

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Waldschutz, Freiburg

Die Luftversorgung des Hallimasch in nassem Fichtenholz

The creation of air channels in wet spruce timber by *Armillaria mellea* s. l.

Von B. Metzler

Zusammenfassung

Nach etwa dreijähriger Beregnung von berindetem Fichtenholz aus Sturmwürfen kam es in Süddeutschland verschiedentlich zu peripheren Splintholzfäulen durch den Hallimasch. Dieser Pilz ist in der Lage, in wassergesättigtes Holz Luftkanäle zu treiben; teilweise stehen diese mit dem lufthaltigen Mark der Rhizomorphen in Verbindung. So kann Sauerstoff zur Erzeugung der Weißfäule in das nasse Holz eindringen.

Abstract

After three years storage of Norway spruce timber with water sprinkling, *Armillaria mellea* s. l. caused localized peripheral decay in the sapwood. In water saturated sapwood, air tubes are formed by the fungus. These tubes may be connected with the fungal air-filled rhizomorphs. Oxygen, which is necessary for white rot, can therefore invade the wood.

1 Einleitung

Im nassen Zustand wird Holz wegen der eingeschränkten Sauerstoffzufuhr nur schwer von zerstörenden Organismen befallen. Deshalb wird Holz, das nicht sofort vermarktet werden kann, in großem Umfang künstlich beregnet. Bisher wurde die Naßlagerung von Fichtenholz über einen Zeitraum von vier bis sechs Jahren als unproblematisch angesehen, sofern nur gesundes Holz eingelagert wird und keine Beregnungsfehler stattfinden (MOLTESEN, 1977, ANONYMUS, 1987). Nach dreijähriger Beregnung mehrten sich nun in Süddeutschland Berichte über Zersetzungserscheinungen im Sturmholz, welches 1990 eingelagert und seither fehlerfrei beregnet worden war.

Zwar ist bekannt, daß Pilzwachstum auch bei sehr geringem Sauerstoffgehalt stattfinden kann, sofern leicht abbaubare Substanzen vorhanden sind (WORRAL und PARMETER, 1983). Nennenswerter Holzabbau ist jedoch stärker sauerstoffbedürftig (SCHEFFER, 1986). Für die Entwicklung weiterer Lagerungsstrategien sollte deshalb geklärt werden, wie der Hallimasch trotz guter Beregnung und Wassersättigung des Holzes in der Lage ist, Weißfäule zu verursachen.

2 Material und Methoden

Das untersuchte Holz stammt aus verschiedenen Naßlagern in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Es war außerhalb der Winterpause lückenlos vom Sommer 1990 über drei Jahre lang bis zur Probenahme beregnet worden. Hallimaschbefall wurde diagnostiziert, wenn neben den typischen Rhizomorphen fleckweise rot verfärbtes Splintholz mit dunklen Demar-

kationslinien auftrat (Abb. 4); hier war *Armillaria mellea* s. l. auch regelmäßig zu isolieren. Die Fäule reichte meist ein bis zwei Zentimeter tief, im schlimmsten Fall war der gesamte Splint betroffen. Dünnschnitte für die Lichtmikroskopie wurden von frisch gewonnenen Proben ohne Fixierung angefertigt. Die pH-Bestimmung im Holz erfolgte mit Bromphenolblau und Bromkresolgrün (PEEK et al., 1980).

3 Ergebnisse

An den radialen Spaltflächen fällt auf, daß quer zur Faserrichtung entlang der Holzstrahlen helle Linien ca. 2–3 cm von außen in das Splintholz führen (Abb. 1, 2, 4). Bei mikroskopischer Betrachtung zeigt es sich, daß diese hellen Linien luftgefüllte Kanäle im sonst wassergesättigten Holz sind (Abb. 2, 3). Diese Kanäle sind quer zum Tracheidenverlauf mit einer mikroskopisch sichtbaren Sperrzone aus aufgeblasenen Pilzzellen abgedichtet. Außerhalb dieser Kanäle sind die Tracheiden mit Wasser gefüllt. Der luftgefüllte Raum ist intensiv mit Hyphen durchsetzt (Abb. 3). Je nach Befallsgrad befinden sich unterschiedlich große und zahlreiche Bohrlöcher in den Tracheidenwänden, und die Hoftüpfel sind zerstört, so daß das Holz auch neben den Holzstrahlen quer zur Faserrichtung für Wasser und Luft durchlässig wird (Abb. 3, 5). Die Luftkanäle münden entweder direkt nach außen (Abb. 1, 4), oder sie stehen mit dem luftgefüllten Mark von Rhizomorphen in Verbindung (Abb. 2). Rhizomorphen überbrücken regelmäßig die gallertartig zersetzte Rinde und bilden so eine Verbindung zum Luftraum außerhalb der Stämme.

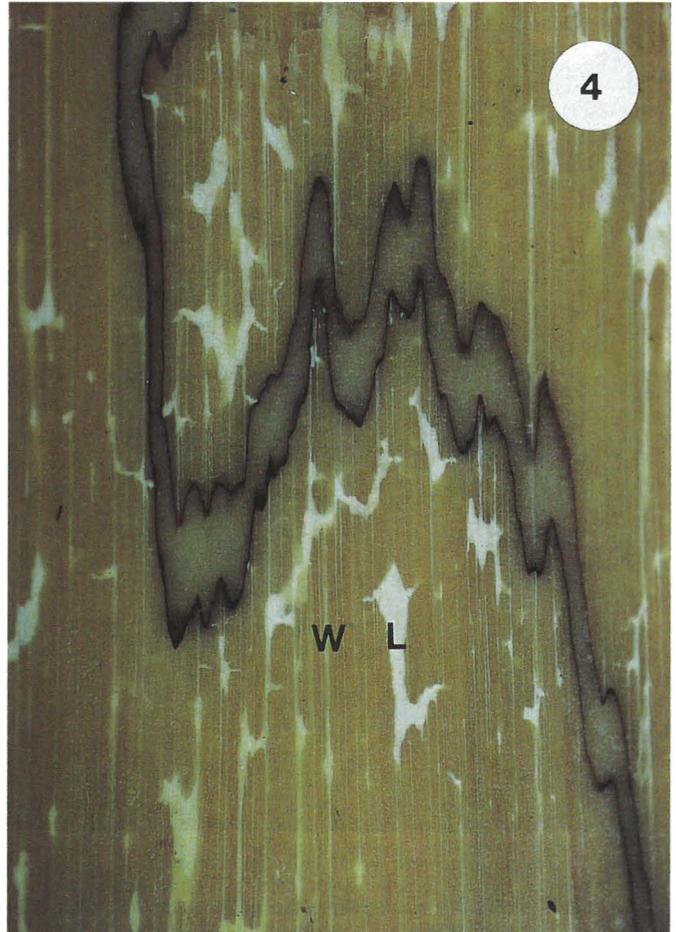
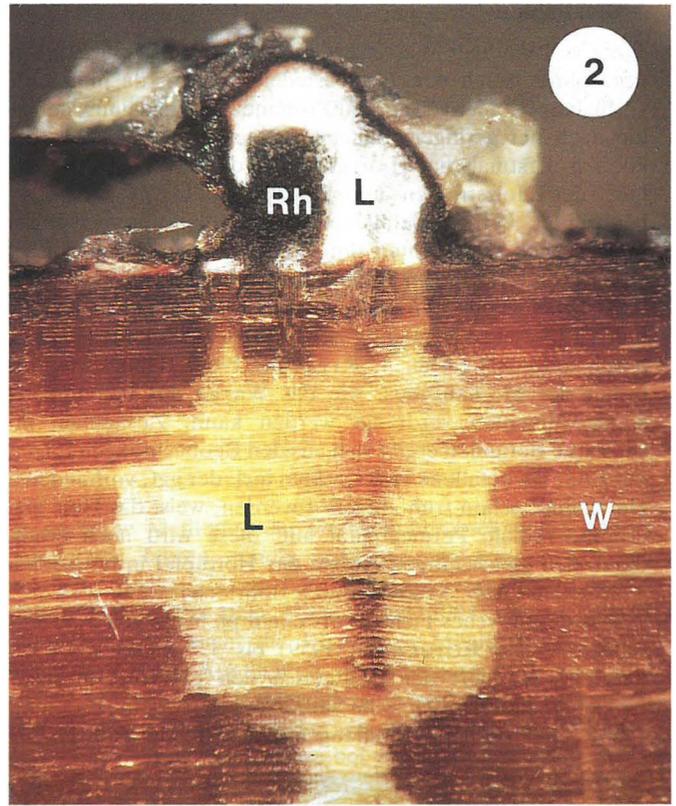
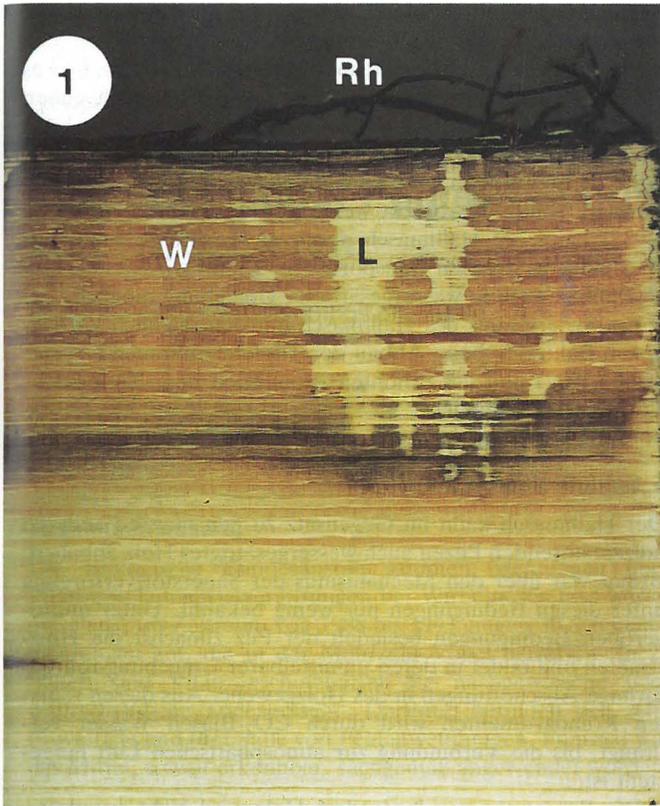
Die pH-Bestimmung ergab für befallenes Holz pH-Werte von unter 4,6 (Gelbfärbung von Bromphenolblau), für frisches Holz von über 5,3 (Grünblaufärbung von Bromkresolgrün).

Abb. 1–3. Radial gespaltenes Naßlagerholz mit Hallimaschbefall. L: luftgefüllter Raum, Rh: Rhizomorphen, W: Wassergesättigtes Splintholz. Abb. 1. Radiale Spaltfläche, Luftkanäle dringen ca. 2 cm in nasses Splintholz ein; unten: helles Reifholz, unbefallen.

Abb. 2. Radiale Spaltfläche: Verbindung eines Luftkanals mit luftgefüllter Rhizomorphe; 20fach.

Abb. 3. Radialer Längsschnitt: Mikroskopisches Bild der Tracheiden-sperre (große Pfeile), in der unteren Bildhälfte sind die Tracheiden luftgefüllt, in der oberen Hälfte noch wassergefüllt; Bohrlöcher (kleine Pfeile); 400fach.

Abb. 4. Oberfläche von Hallimasch-befallenem Naßlagerholz; die weißen Flecken markieren die nach innen verlaufenden Luftkanäle (L). Die beiden schwarzen Demarkationslinien begrenzen zwei benachbarte Befallsherde.



4 Diskussion

Trotz vollständiger Wassersättigung können die Holzstrahlen des Splints durch den Pilz besiedelt werden, da hier leicht verfügbare Kohlehydrate und Proteine zur Verfügung stehen, die auch bei geringem Sauerstoffangebot verwertet werden können. Erstmals hat HARTIG (1882) die bevorzugte Besiedlung der Holzstrahlen und Harzkanäle durch Hallimasch beobachtet. Um die befallenen Holzstrahlen herum wachsen nun Hyphen und dichten durch ihr ballonartiges Aufblasen einen zylinderförmigen Raum um den Holzstrahl quer durch die Tracheiden ab. Durch diese später dunklen Demarkationslinien („Pseudosklerotien“) werden zusätzlich ganze Befalls-herde umgrenzt (Abb. 4, RYPACEK, 1966). Unbekannt war bisher der Mechanismus, wie das Wasser aus den radialen Kompartimenten verdrängt werden kann. Zusammen mit Literatur-Befunden ergibt sich aus den Beobachtungen folgendes Bild: Da befallene Holzstrahlen incl. der ggf. vorhandenen Harzkanäle schon früh aufgelöst werden, weist das Holz eine erhöhte radiale Permeabilität auf; diese wird noch erhöht durch den gleichzeitigen Abbau der Hoftüpfel in besiedelten Tracheiden (Abb. 5) sowie durch Bohrlöcher.

Während frisches Fichtenholz einen pH-Wert von 5,3 (SANDERMANN und ROTHKAMM, 1959) bis 5,7 (SCHMIDT, 1986) aufweist, reguliert der Hallimasch den pH-Wert in seiner Umgebung durch organische Säuren auf ca. 4,1 ein (RYPACEK, 1966). Dies steht im Einklang mit den durchgeführten pH-

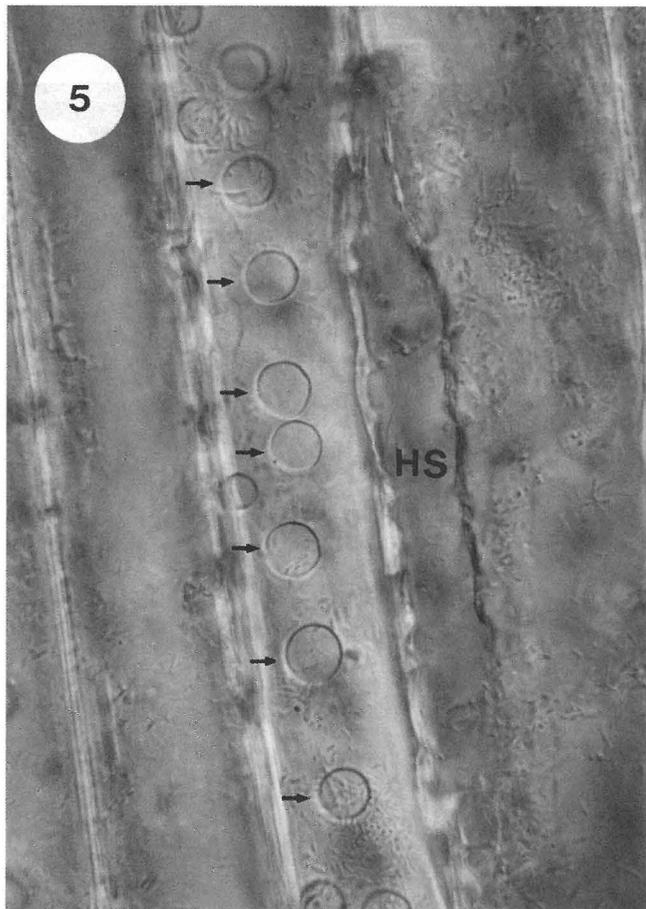


Abb. 5. Tangentialschnitt durch Holz im fortgeschrittenen Zersetzungsstadium mit bakterieller Begleitflora; erhöhte radiale Wegsamkeit durch Auflösung von Holzstrahlen (HS) und korrodierte Hoftüpfel. (Pfeile); 730fach.

Bestimmungen mittels Indikatoren. Durch die pH-Absenkung sowie durch sommerlichen Temperaturanstieg verringert sich die Löslichkeit des bisher entstandenen Kohlendioxids, und es können sich Gasblasen bilden, die das Wasser nach außen drücken; sobald eine CO₂-Blase zur Außenluft gelangt, kann Sauerstoff ungehindert in das Holz diffundieren. Über luftgefüllte Rhizomorphen kann auch die inzwischen meist gallertig zersetzte Rinde überbrückt werden (Abb. 2). Nach REITSMA (1932) kann der Hallimasch durch diese Stränge Sauerstoff über längere Strecken transportieren. Damit wird verstärkter Holzabbau auch in wassergesättigter Umgebung möglich.

Ein Synergismus des Hallimasch mit den reichlich vorhandenen Bakterien beim Abbau der Tüpfelmembranen (ADOLF et al., 1972) und der erhöhten Produktion des „Treibgases“ CO₂ ist wahrscheinlich.

5 Schlußfolgerungen

Der Hallimasch kann im Gegensatz zu den meisten anderen holzerstörenden Pilzen auch wassergesättigtes Holz abbauen. Bisher war über den Mechanismus der Sauerstoffversorgung unter diesen Bedingungen nur wenig bekannt. Unter mikroaeroben Bedingungen besiedelt der Pilz zunächst die Holzstrahlen und bildet in deren unmittelbarer Umgebung röhrenförmige Abschottungen in das Holzgewebe. Aus diesen radialen Kompartimenten wird durch CO₂-Blasen Wasser verdrängt, bis die Verbindung zur atmosphärischen Luft hergestellt ist.

Die Beregnung von lagerndem Holz wird nicht grundsätzlich in Frage gestellt, denn bereits bei nur einjähriger konventioneller Waldlagerung wäre die Gefahr der Entwertung durch andere Pilze und Insekten wesentlich höher. Jedoch muß der für Beregnungspolter bisher vorgesehene Einlagerungszeitraum gegenüber früheren Erwartungen verkürzt werden, solange Hallimaschbefall nicht ausgeschlossen werden kann.

Weitere Studien zum Infektionsweg, zum Ausbreitungsverhalten des Pilzes in Beregnungspoltern und zur quantitativen Abschätzung des Befalls sind erforderlich.

Literatur

- ADOLF, P., E. GERSTETTER und W. LIESE, 1972: Untersuchungen über einige Eigenschaften von Fichtenholz nach dreijähriger Wasserlagerung. *Holzforschung* **26**, 19–25.
- Anonymus, 1987: Die Konservierung von Nadelstammholz. *AID Merkblatt* **1181**, 1–27.
- HARTIG, R., 1982: *Lehrbuch der Baumkrankheiten*. Springer-Verlag Berlin.
- MOLTESEN, P., 1977: Dänische Erfahrungen mit der Naßlagerung von Rundholz. *Forstarchiv* **48**, 45–50.
- PEEK, R. D., H. WILLEITNER und U. HARM, 1980: Farbindikatoren zur Bestimmung von Pilzbefall im Holz. *Holz als Roh- und Werkstoff* **38**, 225–229.
- REITSMA, J., 1932: Studien über *Armillaria mellea*. *Phytopath. Z.* **4**, 461–522.
- RYPACEK, V., 1966: *Biologie holzerstörender Pilze*. G. Fischer Verlag Jena, 211 pp.
- SANDERMANN, W. und M. ROTHKAMM, 1959: Über die Bestimmung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. *Holz als Roh- und Werkstoff* **17**, 433–440.
- SCHEFFER, T. C., 1986: O₂ requirements for growth and survival of wood-decaying and sapwood-staining fungi. *Can. J. Bot.* **64**, 1957–1963.
- SCHMIDT, O., 1986: Investigations on the influence of wood-inhabiting bacteria on the pH-value in trees. *Eur. J. For. Path.* **16**, 181–189.
- WORRALL, J. J. and J. R. PARMETER, 1983: Inhibition of wood decay fungi by wetwood of white fir *Abies concolor*. *Phytopathology* **73**, 1140–1145.