht kultiviert. Die Ansätze wurden regelmäßig (alle vier Tage) kontrolliert, die Wuchsgeschwindigkeit verglichen und das Verhalten der Pilze beobachtet (PFEFFER 1993).

Die Auswahl der zu testenden potentiellen Antagonisten erfolgte nach verschiedenen Kriterien. *Acremonium butyri* wurde für die Dualkulturen ausgewählt, da von ihm bekannt ist, daß es auf anderen Pilzen parasitiert. *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., ein insektenpathogener Pilz, der in der biologischen Schädlingsbekämpfung angewendet wird, kann *Heterobasidion annosum* hemmen (LAINE & NUORTEVA 1970). *Nectria fuckeliana* Booth hemmt laut BÜCKING (1981) den *Blutenden Schichtpilz*. AUFSESS (1976) dagegen berichtet, daß *Nectria fuckeliana* keinen Einfluß auf eine nachfolgende Infektion durch *Stereum sanguinolentum* hat. Aufgrund dieser widersprüchlichen Aussagen wurde *Nectria fuckeliana* in die Tests mit einbezogen. *Phlebiopsis gigantea*, der *Große Zystidenpilz*, wurde von RUNGE (1978) als regelmäßiger Besiedler der Primärphase von Kiefernstümpfen gefunden. Da dieser Pilz *Heterobasidion annosum* hemmt, und in der Forstwirtschaft als Schutz bei Kiefern ausgebracht wird, sollte das Verhältnis von *Stereum sanguinolentum* zum *Großen Zystidenrindenpilz* untersucht werden. AUFSESS (1976) zeigt, daß *Sistotrema brinkmannii* (Bres.) Eriss. (Brinkmann's-Rindenpilz) in Deckglaskulturen und in kleinen Holzproben Hyphen von *Stereum sanguinolentum* abtötet. Sie verfärben sich bei Annäherung von *Sistotrema brinkmannii* gelb und verklumpen stark (AUFSESS 1976).

3.3.3.2 Ergebnisse der Dualkulturen

Bei *Stereum sanguinolentum/Acremonium butyri* zeigte sich auf MEA ein deutlicher Hemmhof. Der *Blutende Schichtpilz* überwächst *Acremonium butyri* zwar minimal, doch kann letzterer aufgrund der starken Hemmung als Antagonist gewertet werden. Auf dem Holzagar ist die Wirkung auf *Stereum sanguinolentum* nicht so deutlich sichtbar. Dieser wird hauptsächlich im verfärbten Agarbereich gehemmt. Vielleicht ist dies ein Grund dafür, daß die antagonistische Wirkung auf dem Holzmedium schlechter ausgeprägt ist. Hier ist die Diffusion einge-

schränkt. Im Holz ist jedoch mit den Holzfasern eine Vorzugsrichtung vorgegeben, so daß hier in Längsrichtung eine ähnliche Hemmung wie auf MEA zu vermuten ist. Auch auf MYP kann *Acremonium butyri* als klarer Antagonist zu *Stereum sanguinolentum* gelten. Der Pilz stellt das Wachstum ein und wird offensichtlich von *Acremonium butyri* geschädigt.

Auf den verschiedenen Medien wirkt *Beauveria bassiana* hemmend auf den *Blutenden* erst wenn sich die Pilze fast berühren. Da es sich bei dies *Schichtpilz*, allerdings em Pilz um eine insektenpathogene Art handelt, geht von diesem Pilz wohl nur eine geringe Gefahr für das Holz aus. Aufgrund der sehr hohen Konidienzahl könnte *Beauveria bassiana* in Sporensuspensionen eingesetzt werden. Allerdings sollte vorher die Gefahr für Nutzinsekten abgeklärt werden.

Die widersprüchlichen Beobachtungen, die obengenannten Autoren für die Interaktion von *Stereum sanguinolentum* mit *Nectria fuckeliana* gemacht haben, lassen sich möglicherweise durch den Einfluß verschiedener Substrate erklären. Der *Blutende Schichtpilz* wird gehemmt - sowohl auf MEA als auch auf MYP - und überwächst schließlich *Nectria fuckeliana* - auf dem Holzmedium und auf MEA. Dieses zeigt, daß das Medium einen großen Einfluß auf die Interaktionen der Pilze hat. *Nectria fuckeliana* ist zur Bekämpfung des *Blutenden Schichtpilzes* wohl kaum geeignet.

Bei *Stereum sanguinolentum/Phlebiopsis gigantea* wird der *Blutende Schichtpilz* wird nur leicht überwachsen, *Phlebiopsis gigantea* kann hier im Gegensatz zur Interaktion mit *Heterobasidion annosum* allerdings nur als schwacher Antagonist gelten.

Die starke antagonistische Wirkung von *Sistotrema brinkmanii* konnte auf allen drei Medien bestätigt werden. Auch die Abtötung der Hyphen wurde nachgewiesen.

Auf allen allen drei Medien zeigt nur *Sistotrema brinkmanii* deutliche antagonistische Eigenschaften. Es muß berücksichtigt werden, daß sich der Interaktionstyp mit dem Nährmedium, den Kulturbedingungen und dem Alter der Kultur, sowie dem eventuell gewählten Wachstumsvorsprung, ändern kann. Sogar eine Umkehr der Hemmwirkung kann auftreten, da die antagonistische Wirkung des Pilzes, der an die betreffenden Kulturbedingungen besser angepaßt ist, verstärkt wird.

So stellt sich die Frage nach der Bedeutung der Ergebnisse von Dualkulturen. Es kann dabei weder der Einfluß der vielfältigen abiotischen noch der biotischen Faktoren des natürlichen Habitats berücksichtigt werden. Hier ist, vor allem bei lebenden Bäumen, der Wirt mit einzubeziehen. Doch kann mit solchen Tests eine Vorauswahl getroffen werden. Mit den in vitro bestimmten Antagonisten können

dann Dreierkulturen (Wirt-Parasit-Antagonist) angelegt werden.

Tab.2 : Übersicht über die verschiedenen Ergebnisse der Dualkulturen

	<i>Stereum sanguinolentum</i>											
	MEA				MYP				HOLZAGAR			
<i>Acremonium butyri</i>	⊕	S	S	⊛	⊕	U	O	O	O	O	O	O
<i>Beauveria bassiana</i>	⊕	O	B	⊛	⊕	O	B	O	O	O	S	O
<i>Nectria fuckeliana</i>	+	S	B	⊛	+	A	O	O	O	S	S	O
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	O	A	S	⊛	O	O	A	O	O	A	O	O
<i>Sistotrema brinkmannii</i>	O	A	S	⊛	O	A	S	⊛	O	A	O	O

SYMBOLE IN DER TABELLE

1. SYMBOLSPALTE:

- O Keine Hemmwirkung auf weite Entfernung und keine Hemmhofausbildung
 ⊕ Hemmhofausbildung, aber keine Hemmwirkung auf weite Entfernung
 + Der getestete Pilz wirkt auf weite Entfernung und Hemmhofausbildung

2. SYMBOLSPALTE:

- O keiner der Pilze überwächst den anderen
 S *Stereum sanguinolentum* überwächst den getesteten Pilz
 A Der getestete Pilz überwächst *Stereum sanguinolentum*
 U Der getestete Pilz unterwächst *Stereum sanguinolentum*

3. SYMBOLSPALTE:

- O Keiner der beiden Pilze verändert sein Kulturaussehen
 S *Stereum sanguinolentum* verändert sich (z.B. Hemmwall- oder Exudatbildung)
 A Der getestete Pilz verändert sich
 B Beide Pilze verändern sich

4. SYMBOLSPALTE:

- O Keine deutliche Farbverfärbung der Kultur von *Stereum sanguinolentum*
 ⊛ *Stereum sanguinolentum* bildet viel Exudat oder die Kultur zeigt verschiedene Gelbtöne

3.3.3.3 Ausblick

Im Jahr nach der extremen Fruktidikation von *Stereum sanguinolentum* nahm die Zahl der Fruchtkörper rapide ab. Trotz drei Jahre massiver Sporenproduktion konnte der *Blutende Schichtpilz* nicht in den Nachbarbeständen nachgewiesen werden. Dies muß weiter kontrolliert werden, doch scheint bei einem Verzicht auf Durchforstungsmaßnahmen in den ersten drei bis vier Jahren keine Gefahr von *Stereum sanguinolentum* auf die Nachbarbestände auszugehen.

Für weitere Aussagen, auch über andere Parasiten, ist die Beobachtungsphase noch zu kurz. Es müssen langfristige Datenreihen erhoben werden, um Strategien für eine naturverträgliche Waldnutzung entwickeln zu können. Das Sturmwurfprojekt bietet hier eine Chance, die weiter genutzt werden sollte. Außerdem wäre ein Vergleich mit autochthonen Wäldern, wie sie in Osteuropa noch zur Verfügung stehen, wünschenswert.

4. Literatur

AUFSESS H. V. (1976): Über die Wirkung verschiedener Antagonisten auf das Mycelwachstum von einigen Stammfäulepilzen. *Material und Organismen*, Bd. 13, (11,3): 183-196

BANDONI, R. J.; PARSONS, J. & REDHEAD, A. (1975): Agar "baits" for the collection of aquatic fungi. *Mycologia* 67: 1020-1024

BÜCKING, E. (1981): Referat über die Verhandlungen der 5. Internationalen Konferenz über Probleme der Wurzel- und Kernfäule von Koniferen. *Mitteilungen des Vereins für Forst- und Standortskunde* 29: 79-81

BUTIN, H. (1989): *Krankheiten der Wald- und Parkbäume*. 2. Aufl., Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 216 S.

DETSCH, R., KÖLBEL, M. & SCHULZ, U. (1994): Totholz - vielseitiger Lebensraum in naturnahen Wäldern. *AFZ* 11: 586-591

DIMITRI, L. (1978): Stand der Kenntnisse über Wurzel- und Stammfäulen. Von einer internationalen Konferenz der Forstpathologen in Kassel. *Holz-Zentralblatt* Nr. 114: 1735-1737

GAMS ET AL. (1980): *CBS-Course of mycology*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, 109 pp.

GEISER, R. (1989): Spezielle Käfer-Biotope, welche für die meisten übrigen Tiergruppen weniger relevant sind und daher in der Naturschutzpraxis zumeist übergangen werden. Schriftreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 29: 268-276

HÖNIG, K. (1996): Inokulierung von Eichen- (*Quercus robur* L.) und Buchen- (*Fagus sylvatica* L.) Sämlingen im Gewächshaus und Charakterisierung von zehn Stämmen von *Paxillus involutus* (Batsch) Fr. mit den molekularbiologischen Methoden PCR (polymerase chain reaction) und RFLP (restriction fragment length poly morphisms). Dissertation Universität Tübingen.

JEFFRIES & YOUNG (1994): Interfungal parasitic relationships, CAB International, University Press, Cambridge, 296 S.

KOCH, J. & THONGJIEM, N. (1989): Wound and rot damage in Norway spruce following mechanical thinning. *Opera Bot.* 100: 153-162

LAINÉ, L. & NUORTEVA, M. (1970): Über die antagonistische Einwirkung der insektenpathogenen Pilze *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. und *B. tenella* (Delacr.) Siem. auf den Wurzelschwamm (*Fomes annosus* (Fr.) Cooke). *Acta Forestalia Fennica* 111: 1-15

NEPOMUCENO (1994): Studium zur Biologie von *Armillaria*-Arten auf den Sturmwurfflächen. Diplomarbeit Tübingen

PECHMANN, H. V.; AUFSESS, H. V.; LIESE, W. & AMMER, U. (1967): Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. *Forstwiss. Centralbl. Beih. Nr. 27*: 1-112

PECHMANN, H. V.; AUFSESS, H. V. & REHFUESS (1973): Ursachen und Ausmaß von Stammfäulen in Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten. *Forstw. Cbl.* 92: 68-89

PFEFFER, C. (1993): Zum Verhalten von *Stereum sanguinolentum* (Alb & Schw.: Fr.) Fr. Diplomarbeit Tübingen (Zukünftige Publikationen werden unter C. Görke veröffentlicht.)

PFEFFER, K.-H. (1996): Aktuelle geowissenschaftliche Forschungen auf Sturmwurfflächen in Baden-Württemberg. *Tübinger Geographische Studien Heft 116*: 201-220

ROLL-HANSEN, F. & ROLL-HANSEN, H. (1980): Microorganisms which invade *Picea abies* in seasonal stem wounds. I. General aspects. Hymenomycetes. Eur. J. For. Path. 10: 321-339

RUNGE, A. (1978): Pilzsukzession auf Kiefernstümpfen. Z. für Mykologie 44 (2): 295-301

RYPÁČEK, V. (1966): Biologie holzerstörender Pilze. VEB Gustav Fischer Verlag Jena

SCHÖNENBERGER, W., KUHN, N. & LÄSSIG, R. (1995): Forschungsziele und -projekte auf Windwurfflächen in der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 146 (11): 859-862

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (1990): Umweltdaten 89/90

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (HRSG.) (1992): Umweltdaten 91/92

Prof. Dr. Franz Oberwinkler
Dr. Angelika Honold
Dipl. Biol. Claudia Görke

Lehrstuhl für Spezielle Botanik/Mykologie
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle
72076 Tübingen