Zur Biologie von holzbewohnenden Pilzen

Autor(en): **Holdenrieder, Ottmar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse**

Band (Jahr): **143 (1992)**

Heft 9

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-765850

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Zur Biologie von holzbewohnenden Pilzen[1]

Von *Ottmar Holdenrieder*

FDK 161: 172: 443: 844

1. Was sind Pilze?

Pilze sind vielzellige Lebewesen, aber weder Tiere noch Pflanzen. Lange Zeit wurden sie als eine Art primitive Pflanzen aufgefasst, heute betrachtet man sie jedoch als ein eigenes «Reich» neben Tieren und Pflanzen *(L. Margulis* und *K. V. Schwartz,* 1989): Pflanzen können mit Hilfe des Sonnenlichts aus Kohlendioxyd und Wasser organische Stoffe synthetisieren; Pilze und Tiere können das nicht; sie ernähren sich durch den Abbau von organischer Substanz. Im Gegensatz zu Pilzen verschlingen Tiere allerdings ihre Nahrung und verdauen sie im Inneren des Körpers (Ingestion), Pilze dagegen scheiden ihre Verdauungsenzyme aus und zersetzen die Nahrung damit ausserhalb ihres Körpers. Die freigesetzten Nährstoffe werden dann durch die Zellwand hindurch aufgenommen (Absorption). Pilze können organische Stoffe zu sehr kleinen Molekülen abbauen, die wieder in den Nährstoffkreislauf eingehen, und sind dadurch im Ökosystem Wald von sehr grosser Bedeutung.

Nach ihrem Ernährungsverhalten kann man Pilze – wie auch andere Lebewesen – in verschiedene ökologische Gruppen einteilen: Parasiten befallen lebende Wirte und können dort Krankheiten verursachen. Dies ist allerdings nicht immer der Fall; viele parasitische Pilze gehen mit Bäumen Lebensgemeinschaften ein, die für beide Partner von Vorteil sind (mutualistische Symbiosen). Ein Beispiel dafür sind Mykorrhizapilze, ohne welche die meisten unserer Waldbäume nicht oder nur sehr schlecht leben könnten. So betrachtet, kann Holz ohne Pilze eigentlich gar nicht produziert werden. Saprophyten ernähren sich dagegen ausschliesslich von toter organischer Substanz.

Holzbewohnende Pilze können lebendes Holz abtöten (zum Beispiel Wundfäuleerreger) oder sich auf totes Holz beschränken (zum Beispiel Kernfäuleerreger). Reine Holzbewohner greifen das Holz nicht oder nur unwesentlich an, verursachen aber häufig Verfärbungen von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung (zum Beispiel Bläuepilze).

[1] Bearbeitete Fassung eines Referats, gehalten am 16. Dezember 1991 im Rahmen der Kolloquien an der Abteilung für Forstwirtschaft der ETH Zürich.

Fäuleerreger dagegen zersetzen das Holz mehr oder weniger vollständig. Daneben gibt es noch gallenbildende Pilze, die den Baum zu krebsartigen Wucherungen veranlassen. Für Holzverwender sind aber nur die ersten beiden dieser Gruppen von Bedeutung, insbesondere die Fäuleerreger. Letztere verursachen grosse Verluste an gelagertem und verbautem Holz, aber auch durch Befall stehender Bäume. Im Ökosystem Wald wirken sie aber auch positiv: ohne Fäuleerreger könnten Humusbildung und Nährstoffkreisläufe nicht funktionieren, holzabbauende Schwächeparasiten fungieren als «Astreiniger» und als «Gesundheitspolizei».

Abbildung 1. Konsolenförmiger Fruchtkörper des Zottigen Rostporlings *(Inonotus hispidus)* am Stamm einer Esche, schräg von unten betrachtet. Die in grossen Massen ausgeschleuderten Sporen bilden einen hellbraunen Belag auf dem zufällig vorhandenen Spinnennetz und werden dadurch sichtbar.

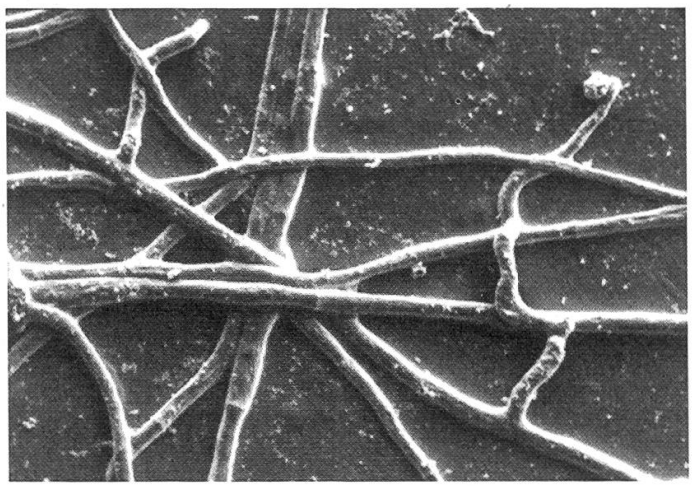

Abbildung 2. Auf einer Cellophanfolie wachsendes Pilzmyzel. Die Breite der Pilzhyphen beträgt etwa 3 µm (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme).

Meist denkt man beim Begriff «Pilz» nur an den Fruchtkörper *(Abbildung 1),* der oft mit blossem Auge erkennbar ist und den man – bei manchen Arten – essen kann. Der Fruchtkörper ist jedoch nur ein kleiner Teil des Pilz-

körpers (Thallus), welcher überwiegend im Substrat verborgen ist. Die Grundstruktur eines Pilzes ist die Hyphe, ein sehr dünnes, fadenförmiges Gebilde, das aus zahlreichen, meist durch Querwände (Septen) voneinander abgetrennten Zellen besteht *(Abbildung 2)*. Die Trennung dieser Zellen voneinander ist jedoch nicht vollständig, da die Wand ein Loch hat. Im Inneren dieser Hyphen, die man in ihrer Gesamtheit als Myzel bezeichnet, befinden sich die lebenden Zellbestandteile. Man kann sich einen Pilz als schleimiges Lebewesen vorstellen, das in einem Netzwerk aus selbstgebauten Röhren lebt. Wenn man auch die einzelne Hyphe mit blossem Auge kaum sehen kann, so können manche Pilz-Individuen doch sehr gross werden, wie zum Beispiel Hexenringe zeigen.

Pilze müssen sich – wie alle Lebewesen – ernähren, sie müssen wachsen und sich fortpflanzen. Dazu brauchen sie einen Platz zum Leben (Habitat), geeignete Nahrung, Feuchtigkeit und Sauerstoff. Ausserdem darf es nicht zu kalt sein.

2. Wie verbreiten sich Pilze?

Holz ist in der Umwelt sehr ungleichmässig verteilt. Der Pilz muss es zuerst finden, dann in das Holz eindringen und es schliesslich verdauen. Dabei muss er sich gegen Konkurrenten verteidigen. Wenn das Substrat verbraucht ist, muss er es wieder verlassen können und ein neues finden. Holzbewohnende Pilze verfügen über zwei Methoden, um an ihr Substrat zu gelangen: die Infektion mit Sporen und die Infektion mit Myzel. Sporen sind sehr kleine (meist etwa 2–20 Tausendstel mm grosse) Verbreitungseinheiten, die sich an speziellen Teilen des Myzels bilden und die oft sogar aktiv abgeschossen werden. Mit dem Wind werden sie über grosse Distanzen verbreitet. Nur wenige Sporen erreichen allerdings ein geeignetes Substrat, zum Beispiel feuchtes Holz. Aus diesem Grunde müssen sehr grosse Mengen an Sporen gebildet werden *(Abbildung 1)*. Die meisten Fäuleerreger werden auf diese Weise mit dem Wind verbreitet. In Mitteleuropa, aber auch in vielen anderen Regionen der Erde sind praktisch immer soviele Sporen in der Luft, dass auf jedem Stück Holz unter freiem Himmel täglich mindestens einige Sporen landen können. Manche Pilze kleben ihre Sporen aber auch an Tiere (zum Beispiel Borkenkäfer), welche sie dann gezielt am richtigen Ort abliefern. In solchen Fällen sind weniger Sporen (und damit weniger Energieaufwand) nötig als bei Windverbreitung. Der Erreger des Ulmensterbens *(Ophiostoma ulmi)*, aber auch viele «Bläuepilze» sind Beispiele für den Erfolg dieser Methode.

Eine Infektion mit Sporen *(Abbildung 3)* ist stets die kritischste Phase im Leben eines Pilzes: Er verfügt in diesem Stadium nur über geringe Nährstoffvorräte, ist widrigen Umweltbedingungen (zum Beispiel Austrocknung oder

Konkurrenten) ausgesetzt und muss Hindernisse (zum Beispiel Zellwände) überwinden.

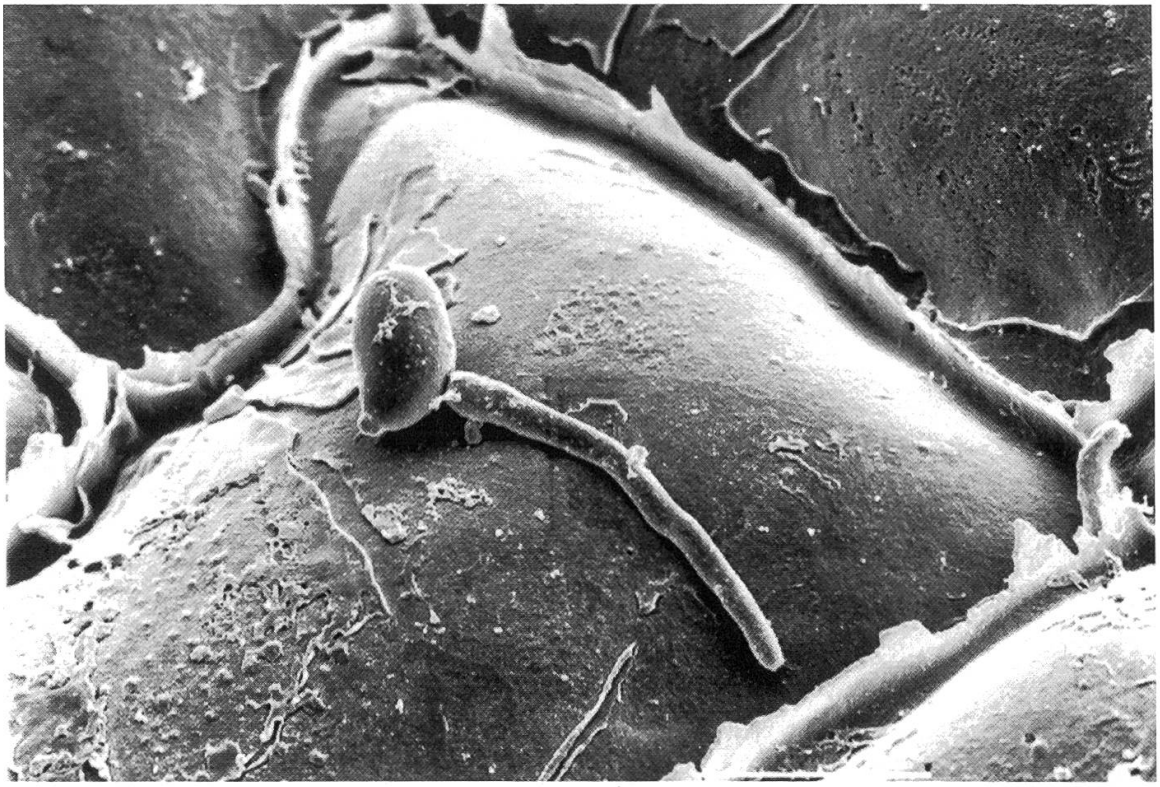

Abbildung 3. Keimende Spore des Hallimasch *(Armillaria sp.)* auf der Rinde einer Fichtenwurzel. Die Keimhyphe wächst auf der Aussenwand einer Korkzelle, deren Grenzen deutlich zu erkennen sind. Die Länge des Messstriches beträgt 10 µm (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme).

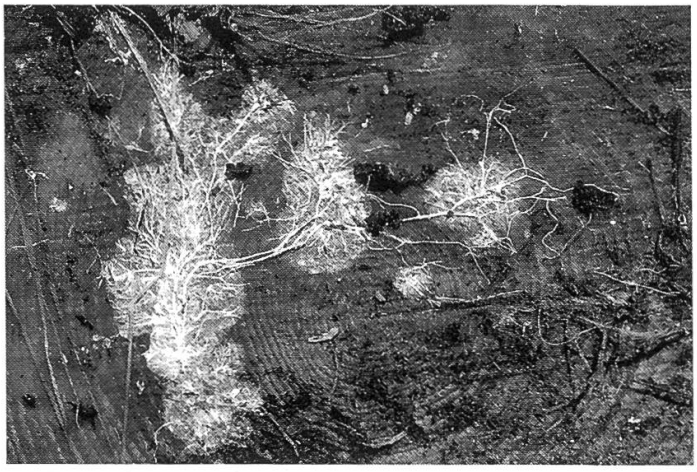

Abbildung 4. Blick auf die Unterseite einer Fichtenholzscheibe, welche vom Boden her durch das Myzel eines Fäuleerregers befallen wurde. Der Pilz breitet sich in Form von hellen Myzelsträngen auf dem Substrat aus.

Eine Alternative zur Infektion mit Sporen ist der Befall des Substrates durch wachsendes Myzel *(Abbildung 4).* Grosse Mengen von Hyphen, die von

ihrer Basis her mit Nahrung versorgt werden und die gleichzeitig in den neuen Lebensraum eindringen, verfügen über eine viel höhere Angriffskraft (Inokulumpotential) als einzelne keimende Sporen. Sie können so die Abwehrreaktion eines Baumes oder von Konkurrenzpilzen besser überwinden. Allerdings wachsen Hyphen relativ langsam (bis zu wenigen Millimetern pro Tag, *V. Rypacek* 1966: 92–95) und in der Regel nur über kurze Strecken (im Bereich von Zentimetern bis zu wenigen Metern). Bei manchen Fäuleerregern (zum Beispiel Hallimasch *(Armillaria spp.)* und Wurzelschwamm *(Heterobasidion annosum)* können sich die Myzelien jedoch bis über 100 Meter weit ausbreiten.

3. Das Holz – ein besonderer Nährstoff

Sobald ein Pilz am Holz angelangt ist und hineinwächst, muss er sich mit den besonderen Eigenschaften dieses Substrates auseinandersetzen: Grundsätzlich ist Holz ein idealer Nährstoff, denn es besteht vorwiegend aus den beiden sehr energiereichen Stoffen Zellulose und Lignin. Die Zellulose ist letztlich aus Zucker aufgebaut, der Holzstoff Lignin ist eine sehr komplizierte, ebenfalls energiereiche organische Verbindung. Diese Energie kann durch Verbrennung freigesetzt werden, und der Verbrauch des Holzes durch den Pilz ist letztlich nichts anderes als eine sehr langsame Verbrennung, die auf biochemischem Weg erfolgt.

Allerdings besteht das Holz aus sehr grossen Molekülen, die schwer verdaulich sind, und es enthält sehr wenig Stickstoff, den Pilze zur Bildung von Eiweiss benötigen. Auch bestimmte Vitamine, die viele Fäuleerreger brauchen, sind im Holz kaum vorhanden. Darüber hinaus besteht Holz aus einer Vielzahl sehr unterschiedlicher «ökologischer Nischen», zum Beispiel Splint-, Kern-, Früh- oder Spätholz. Holz kann lebend oder tot, feucht oder trocken, als Wurzel im Boden, als Ast in der Krone oder als Balken im Haus vorliegen. Holzabbauende Organismen müssen deshalb über besondere Fähigkeiten verfügen und zum Beispiel zeitweises Austrocknen überleben (zum Beispiel «Astreiniger») oder mit wenig Sauerstoff auskommen und baumeigene Giftstoffe ertragen (zum Beispiel Kernfäuleerreger, vgl. *A.D.M. Rayner* und *L. Boddy,* 1988). Die Natur hat dieses Problem durch Spezialisierung gelöst: Für jede solche ökologische Nische gibt es mehr oder weniger ideal angepasste Pilze – und das sind sehr viele: Insgesamt dürfte es rund 1,5 Mio. verschiedene Pilzarten auf der Erde geben, von denen allerdings nur ein geringer Teil erforscht ist. Dies ist weit mehr als die Anzahl der Arten bei höheren Pflanzen, die auf etwa 270 000 geschätzt wird *(D. L. Hawksworth,* 1991).

Auch die einzelnen Baustoffe des Holzes (Zellulose und Lignin) kann man als unterschiedliche ökologische Nischen betrachten: manche Pilze können

nur einen davon mehr oder weniger vollständig abbauen. Deshalb gibt es verschiedene Fäuletypen, die sich zwei Grundformen zuordnen lassen: Bei der Braunfäule (Destruktionsfäule) wird nur die Zellulose abgebaut, das Lignin bleibt übrig. Das Holz zerfällt dabei zu braunen Würfeln. Bei der Weissfäule (Korrosionsfäule) dagegen wird sowohl die Zellulose als auch das Lignin zersetzt. Das Holz zerfällt faserig, wobei es sich weisslich oder in verschiedenen Brauntönen verfärbt. Am Ende entsteht oft ein Hohlraum. Alle anderen Fäuletypen lassen sich diesen beiden Formen zuordnen, zum Beispiel die Rotfäule (Sonderform der Weissfäule), die Moderfäule (Sonderform der Braunfäule bei sehr hoher Feuchte) und die Trockenfäule (veraltete Bezeichnung für eine Sonderform der Braunfäule an relativ trockenem Holz).

4. Wie entsteht Fäule?

Das im Holz wachsende Pilzmyzel scheidet Verdauungsenzyme aus. Diese wandern (durch Diffusion) über eine kurze Strecke (unter 1 mm) von der Hyphe weg und in die Wand der Holzzellen hinein. Dabei werden die grossen Moleküle, aus denen die Zellwand besteht, zu kleinen Molekülen verdaut. Diese werden dann von den Pilzhyphen aufgenommen. Damit dieser Vorgang ablaufen kann, muss das Substrat feucht sein, gleichzeitig muss ausreichend Sauerstoff vorhanden sein, und es muss eine geeignete Temperatur herrschen. Von besonderer Bedeutung ist die Feuchtigkeit des Holzes. Sie ist eng mit der Sauerstoffversorgung verbunden: Bei sehr hoher Feuchte herrscht Sauerstoffmangel im Holz, so dass Pilze nicht wachsen können. Dies wird bei der Nasslagerung ausgenutzt, und auch beim lebenden Baum stellt der hohe Wassergehalt des Splintes eine wirksame Barriere gegen eindringende Pilze dar. Im toten Holz schwankt die Feuchtigkeit in Abhängigkeit vom Wassergehalt der Umgebungsluft und auch von der Struktur des Holzes. So enthält zum Beispiel dichtes Holz bei gleicher prozentualer Feuchte deutlich weniger Luft als locker aufgebautes Holz. Bei welcher Feuchte Pilze noch wachsen können, ist also auch von der Holzart abhängig.

Bei der Beschreibung der Ansprüche eines Pilzes sind folgende Fragen von Bedeutung: In welchem Bereich kann er überleben, in welchem kann er wachsen und in welchem Feuchtebereich verursacht er eine Fäule oder Verfärbung? Wo liegt das Optimum? Wie sehr hängen diese Daten von der Temperatur bzw. von der Holzart ab? Die untere Grenze für das Wachstum von Fäuleerregern liegt in der Regel bei rund 30 % Holzfeuchte. Dies entspricht bei unseren einheimischen Baumarten etwa dem Fasersättigungspunkt, einem Zustand, bei dem die Zellwände mit Wasser («gebundenes Wasser») gesättigt, die Zellhohlräume aber mit Luft gefüllt sind. Mit steigender Holzfeuchte über dem Fasersättigungspunkt füllen sich auch die Zellhohl-

räume zunehmend mit Wasser («freies Wasser»). Einige Pilze können jedoch auch in sehr trockenem Holz Fäule verursachen, so ist zum Beispiel der Hausschwamm noch bis etwa 17% Holzfeuchte aktiv. Die Ursache dafür ist, dass bei der Atmung neben Kohlendioxyd auch Wasser entsteht. Ist die Fäule einmal in Gang gekommen, kann der Pilz sein Substrat selbst anfeuchten (A.D.M. Rayner und L. Boddy, 1988: 5).

Das Feuchteoptimum ist für die verschiedenen Pilzarten ebenfalls unterschiedlich und liegt zum Beispiel für den Hausschwamm *(Serpula lacrymans)* bei 20 bis 35%, für den Hallimasch *(Armillaria spp.)* bei 45% und beim Kellerschwamm *(Coniophora puteana)* bei 50 bis 60% (V. Rypacek, 1966: 94, *D. Grosser,* 1985). Damit Pilze genug Sauerstoff erhalten, um eine Fäule zu erzeugen, müssen mindestens 10 bis 20% des Porenraums mit Luft gefüllt sein (D. Grosser, 1985: 37). Dies ist zum Beispiel für Fichte und Kiefer bei Holzfeuchten von etwa 100 bis 120% der Fall, die deshalb bei der Nasslagerung keinesfalls unterschritten werden dürfen *(K. D. Arnold et al.,* 1976). Eine Ausnahme stellen allerdings die Moderfäulepilze dar, welche noch bei einer Holzfeuchte von bis zu 250% aktiv sind und die auch unter Wasser gelagertes Holz angreifen können. Sie tun dies aber so langsam, dass sie für die Holzlagerung praktisch keine Gefahr darstellen *(W. Liese,* 1959).

Doch neben der Feuchte ist auch die Temperatur von Bedeutung. Fäule kann zwischen etwa 0 und 45 °C vorkommen, das Optimum liegt meist im Bereich von 20 bis 30 °C. Die Widerstandsfähigkeit von Pilzen gegen hohe Temperaturen ist artspezifisch und hängt auch vom physiologischen Zustand ab. Wachsendes Myzel in feuchtem Holz wird bei Temperaturen von 50 bis 70 °C meist nach 30 bis 60 Minuten abgetötet. Unter trockenen Bedingungen halten Pilze aber oft viel höhere Temperaturen aus: so überlebt der Schuppige Sägeblättling *(Lentinus lepideus)* in Trockenstarre 90 °C drei Tage lang (D. Grosser, 1985: 36, *M. A. Newbill* und *J. J. Morrell,* 1991). Der Hausschwamm ist allerdings sehr empfindlich gegen Hitze, er stellt bereits bei 24 °C sein Wachstum ein und stirbt nach 6 Stunden bei 35 °C ab. *(G. L. Hennebert et al.,* 1990: 45). Die Wirkung niedriger Temperaturen auf holzbewohnende Pilze ist wenig untersucht. Die meisten Arten dürften jedoch auch sehr starken Frost überleben, sofern dieser nicht plötzlich auftritt. Einzelne Holzzerstörer fruchten sogar im Winter bei Temperaturen um 0 °C, zum Beispiel der Samtfussrübling *(Flammulina velutipes).*

Pilze müssen sich nicht nur mit physikalisch-chemischen Umweltfaktoren, sondern auch mit anderen Mikroorganismen auseinandersetzen. Sie haben hierzu verschiedene, zum Teil sehr wirksame Methoden entwickelt: sehr oft bilden Pilze zur Abgrenzung gegen Konkurrenten, aber auch zur Verhinderung des Austrocknens, dünne, aber sehr dichte Schichten aus blasenförmigen Hyphen (pseudosklerotische Schichten). Diese sind häufig dunkel gefärbt und im angeschnittenen Holz als schwarze Linien mit blossem Auge erkennbar *(Abbildungen 5* und *6).* Manche Pilze scheiden auch Giftstoffe (Antibiotika)

aus, die Konkurrenzorganismen auf Distanz halten. Einige holzbewohnende Pilze können andere Fäuleerreger parasitieren, und nach deren Absterben ihren Platz einnehmen (Mykoparasitismus).

Abbildung 5. Schwarze, etwa 1 mm breite «Zonenlinien» (pseudosklerotische Schichten) auf der Schnittfläche eines von einem Fäuleerreger befallenen Silberweidenstammes.

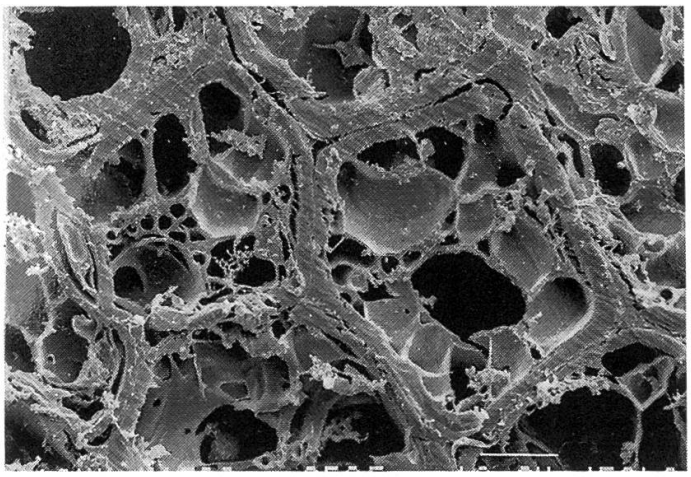

Abbildung 6. Querschnitt durch eine schwarze «Zonenlinie» (pseudosklerotische Schicht), die vom Hallimasch *(Armillaria sp.)* in Fichtenholz gebildet wurde. Es sind zwei dickwandige Holzzellen erkennbar, deren Lumen vollständig von blasenförmigen Pilzhyphen ausgefüllt ist. Der Zellinhalt wurde bei der Präparation chemisch entfernt, so dass nur noch die Hyphenwände vorhanden sind. Die Bildbreite beträgt etwa 0,1 mm (rasterelektronenmikroskopische Aufnahme).

5. Der Schutz des Holzes vor Pilzbefall

Der Mensch als konkurrierender Holzverwender versucht nun, eine Infektion dieses Substrates zu verhindem bzw. den Pilzen auf verschiedene Weise das Leben zu erschweren, zum Beispiel durch Trocknung (Wasserentzug), Nasslagerung (Sauerstoffentzug) und chemischen Holzschutz (Vergiftung). Obwohl mit diesen Verfahren zum Teil umfangreiche Erfahrungen vorliegen,

bleibt doch noch manche Frage offen. So könnte durch eine Lagerung von Sturmholz im kühlen Klima oberhalb der Waldgrenze ein Befall mit Borkenkäfern verhindert werden. Wie aber verhalten sich Pilze unter diesen Bedingungen? Das Verhalten zum Beispiel von Rotstreifeerregern bei niedrigen Temperaturen wurde nie detailliert untersucht. Auch über den Einfluss wechselnder Umweltverhältnisse auf die Pilzaktivität ist kaum etwas bekannt. Offenbar werden manche Fäuleerreger dadurch stimuliert, denn Stämme an den Aussenseiten eines Polters erwiesen sich wider Erwarten als stärker gefährdet als solche im Inneren oder sogar am Boden *(C. Kuhn,* 1991). Die Erreger von Lagerfäulen befallen die Stämme sehr wahrscheinlich vorwiegend über die Schnittflächen, so dass sich hier ein vorbeugender Anstrich lohnen könnte (C. Kuhn, 1991). Beweisen liesse sich das aber nur durch relativ aufwendige Untersuchungen. Die Rinde spielt bei geschlagenem Holz als Barriere gegen Pilzinfektionen anscheinend kaum eine Rolle: Bei Lagerversuchen mit Fichte konnte kein Unterschied im Fäulebefall zwischen be- und entrindeten Stämmen festgestellt werden (C. Kuhn, 1991). Für viele Bläuepilze und einzelne Fäuleerreger stellt die Rinde ohnehin kein Hindernis dar, da diese Pilze von Borkenkäfern und Holzwespen übertragen werden.

Zur Vorbeugung gegen einen Befall durch Fäuleerreger könnten in Zukunft biologische Holzschutzmittel interessant werden. Man macht sich dabei die Eigenschaft von Pilzen zunutze, ihr Substrat gegen Konkurrenten erfolgreich zu verteidigen. Wenn es gelänge, einen relativ harmlosen holzbewohnenden Pilz rechtzeitig und dauerhaft anzusiedeln, dann könnten sich Fäuleerreger nicht mehr entwickeln. Dies gilt insbesondere für frisches Holz, das vorübergehend gelagert wird und das besonders gute Entwicklungsmöglichkeiten für Schimmelpilze bietet. Leider wurde diese Frage von der Forschung bisher nur wenig bearbeitet. Ermutigende Ergebnisse liegen aus den USA vor, wo Kiefernholz durch eine Behandlung mit Schimmelpilzen aus der Gattung Trichoderma über 7 Jahre ähnlich wirksam geschützt werden konnte wie durch eine chemische Behandlung *(A. Bruce* und *B. King,* 1991). Allerdings wirkt dieser Antagonist gegen Braunfäuleerreger viel besser als gegen Weissfäuleerreger, zu denen zum Beispiel unsere «Rotstreifepilze» gehören *(H. v. Pechmann et al.* 1967). Bei intensiver Suche sollten sich jedoch geeignete Gegenspieler finden lassen. Allerdings können solche biologischen Verfahren auch Nebenwirkungen haben, die vor einem Einsatz in der Praxis abgeklärt werden müssten.

Wir werden somit auch in Zukunft mit dem Problem «Holzzerstörung durch Pilze» leben müssen. Aber das ist auch gut so: Ohne Pilze könnte die Welt nicht funktionieren, und für die Holzwirtschaft ist es letztlich auch kein Nachteil, dass es sich beim Holz um ein «biologisch vollständig abbaubares Naturprodukt» handelt!

Résumé

Au sujet de la biologie des champignons séjournant dans le bois

Les apects essentiels de la biologie des champignons séjournant dans le bois et des champignons destructeurs du bois sont présentés sous une forme compréhensible de tous: la constitution des champignons et leur fonction dans l'écosystème qu'est la forêt, les mécanismes par lesquels ils se propagent, l'apparition de la pourriture en considérant spécialement l'humidité et la température, l'interaction des champignons et des organismes qui leur font concurrence ainsi que les conséquences pour la protection du bois.

Traduction: *Stéphane Croptier*

Literatur

Arnold, K. D., Hanke, K. L., Kriebitzsch, B., Kuba, E., Liese, W., Peek, R. D., Prollius, C. v., Ripken, H., Rusack, H. J. (1976): Beregnung und Wasserlagerung von Nadelstammholz aus der Sturmkatastrophe vom 13. November 1972. Aus dem Walde, H. 25: 1–146.

Bruce, A., King, B. (1991): Decay resistance of wood removed from poles biologically treated with Trichoderma. Holzforschung *45:* 307–311.

Grosser, D. (1985): Pflanzliche und tierische Werkholzschädlinge. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag.

Hawksworth, D. L. (1991): The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycol. Res. *95:* 641–655.

Hennebert, G. L., Boulenger, Ph., Balon, F. (1990): La merule. Science, technique & droit. Bruxelles: Editions Ciaco.

Kuhn, C. (1991): Wertentwicklung bei der Waldlagerung von Fichten/Tannen-Rundholz. Impulsprogramm Holz, Schlussbericht. Bundesamt für Konjunkturfragen.

Liese, W. (1959): Die Moderfäule, eine neue Krankheit des Holzes. Naturwiss. Rundschau 1959 (11): 419–425.

Margulis, L., Schwartz, K. V. (1989): Die fünf Reiche der Organismen. Heidelberg: Spektrum d. Wissenschaft.

Morrell, J. J. (1991): Effect of elevated temperatures on survival of *Basidiomycetes* and colonized untreated Douglas fir poles. Forest Prod. J. *41:* 31–33.

Newbill, N.A., Morrell J. J. (1991): Effect of elevated temperatures on survival of Basidiomycetes that colonize untreated Douglas fir poles. Forest Prod. J. *41:* 31–33.

Pechmann, H. v., Aufsess, H. v., Liese, W., Ammer, U. (1967): Untersuchungen über die Rotstreifigkeit des Fichtenholzes. Forstwiss. Forsch. 27: 1–112.

Rayner, A.D.M., Boddy, L. (1988): Fungal decomposition of wood. Chichester: Wiley & Sons.

Rypacek, V. (1966): Biologie holzzerstörender Pilze. Jena: G. Fischer.

Verfasser: Prof. Dr. O. Holdenrieder, Departement Wald- und Holzforschung der ETHZ, Professur für Forstschutz und Dendrologie, CH-8092 Zürich.