

Rotstreifigkeit im Fichtenholz – ein Pilzschaden und seine Ursachen

GUNNAR KLEIST

KLEIST, G. (2001) – Red streak in spruce wood – a fungal damage and its causes. *Z. Mykol.* 67(2): 213–224

Key words: *Stereum sanguinolentum*, red streak, wood discolouration, wood decay

Summary: Red streak in felled spruce wood is one of the most common and important fungal damages occurring during storage. The purpose of this study is to characterise the fungal attack producing discolouration. The occurrence, the structural features and the ecological background of the red streak causing fungi are determined. Red streak can be described as brownish red and sometimes reddish to yellow streaky discolourations that pass through the conifer wood in the longitudinal and radial direction. The main causal agent is the white-rot fungus, *Stereum sanguinolentum*, whose mycelium reaches its greatest density in the medullary rays. Its ecological niche is apparently restricted to the rapid use of the primary storage compounds in living parenchyma cells of the rays. This colonisation strategy provides an explanation for the characteristic radial alignment of red streak on the transverse surfaces of the timber.

Zusammenfassung: Rotstreifigkeit an gefälltem Fichtenholz ist einer der verbreitetsten und häufigsten Lager Schäden. Das Ziel dieses Aufsatzes ist, den die Verfärbung auslösenden Pilzbefall zu charakterisieren. Sein Vorkommen, seine strukturellen Kennzeichen sowie das ökologische Umfeld der Rotstreifigkeit werden dargestellt. Im allgemeinen versteht man unter Rotstreifigkeit rotbraune, teilweise auch rötliche bis gelbe Verfärbungen an Nadelholz, die sich von der Mantelfläche und den Stammenden in das Holz hineinziehen. Verursacher ist vor allem der Blutende Schichtpilz, *Stereum sanguinolentum*, dessen Myzel in den Holzstrahlen seine größte Dichte erreicht. Dieses Besiedlungsmuster liefert die Erklärung für die charakteristische radiale Ausrichtung der Rotstreifigkeit auf dem Querschnitt.

Einleitung

Bei naturkundlichen Exkursionen stellen im Wald lagernde Holzpolter immer wieder mykologische Fundgruben dar. Insbesondere bei längerer und vor allem unsachgemäßer Lagerung von Fichtenrundholz entwickelt sich eine reiche Flora und Fauna, deren Wirken im Holz zu einer erheblichen Wertminderung der Stammware führen kann. Neben Insektenfraß nehmen Schäden, die mit der Besiedelung des Holzes durch Pilze entstehen, einen breiten Raum ein. Die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes ist einer der häufigsten und wirtschaftlich bedeutendsten Schäden, die von Pilzen verursacht werden.

Anschrift des Autors: Dr. Gunnar Kleist, Department of Biological Science, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London SW7 2AZ, U.K.

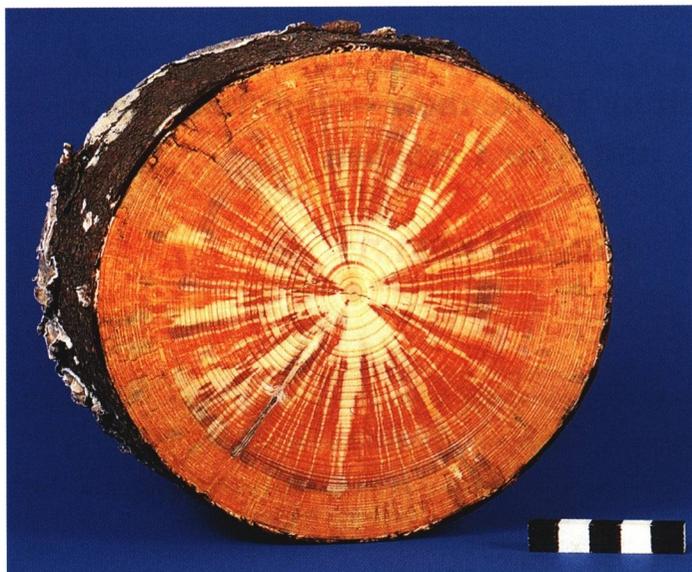


Abb. 1:
Rotstreifigkeit in waldgelagertem Fichtenholz (*Picea abies*).

In diesem Aufsatz soll das Schadbild vornehmlich aus mykologischer Sicht beschrieben werden, wobei neben dem Besiedelungs- und Abbaugeschehen im Holz auch ökologische Aspekte des Pilzbefalls angesprochen werden sollen.

Das makroskopische Erscheinungsbild der Rotstreifigkeit

Bei dem in der forst- bzw. holzwirtschaftlichen Praxis als Rotstreifigkeit beschriebenen Schaden handelt es sich makroskopisch um rotbraune, bisweilen auch rötliche bis gelbe Verfärbungen an Nadelholz, insbesondere Fichte, die sich von der Mantelfläche und den Stammenden in das Holz hineinziehen. Diese Verfärbungen beruhen auf oxidativen Vorgängen und geben sich beim Anschneiden durch Streifen zu erkennen (BUTIN 1989). Genauer beschreiben diese Verfärbungen AMMER (1963), ZYCHA & KNOPF (1963) sowie PECHMANN et al. (1967), indem sie die meist keilförmige Form der Verfärbungsflächen auf dem Querschnitt hervorheben, deren Enden radial spitz oder stumpf auslaufen (Abb. 1). In axialen Schnitten zeigt sich die Verfärbung des Stammholzes in rötlichen, häufig blind endenden Streifen und Bändern. Ein genaueres Studium von Stammscheiben lässt ein weiteres Merkmal erkennen: Die streifige und flammige Verfärbung ist typisch für entrindetes Stammholz, der mehr flächige Verfärbungstyp ist dagegen kennzeichnend für solches in Rinde (PECHMANN et al. 1967). Ähnliches beobachteten KREMPL & HUDECZEK (1966), die darauf aufmerksam machten, dass die Verfärbung im Anfangsstadium nur wenig in den Splint eindringt, jedoch einen großen Teil des Umfanges einnimmt. In entrindeten Stämmen dagegen zeigt sich eine keilförmige Verfärbung. Mit Zunahme der Verfärbung fließen die Einzelflächen zusammen und führen in beiden Fällen zu meist kreisringförmig verfärbten Zonen. Innerhalb des Blockes keilen die streifenförmigen Zonen gelegentlich axial aus, so dass die Form der Verteilung nicht einheitlich ist. Darüber hinaus geht nach PECHMANN et al. (1967) die Verfärbung an der Kern/Splintgrenze bzw. im Kern oft ins Violette über.

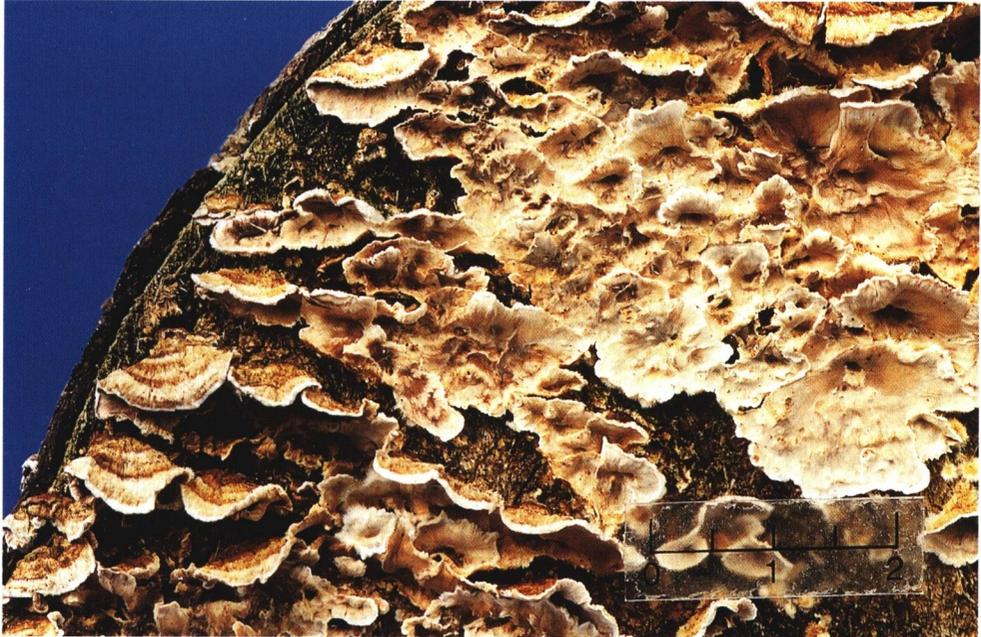


Abb. 2: *Stereum sanguinolentum*. Fruchtkörper auf *Picea abies*.

Das Erscheinungsbild der Rotstreifigkeit besteht zunächst lediglich aus den beschriebenen Verfärbungen. Strukturelle qualitätsmindernde Veränderungen sind damit im Anfangsstadium noch nicht notwendig verbunden. Erst bei längerer Fortdauer der die Verfärbung fördernden Umstände zeigen sich auch Veränderungen im Holz, wie sie bei einer Weißfäule auftreten (CARTWRIGHT & FINDLAY 1946). Der Übergang rotstreifigen Lagerholzes in den Fäulezustand ist nicht zu vermeiden, wenn frühzeitige Schutzmaßnahmen unterbleiben. Rotstreifigkeit signalisiert also eine starke Gefährdung der Holzqualität. Dies führt dazu, dass rotstreifig verfärbtes Holz einer verminderten Güteklasse zugeordnet wird.

Verursachende Pilzflora

Die mikroskopische Analyse rotstreifigen Holzes zeigt, dass die Verfärbung stets mit Pilzbefall einhergeht (KLEIST & SEEHANN 1997). Von den beteiligten Pilzarten werden Farbstoffe abgegeben, die bei der Verteilung im Holzgewebe das bereits beschriebene typische Bild erzeugen. Rotstreifigkeit ist also eine Sammelbezeichnung für die rötlichen Verfärbungen, die besondere Pilzarten isoliert oder in Gemeinschaft mit anderen verursachen.

Nach heutiger Kenntnis gehören alle Rotstreifigkeit auslösenden Pilze der Familie der *Corticaceae* s. lat. (*Stereaceae* PILÁT 1930) an, wie im folgenden dargelegt wird. Bei Untersuchungen von PECHMANN et al. (1967) stellten die beiden Schichtpilze *Stereum sanguinolentum* (Alb. et Schw. : Fr.) Fr. und *Amylostereum areolatum* (Chaill. : Fr.) Boid. knapp 80 % aller aus rotstreifigem Fichtenstammholz isolierten Basidiomyceten-Myzelien. Auch *Amylostereum chailletii* (Pers. : Fr.) Boid. spielt, auf einzelne Gebirgsstandorte beschränkt, eine wichtige lokale Rolle.

Nach PECHMANN et al. (1967) können alle drei Arten unabhängig voneinander eine Rotstreifigkeit auslösen.

Dagegen sollten die von MOMBÄCHER (1988) zitierten Arten *Cylindrobasidium evolvens* (Fr.) Jül., *Marasmius androsaceus* (L. : Fr.) Fr., *Mycena* spp. und der von BUTIN (1989) erwähnte Porling *Trichaptum abietinum* (Fr.) Ryv. nicht als Verursacher von Rotstreifigkeit bezeichnet werden. Zwar beschreiben PECHMANN et al. (1967) im Zusammenhang mit Befall durch diese Arten auch Verfärbungsphänomene, die aber im Farbcharakter sowie in der Intensität und flächenhaften Ausbildung nicht dem im ersten Kapitel beschriebenen Erscheinungsbild entsprechen.

Die Anwesenheit von *S. sanguinolentum*, *A. areolatum* und *A. chailletii* führt im Holz zu kräftigen braunroten Farbtönen. *A. chailletii* tritt hierbei als intensivster Holzverfärbler auf. Bei *S. sanguinolentum* ist der Befall gelegentlich durch zitronengelbe Streifen und Flecken gekennzeichnet. Dieser Pilz gilt als auffälligster Vertreter von Rotstreifigkeit bei Fichte (Abb. 2). Seine Verfärbungsmuster haben unser Bild von Rotstreifigkeit besonders markant geprägt (ZYCHA & KNOPF 1963). Nach BJÖRKMAN (1962) ist *S. sanguinolentum* der bei weitem häufigste Pilz auf lagern-dem Fichten- und Kiefernholz. Auch KÄÄRIK (1968) bezeichnet diese Pilzart als sehr häufig vorkommend. Auf Kiefernstubben gehört *S. sanguinolentum* nach MEREDITH (1960) zu den Erstbesiedlern, während *T. abietinum* sich erst wesentlich später bemerkbar macht.

Das mikroskopische Erscheinungsbild der Rotstreifigkeit

Eine mikroskopische Betrachtung saftfrischen Fichtenholzes zeigt eine übersichtliche Struktur. Das Grundgewebe besteht aus Tracheiden, wobei sich die Spätholztracheiden durch dickere Zellwände und kleinere radiale Durchmesser deutlich von den weitlumigeren Frühholztracheiden unterscheiden. Die Radialwände der Frühholztracheiden sind mit Hoftüpfeln besetzt, die in der Regel in einer Reihe angeordnet sind. Die Holzstrahlen sind einreihig und heterozellulär. Nur in den harzgangführenden Strahlen ist der Mittelteil mehrreihig. Die Parenchymzellen sind reich getüpfelt.

Die natürliche Struktur des Xylems bietet für die Ausbreitung des Pilzgeflechtes Vorzugsrichtungen für ein nahezu ungehindertes Wachstum. Hierzu zählen vor allem die weitlumigen Frühholztracheiden, die es dem Pilz ermöglichen, sich in Wuchsrichtung des Stammes rasch auszubreiten. Aber auch die radial ausgerichteten Holzstrahlen sind für die wirkungsvolle Inbesitznahme des Holzgewebes von gleichrangiger Bedeutung. Durch die Parenchymzellen der Holzstrahlen erhält der Pilz einfachen Zugang von außen nach innen und gelangt leicht an die lebensnotwendigen Nährstoffe, die den Energiebedarf bei seiner raschen Ausbreitung decken.

Das durch *S. sanguinolentum* verursachte Besiedlungs- und Abbaumuster im Gewebe ist in Abb. 3 dargestellt. Sie zeigt einen Ausschnitt des Xylems nach mehrmonatiger Inokulation im Laborversuch (KLEIST & SEEHANN 1997). Aus hunderten von einzelnen Mikroschnitten wurde auf der Grundlage der räumlichen Holzdarstellung von MÄGDEFRAU (1951) ein repräsentatives Befallsbild entwickelt, dessen Einzelheiten im folgenden erläutert werden.

Die Ausbreitung der Pilzhyphen erfolgt bevorzugt axial über die Lumina der Frühholztracheiden und radial entlang des Holzstrahlparenchyms. Auf der Radialfläche sind die dickwandigen Skeletthyphen in den Frühholztracheiden deutlich zu erkennen (Abb. 4). Im Holz erreichen diese Skeletthyphen Dicken von 3–4 µm. Entgegen den Angaben von JAHN (1971) bildete *S. sanguinolentum* im Holzgewebe zahlreiche multiple Schnallen aus. Die Hyphen durchwachsen

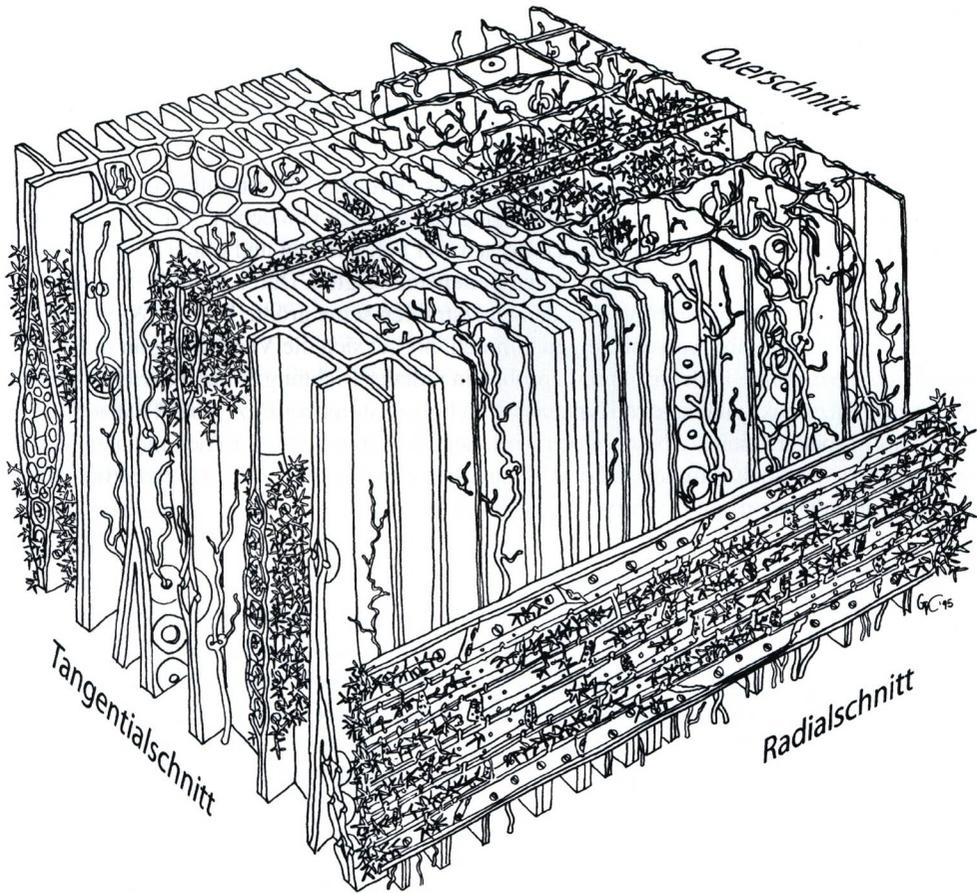


Abb. 3: Räumliche Darstellung des Befallsbildes für *S. sanguinolentum* im Fichtensplintholz (aus KLEIST & SEEHANN 1997).

Hoftüpfel oder durchdringen Zellwände und gelangen so in Nachbarzellen, ohne dass eine erkennbare Bevorzugung der Hoftüpfel beim Übergang von einer Zelle zur nächsten beobachtet werden konnte. Während die Tüpfel so weit abgebaut werden, dass bei fortgeschrittenem Befall lediglich große, kreisrunde Öffnungen übrigbleiben, sind die Spuren von Durchdringungen in den tüpfelarmen Tangentialwänden nur schwach erkennbar. Nur feine Stichkanäle zwischen den Zellen belegen, dass der Pilz in der Lage ist, sich auch auf diesem Wege auszubreiten. Diese Perforationen sind selbst in stark abgebautem Holzgewebe noch so fein und spärlich, dass sie oftmals nur nach längerem Suchen entdeckt werden können.

Eine interessante Beobachtung ließ sich an den Harzkanälen des Fichtenholzes machen. Diese blieben selbst nach mehrmonatiger Waldlagerung des Holzes weitgehend unbesiedelt. Im lebenden Gewebe stellen die Epithelzellen der Harzkanäle Synthesorte fungizider Stoffe dar. Harzsäuren und bicyclische Monoterpene werden *in situ* synthetisiert, wobei sich α - und β -Pinen sowie Δ^3 -

Caren in Laborversuchen bei bestimmten Konzentrationen als toxisch gegenüber *S. sanguinolentum* erwiesen haben (HINTIKKA 1982). Wurde frisches Fichtensplintholz vor dem Beimpfen im Autoklaven bei 110 °C sterilisiert, gingen diese leichtflüchtigen Terpene zum größten Teil verloren. Am Ende des anschließenden Pilzversuchs erwiesen sich die Harzkanäle als komplett besiedelt (KLEIST 1995).

Ein besonderes Bild boten die der Länge nach aufgeschnittenen Holzstrahlen. In deren Parenchymzellen wuchsen Hyphen, die sich morphologisch deutlich von denen im Leitungsgewebe unterschieden. Die Hyphen wiesen lediglich Breiten von 1–1,5 µm auf und waren reich verzweigt, wobei die Hyphenspitzen dornenartig zu den Seiten abzweigten. Durch diese besondere Ausprägung erreichte das Substratmyzel in den Holzstrahlen seine größte Dichte. Wie KLEIST & SEEHANN (1997) im Laborversuch zeigen konnten, breitet sich die Verfärbung an mit *S. sanguinolentum* beimpften Fichtensplintholzproben in radialer Richtung entlang der Holzstrahlen aus. Da die Enzymaktivität an den Hyphenspitzen holzerstörender Pilze von AMMER & LIESE (1965) als besonders intensiv beschrieben wird, liegt der Grund des typischen radialen Verfärbungsmusters der Rotstreifigkeit auf den Stammquerschnitten (vgl. Abb. 1) vermutlich an der hohen Hyphendichte in den Holzstrahlen (vgl. Abb. 3).

Rotstreifigkeit – nur ein Lagerschaden ?

Rotstreifigkeit wird überwiegend als typischer Lagerschaden von sommergefälltem Nadelstammholz beschrieben (PECHMANN et al. 1967). Die in diesem Zusammenhang in ihrer Bedeutung bereits hervorgehobenen Schichtpilz-Arten sind darüber hinaus aber auch die wichtigsten Wundfäule-Erreger der Nadelbäume, wobei *S. sanguinolentum* als Kosmopolit durchweg als der bedeutenste Pilz hervorgehoben wird (PECHMANN & AUFSSESS 1971, SCHÖNHAR 1975, ROLL-HANSEN & ROLL-HANSEN 1980, ALI EL ATTA & HAYES 1987, VASILIAUSKAS & STENLID 1998).

ETHERIDGE (1956) hielt *S. sanguinolentum* und *Fomitopsis pinicola* (Fr.) Karst. für die Hauptzerstörer an Nadelbäumen der nördlichen Hemisphäre. Diese Schlussfolgerung beruhte auf damals besonders umfangreichen Pilzschäden in Fichten- und Tannenbeständen Nordamerikas.

In den kanadischen Balsamtannen-Vorkommen gehören *S. sanguinolentum* und *A. areolatum* zu den Hauptverursachern von Schäden an lebenden Bäumen (BASHAM et al. 1953, PARKER & JOHNSON 1960, DAVIDSON & ETHERIDGE 1963). Auch *A. chailletii* wurde vereinzelt als Erreger von Wundfäulen in Balsamtannen nachgewiesen (ETHERIDGE & MORIN 1963).

Das pilzbefallene Holz wies eine rötlichbraune, teilweise gelbliche Farbtonung auf (DAVIDSON & NEWELL 1953). AUFSSESS (1978) berichtet von diffusen rötlichbraunen Verfärbungen in der Nähe von Stammverletzungen der heimischen Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.), die bei älteren Bäumen Ausmaße von über zehn Metern Länge erreichen können. Dabei tritt im offenbar bereits angetrockneten, verletzungsnahen Holzgewebe eine typische Rotstreifigkeit auf. Der streifige Charakter ähnelt der vornehmlich in lagerndem Fichtenholz hervorgerufenen Verfärbung (PECHMANN & AUFSSESS 1971).

Von einigen absterbenden Fichten war das Holz zum Zeitpunkt der Fällung zwar noch unverfärbt, kurze Zeit darauf hatte sich jedoch eine vermutlich durch *A. areolatum* ausgelöste Rotstreife entwickelt (SIEPMANN 1971). Auch PECHMANN et al. (1967) stellten in unverfärbtem, scheinbar pilzfreiem Holz häufig Rotstreifepilze fest.

Alle diese Beobachtungen legen nahe, die Rotstreifigkeit in einem erweiterten Zusammenhang zu betrachten. Die verursachenden Pilze finden im Ökosystem Wald überall dort ihren Lebensraum, wo sich Eintrittspforten in das Holzgewebe bieten, ob diese nun von Tieren (z.B. Schälschäden durch Wild) oder durch mechanische Beeinträchtigungen (z.B. Rückeschäden bei der Holzernte) verursacht werden. Der Aufschnitt eines Baumstammes stellt insofern die extreme Präsentation von Lebensraum und Nahrungsquelle der hier untersuchten Pilze dar.

Befallsszenarien in Fichtenholz

RAYNER & BODDY (1988) haben den Begriff der „ruderal strategies“ geprägt, der, analog zum Besiedlungsverhalten höherer Pflanzen auf Ruderalstandorten, die Lebensweise einiger Holzzerstörer beschreibt. Dieser Ansatz soll nun auf im Freien lagerndes Nadelholz übertragen werden. Dazu wurden die Ergebnisse der Untersuchungen von PECHMANN et al. (1967), KÄÄRIK (1975) und HALLAKSELA (1993) ausgewertet. Hiernach beginnt die unmittelbare Besiedelung mikrobieller Eintrittspforten in das Holzgewebe mit Hefen, Bakterien und Bläuepilzen, wobei natürlich davon ausgegangen werden muss, dass das gesamte Pilzbesiedlungspotential in Form von Sporen

auf den Holzoberflächen bereits vorhanden ist. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass auch innerhalb des frischen, unverletzten pflanzlichen Gewebes sogenannte endophytische Pilze in Form von Myzelien oder Sporen bereits jahrelang symptomlos existieren können. Durch eine Stammverletzung oder durch das Fällen der Bäume können diese aktiviert werden. Dies kann schon allein durch die Veränderung des Mikroklimas innerhalb des Verwundungs- bzw. Schnittbereiches ausgelöst werden. Sie beginnen dann das Holzgewebe zu besiedeln (CHAPELA & BODDY 1988, HALMSCHLAGER et al. 1993).

Im frühen Stadium sind auch schon Basidiomyceten wie der Blutende Schichtpilz (*S. sanguinolentum*) vorhanden. Es ist auffällig, dass diese Art zunächst ohne große Konkurrenz das Nährstoffangebot des Splintholzes nutzt. Ihre ökologische Nische besteht offenbar in der schnellen Nutzung des Inhaltes parenchymatischer Zellen durch Assimilierung der leicht verwertbaren Stoffe. Die intensive Oberflächenvergrößerung des Myzels in den Holzstrahlen, in Abb. 3 schematisch dargestellt, weist auf ein reiches Nahrungsangebot im umgebenden Zellmedium hin.



Abb. 4: Radialschnitt von Fichtensplintholz mit Infektion durch *S. sanguinolentum*. Skeletthyphye mit Doppelschnalle (Pfeil) in einer Tracheide, Anfärbung mit Lugolscher Lösung. Balken = 20 µm.

VON PECHMANN et al. (1967) fanden erste Spuren von Rotstreifigkeit bereits vier bis sechs Wochen nach Infektion mit *S. sanguinolentum*. Die umfangreichen Artenlisten, die die Autoren aus Abimpfungsversuchen infizierten Fichtenholzes innerhalb einer einjährigen Stammholzlagerung erstellten, zeugen bereits von einer großen Artenvielfalt im Holzgewebe (Tab. 1), wobei alleine der Bläuepilz *Ophiostoma piceae* (Münch) H. & P. Sydow und die beiden Rotstreifepilze *A. areolatum* und *S. sanguinolentum* zusammen knapp 60 % aller Abimpfungen bilden.

Die ersten Fruchtkörper holzbesiedelnder Basidiomyceten treten aber erst nach frühestens ein bis zwei Jahren auf und charakterisieren durch ihr Erscheinen die sog. Initialphase des Pilzbefalls (nach KREISEL). Für diese Phase geben KÄÄRIK & RENNERFELT (1957) sowie JAHN (1962) in Bezug auf Fichtenstubben lediglich *S. sanguinolentum*, *T. abietinum*, *Phlebiopsis gigantea* (Fr.) Jül. und *Sistotrema brinkmannii* (Bres.) Erikss. als Kennarten an.

Die Untersuchungsergebnisse über das Auftreten von Fruchtkörpern einerseits und die Abimpfungen aus infiziertem Holz andererseits machen deutlich, dass weit mehr Pilze das Holz besiedeln, als an der Fruchtkörperbildung erkennbar ist.

Vergesellschaftung mit Insekten

In aller Regel tritt Rotstreifigkeit zumindest in fortgeschrittenem Stadium zusammen mit einem Insektenbefall auf, und zwar mit Holzwespen aus der Familie der *Siricidae*.

Als Folge der Einschleppung von *Sirex noctilio* F. aus Europa nach Neuseeland Anfang des letzten Jahrhunderts kam es in den späten Vierzigerjahren zu enormen Schäden an Monterey-Kiefer (*Pinus radiata* D. Don). Es traten rotbraune Holzverfärbungen und Fäulnis angrenzend an die Larvengangwandungen auf. Genauere Untersuchungen brachten eine Symbiose zwischen den Holzwespen und dem im Zusammenhang mit Rotstreifigkeit schon mehrfach erwähnten *A. areolatum* ans Licht. Die Schäden gingen als *Sirex*-*Amylostereum*-Epidemie in die Literatur ein (TALBOT 1977).

Die Holzwespen legen ihre Eier in nahezu saftfrisches Holz von Wundstellen lebender Bäume oder von frisch gefällten Stämmen. In jeden Stichkanal werden meist mehrere Eier gelegt. Pro Weibchen können dies einige Hundert in zahlreich wiederholten Einstichen sein. Die Legebohrer dieser Holzwespen sind an der Basis mit paarigen Intersegmentaltaschen versehen, in denen Pilzsporen befördert werden. Die in diesen sog. Mycetangien der Wespe vorhandenen Arthrosporen können so auf das Holz übertragen werden. THOMSEN & KOCH (1999) konnten in Dänemark durch Unterscheidung sog. vegetativer Kompatibilitätsgruppen (VCG) unter Freilandisolaten von *A. areolatum* und *A. chailletii* zeigen, dass einzelne VCG's durch Holzwespen über Distanzen von mehr als 100 km verbreitet wurden.

Der Schichtpilz wächst in das später von der Holzwespenlarve aufgenommene Holz, wobei sowohl Pilz als auch Holz den Larven als Nahrung dienen (FRANCKE-GROSMANN 1939, JACOBS & RENNER 1989, BRAUNS 1991). Am Beispiel von *Sirex cyaneus* konnte nachgewiesen werden, dass die Enzyme, die die Insektenlarve speziell zur Holzverwertung benötigt (Lignin- und Celluloseabbau), aus den Pilzzellen stammen. Durch die Aufnahme von Pilzmyzel gelangen die Larven darüber hinaus an Steroide, die als Häutungs- und Verpuppungshormone für die Entwicklung des Insekts bedeutsam sind (JAKUBKE & JESCHKEIT 1987).

Tab. 1: Pilzartenliste in alphabetischer Reihenfolge. Ergebnisse der Abimpfungen aus verschiedenartig verfärbtem Fichtenstammholz während einjähriger Waldlagerung (neu zusammengestellt und verändert aus PECHMANN et al. 1967).

Basidiomyceten	Ascomyceten und Deuteromyceten
<i>Amylostereum areolatum</i>	<i>Alternaria</i> spp.
<i>Amylostereum chailletii</i>	<i>Aureobasidium pullulans</i>
<i>Armillaria mellea</i>	<i>Ceratocystis coerulescens</i>
<i>Bjerkandera adusta</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>
<i>Coniophora puteana</i>	<i>Cladosporium</i> spp.
<i>Coriolus versicolor</i>	<i>Epicoccum nigrum</i>
<i>Corticium evolvens</i>	<i>Hypoxylon</i> spp.
<i>Gloeophyllum sepiarium</i>	<i>Leptographium</i> spp.
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Ophiostoma piceae</i>
<i>Heterobasidion annosum</i>	<i>Paecilomyces farinosus</i>
<i>Hypholoma fasciculare</i>	<i>Penicillium</i> spp.
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	<i>Pestalotia truncata</i>
<i>Marasmius androsaceus</i>	<i>Phialophora</i> spp.
<i>Mycena</i> spp.	<i>Rhizopus</i> spp.
<i>Peniophora gigantea</i>	<i>Scopularia lundbergii</i>
<i>Polyporus marginatus</i>	<i>Scopularia penicillata</i>
<i>Polyporus volvatus</i>	<i>Scopularia</i> spp.
<i>Schizophyllum commune</i>	<i>Trichoderma viride</i>
<i>Serpula himantioides</i>	
<i>Stereum sanguinolentum</i>	
<i>Trichaptum abietinum</i>	

Nach heutiger Kenntnis leben sämtliche Holzwespen mit Ausnahme der Arten der Gattung *Xeris* in Symbiose mit holzerstörenden Hymenomyceten. So sind z.B. *Paururus juvenicus* L., *Urocerus gigas* L. und in N-Amerika *Sirex cyaneus* F. mit *A. areolatum* vergesellschaftet, *U. gigas* zudem mit *S. sanguinolentum* (FRANCKE-GROSMANN & ROSSEL 1963). Nach STILLWELL (1966) haben die Larven von *S. cyaneus* ohne *A. areolatum* keine Überlebenschance, jedoch ist der Pilz für sein Gedeihen nicht auf Holzwespen angewiesen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit tragen auch die einheimischen Borkenkäfer (*Scolytidae*) zur Verbreitung von Rotstreifepilzen bei. SOLHEIM (1992) stellte *S. sanguinolentum* in Verbindung mit Buchdrucker-Befall (*Ips typographus* L.) an Fichten fest. Holzwespen als potentielle Überträger konnten in diesem Fall ausgeschlossen werden. Als Ambrosia-Käfer lebt *I. typographus* in Symbiose mit anderen, weitgehend art- bzw. gattungsspezifischen Pilzen (z. B. *Trichosporum* spp.), doch können Sporen von Rotstreife-Erregern auch zufällig durch sie verschleppt werden.

Das Zusammenwirken von Holzwespen und Rotstreifepilzen verdeutlicht exemplarisch, welcher weiträumigen Vernetzung die Wachstums- und Zerfallsprozesse von Bäumen und Wäldern unterliegen.

Bedingungen zur Rotstreife-Entstehung

Aufgrund der Lebensbedingungen der Rotstreife-Pilze kann getrocknetes Holz nicht befallen werden. Auch eine vollständige Sättigung des Holzes mit Wasser verhindert den Befall, da die Pilze ihren Sauerstoffbedarf dann nicht befriedigen können. Rotstreife-Pilze vermögen sich also erst dann anzusiedeln, wenn die äußeren Schichten des Splintholzes bereits Wasser abgegeben haben. Nach AMMER (1963) liegen die größten Abbauwerte für *S. sanguinolentum* zwischen 50 % und 120 % Holzfeuchtigkeit, bezogen auf den darrockenen Zustand. Der Pilzbefall und die damit verbundene Rotstreifigkeit spielt sich demzufolge in einem halbfeuchten Milieu ab. Unterschreitet die Holzfeuchtigkeit bei Fichte den Fasersättigungsbereich von ca. 30 %, so kommt das Pilzwachstum allmählich zum Stillstand. Dies führt jedoch nicht zwangsläufig zum Absterben des Myzels. Der Pilz ist zwischen 7 % und 28 % Holzfeuchtigkeit – vermutlich durch seine Fähigkeit zur Arthrosporenbildung – zur sog. Trockenstarre befähigt, die, in Abhängigkeit von den Temperaturbedingungen zeitlich begrenzt ist (AMMER 1963). Für die Holzlagerung ergibt sich daraus, dass die Rotstreifepilze auch in sachgerecht lufttrockenem Holz erneut aktiv werden können, falls dieses wieder befeuchtet wird.

Danksagung

Herrn Dr. Günther Seehann, Reinbek, und meinem Vater Gunter Kleist, Hamburg, gilt mein Dank für wertvolle Diskussionen. Für die photographische Dokumentation der Stammscheibe danke ich Christina Waitkus, Abt. Photographie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg.

Literaturverzeichnis

- ALI EL ATTA, H. & A.J. HAYES (1987) - Decay in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum* Alb. & Schw. ex Fr. developing from extraction wounds. *Forestry* **60**(1): 101-111.
- AMMER, U. (1963) - Untersuchungen über das Wachstum von Rotstreifepilzen in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. *Forstwiss. Cbl.* **82**(11/12): 360-391.
- AMMER, U. & W. LIESE (1965) - Untersuchungen über das Abbauvermögen holzzerstörender Pilze. In *Int. Symp. Berlin-Dahlem. Beiheft 1 zu Mater. u. Org.*, 291-299.
- AUFSESS, H. VON (1978) - Beobachtungen über die Auswirkung moderner Durchforstungsverfahren auf die Entstehung von Wundfäulen in jungen Fichtenbeständen. *Forstwiss. Cbl.* **97**: 141-156.
- BASHAM, J.T., P.V. MOOK & A.G. DAVIDSON (1953) - New information concerning balsam fir decays in eastern North America. *Canad. J. Bot.* **31**: 334-360.
- BJÖRKMAN, E. (1962) - Betydelsen av uppskjuten hand - och maskinbarkning av massaved för utbildning av lagringsröta och blånad [Die Bedeutung einer verspäteten Entrindung von Faserholz für die Entwicklung von Lagerfäulnis und Bläue]. - In BJÖRKMAN, E. & B. ARVIDSSON: *Virkesvården och dess betydelse vid lagring och landtransport av massaved*. Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift, Nr 2.
- BRAUNS, A. (1991) - Taschenbuch der Waldinsekten. 4 ed. - Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 860 S.
- BUTIN, H. (1989) - Krankheiten der Wald- und Parkbäume. 2 ed. - Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 216 S.
- CARTWRIGHT, K.St.G. & W.P.K. FINDLAY (1946) - Decay of timber and its prevention. 1 ed. - H. M. Stat. Office, London, 294 S.
- CHAPELA, I.H. & L. BODDY (1988) - Fungal colonization of attached beech branches. II. Spatial and temporal organization of communities arising from latent invaders in bark and functional sapwood, under different moisture regimes. *New Phytol.* **110**(1): 47-57.
- DAVIDSON, A.G. & D.E. ETHERIDGE (1963) - Infection of balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Mill., by *Stereum sanguinolentum* (Alb. and Schw. ex Fr.) Fr. *Canad. J. Bot.* **41**: 759-765.

- DAVIDSON, A.G. & W.R. NEWELL (1953) - Pathological deterioration in wind-thrown balsam fir in Newfoundland. *Forestry Chronicle* **29** (2): 100-107.
- ETHERIDGE, D.E. (1956) - Decay in subalpine spruce on the Rocky Mountain forest reserve in Alberta. *Canad. J. Bot.* **34**: 805-816.
- ETHERIDGE, D.E. & L.A. MORIN (1963) - Colonization by decay fungi of living and dead stems of balsam fir following artificial injury. *Canad. J. Bot.* **41**: 1532-1534.
- FRANCKE-GROSMANN, H. (1939) - Über das Zusammenleben von Holzwespen (*Siricidae*) mit Pilzen. *Z. angew. Entomol.* **25**: 647-680.
- FRANCKE-GROSMANN, H. & D. ROSSEL (1963) - Untersuchungen über Eigenschaften des symbiontischen Pilzes der Holzwespe *Sirex juvencus* L. und des von ihm befallenen Holzes. *Mitteilungen DGfH Nr.50*.
- HALLAKSELA, A.-M. (1993) - Early interactions of *Heterobasidion annosum* and *Stereum sanguinolentum* with non-decay fungi and bacteria following inoculation into stems of *Picea abies*. *Eur. J. For. Pathol.* **23**: 416-430.
- HALMSCHLAGER, E., H. BUTIN & E. DONAUBAUER (1993) - Endophytische Pilze in Blättern und Zweigen von *Quercus petraea*. *Eur. J. For. Pathol.* **23**: 51-63.
- HINTIKKA, V. (1982) - The colonisation of litter and wood by Basidiomycetes in Finnish forests. - In FRANKLAND, J.C., J.N. HEDGER & M.J. SWIFT (eds.): *Decomposer basidiomycetes: their biology and ecology*, pp. 227 - 239. Cambridge.
- JAKUBKE, H.-D. & H. JESCHKEIT (1987) - Chemie. 5 ed. - VEB Brockhaus Verlag, Leipzig, 1251 S.
- JACOBS, W. & M. RENNER (1989) - Biologie und Ökologie der Insekten. 2 ed. - VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 690 S.
- JAHN, H. (1962) - Pilzbewuchs an Fichtenstümpfen (*Picea*) in westfälischen Gebirgen. *Westfäl. Pilzbr.* **3**(6): 110-122.
- JAHN, H. (1971) - Stereoidpilze in Europa (*Stereaceae* Pil. emend. Parm. u.a., *Hymenochaete*). *Westfäl. Pilzbr.* **8**(4-7): 69-157.
- KÄÄRIK, A. (1968) - Colonisation of pine and spruce poles by soil fungi after twelve and eighteen months. *Mater. und Org.* **3**(3): 185-198.
- KÄÄRIK, A. (1975) - Succession of microorganisms during wood decay. In LIESE, W. (ed.): *Biological transformation of wood by microorganisms*, pp. 39-51. Springer Verlag, Berlin.
- KÄÄRIK, A. & E. RENNERT (1957) - Investigations on the fungal flora of spruce and pine stumps. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* **47**(7), 88 S.
- KLEIST, G. (1995) - Rotstreifepilze – Vorkommen, Kennzeichen und biologische Charakterisierung unter besonderer Berücksichtigung von *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schw.: Fr.) Fr. Diplom-Arbeit, FB Biologie, Univ. Hamburg, 96 S.
- KLEIST, G. & G. SEEHANN (1997) - Colonization patterns and topochemical aspects of sap streak in Norway spruce caused by *Stereum sanguinolentum*. *Eur. J. For. Path.* **27**(6): 351-361.
- KREMPPL, H. & F. HUDECZEK (1966) - Rotstreif im Fichtenrundholz. *Holzforsch. Holzverwertg.* **18**: 81-92.
- MÄGDEFRAU, K. (1951) - Botanik. Carl Winter Univ.-Verlag, Heidelberg, 283 S.
- MEREDITH, D.S. (1960) - Further observations on fungi inhabiting pine stumps. *Ann. Bot.* **24**: 63-78.
- MOMBÄCHER, R. (1988) - Holz-Lexikon, unter Mitwirkung eines Autorenkollektivs. 3 ed. - DRW-Verlag, Stuttgart, S. 184.
- PARKER, A.K. & A.L.S. JOHNSON (1960) - Decay associated with logging injury to spruce and balsam fir in the Prince George Region of British Columbia. *Forestry Chronicle* **36**(1): 30-45.
- PECHMANN, H. VON & H. VON AUFSSESS (1971) - Untersuchungen über die Erreger von Stammfäulen in Fichtenbeständen. *Forstwiss. Cbl.* **90**(4): 259-284.
- PECHMANN, H. VON, H. VON AUFSSESS, W. LIESE & U. AMMER (1967) - Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. *Beih.* **27**, *Forstwiss. Cbl.*, 112 S.
- RAYNER, A.D.M. & L. BODDY (1988) - Fungal decomposition of wood. Its biology and ecology. John Wiley & Sons, Chichester, 587 S.
- ROLL-HANSEN, F. & H. ROLL-HANSEN (1980) - Microorganisms which invade *Picea abies* in seasonal stem wounds. I. General aspects. *Hymenomycetes. Eur. J. For. Pathol.* **10**: 321-339.

- SCHÖNHAR, S. (1975) - Untersuchungen über den Befall rückengeschädigter Fichten durch Wundfäulepilze. Allg. Forst- u. Jagdztg. **146**(3/4): 72-75.
- SIEPMANN, R. (1971) - Über *Odontia bicolor* (Alb. & Schw.) Quél. und *Amylostereum areolatum* (Fr.) Boidin, zwei stammfäuleerregende Basidiomyceten in lebenden Fichten (*Picea abies*). Forstwiss. Cbl. **90**: 337-340.
- SOLHEIM, H. (1992) - Fungal succession in sapwood of Norway spruce infested by the bark beetle *Ips typographus*. Eur. J. For. Pathol. **22**: 136-148.
- STILLWELL, M.A. (1966) - Woodwasps (*Siricidae*) in conifers and the associated fungus, *Stereum chailletii* in Eastern Canada. For. Sci. **12**: 121-128.
- TALBOT, P.H.B. (1977) - The *Sirex-Amylostereum-Pinus* association. Ann. Rev. Phytopathol. **15**: 41-54.
- THOMSEN, I.M. & J. KOCH (1999) - Somatic compatibility in *Amylostereum areolatum* and *chailletii* as a consequence of symbiosis with siricid woodwasps. Mycol. Res. **103**(7): 817-823.
- VASILIAUSKAS, R. & J. STENLID (1998) - Fungi inhabiting stems of *Picea abies* in a managed stand in Lithuania. For. Ecol. Manage. **109**(1-3): 119-126.
- ZYCHA, H. & H. KNOPF (1963) - Pilzinfektion und Lagerschäden an Holz. Schweiz. Z. Forstwes. **114**: 531-537.

Eingereicht am 26.1.2001



Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [67_2001](#)

Autor(en)/Author(s): Kleist Gunnar

Artikel/Article: [Rotstreifigkeit im Fichtenholz - ein Pilzschaden und seine Ursachen 213-224](#)