

Pilzbefall und Schutz von Bambushalmen und Palmenholz – eine Übersicht

OLAF SCHMIDT, DONGSHENG WEI, MOHSEN BAHMANI,
THI KIM HONG TANG & WALTER LIESE

SCHMIDT O, WEI D, BAHMANI M, TANG TKH, LIESE W (2015): Fungal colonization and protection of bamboo culms and palm wood – a review. *Zeitschrift für Mykologie* 81/1: 57-80.

Key words: Bamboo culms, palm wood, utilization, mould fungi, discolouration, rot fungi, degradation, chemical analyses, TEM, UMSP, protection

Summary: The review describes occurrence, characteristics and utilization of the important monocotyledons bamboos and palms, the susceptibility of bamboo culms and palm trunks to fungi, the inhabiting fungi, fungal damages due to discolouration and decay, laboratory staining and degradation experiments, chemical analyses of cellulose, hemicellulose and lignin degradation, micromorphology of fungal cell wall degradation using TEM and UV-spectrophotometry as well protection measures against fungi.

Zusammenfassung: Die Übersicht beschreibt Vorkommen, Merkmale und Nutzung der wichtigen Monokotyledonengruppen Bambus und Palmen, die Anfälligkeit von Bambushalmen und Palmenstämmen für Pilze, die vorkommenden Pilze, Pilzschäden durch Verfärbung und Fäulnis des Gewebes, Verfärbungs- und Abbaueversuche im Labor, chemische Analysen zum Cellulose-, Hemicellulose- und Ligninabbau, die Mikromorphologie des pilzlichen Zellwandabbaues mit Transmissionselektronenmikroskop (TEM) und Ultraviolettmikrospektrophotometer (UMSP) sowie Schutzmaßnahmen.

Einleitung

Zum leichteren Verständnis folgt zunächst eine kurze Einführung in die beiden wichtigen Monokotyledonengruppen Bambus (Bambusoideae, Poaceae) und Palmen (Arecaceae) (Abb. 1), zu ihrem Vorkommen, besonderen Merkmalen und ihrer Nutzung.

Die natürliche Verbreitung der etwa 1.300 Bambus-Arten liegt rund um die Erde zwischen 30° nördlicher und südlicher Breite (WEI 2014). Die wirtschaftlich wichtigen Dattelpalmen (*Phoenix dactylifera* L.) wachsen besonders in Ägypten, Saudi-Arabien, im Iran, den Vereinigten Arabischen Emiraten, in Pakistan, Algerien, Sudan, Oman, Libyen und Tunesien, die Ölpalmen (*Elaeis guineensis* Jacq., *E. oleifera* (Kunth) Cortes) in Indonesien, Malaysia, Thailand, Nigeria, Kolumbien, Ecuador und auf Papua-Neuguinea (FATHI 2014).

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. Olaf Schmidt, Dr. Dongsheng Wei, Dr. Mohsen Bahmani, Dr. Thi Kim Hong Tang, Prof. Dr. Walter Liese, Holzbiologie, Universität Hamburg, Leuschnerstr. 91, 21031 Hamburg; olaf.schmidt@uni-hamburg.de

Wachstum, Zellgewebe und Funktionsstrukturen von Bambus und Palmen (Liliidae) unterscheiden sich von denen der Bäume im herkömmlichen Sinn. Der Bambushalm wächst täglich bis zu 70 cm und bildet in wenigen Monaten seine volle Gestalt von 10–20 Metern Länge. Palmen dagegen haben durch ihr Spitzenmeristem ein jährliches Höhenwachstum. Bei den meisten Bambus-Arten sind die Halme hohl und durch Nodien in Internodien gegliedert (Abb. 1, links). Monopodialer Bambus verbreitet sich im Erdboden über Rhizome, aus denen neue Pflanzen wachsen, sympodialer Bambus bleibt standortgebunden. Der einzelne Bambushalm stirbt nach 8–10 Jahren. Bei der Massenblüte nach 40–60 Jahren sterben alle Pflanzen einer vegetativen Population ab, wie zuletzt bei *Melocanna baccifera* (Roxb.) Kurz in Indien. Palmen sind baumähnlicher strukturiert (Abb. 1, rechts); der Stamm ist meist lang und schlank.



Abb. 1: Bambus (*Phyllostachys edulis*, links), Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*, rechts)

Foto: links W. LIESE, rechts aus FATHI 2014

Bambus und Palmen besitzen kein Kambium und somit kein sekundäres Dickenwachstum. Daher gehören Palmen nicht zu den Bäumen im engeren Sinne, auch wenn der Begriff Palmenholz üblich ist. Die Sprossachsen von Bambus und Palmen bestehen überwiegend aus Parenchymgewebe für die Nährstoffspeicherung und zerstreut eingebetteten Leitbündeln zur Wasser- und Nährstoffleitung (LIESE 1998; Abb. 2).

Die Sprossen zahlreicher Bambusarten dienen als Nahrung und die Halme als Brennstoff für die ländliche Bevölkerung. In vielen Ländern ist Bambus traditionell ein

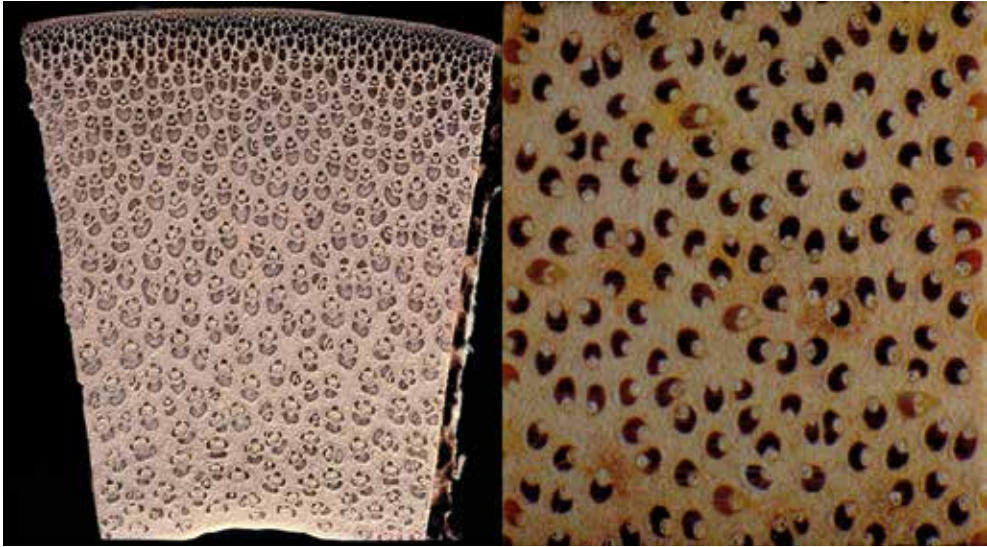


Abb. 2: Querschnitt eines Bambushalmes (links) und eines Dattelpalmenstammes

Foto links: W. LIESE, rechts: aus FATHI 2014

wichtiger, schnell nachwachsender Rohstoff als alternatives Baumaterial zu Holz für Häuser, Brücken, Möbel, Parkett, für Zellstoff und vieles mehr und wird zunehmend nach Europa und Nordamerika exportiert (LIESE 1985 Abb. 3).

Palmen liefern eine Vielzahl von Werkstoffen für die einheimische Bevölkerung und dienen als Nahrungsmittel für Menschen und als Tierfutter. Das Stammholz der zur Früchte- und Ölgewinnung in Plantagen angebauten Dattel- und Ölpalmen wird lokal bisher meist nur für Verpackungs- und Isoliermaterial verwendet, jedoch bestehen Forschungsansätze für höherwertige Nutzungen (FATHI 2014, FATHI & FRÜHWALD 2014).

Im Vergleich zu traditionell genutzten Hölzern besitzen Bambus und Palmen nur geringe natürliche Dauerhaftigkeit (LIESE & KUMAR 2003). Sie verfügen jedoch ebenfalls über Schutzmechanismen, um nach Verletzungen Schäden durch Luftembolie und eindringende Mikroorganismen zu begrenzen, die denen der Bäume mit ihrem CODIT-Schutzprinzip ähneln (DUJESIEFKEN & LIESE 2008). CODIT steht für Compartmentalization Of Decay In Trees (Abschottung von Fäulnis in Bäumen) und besagt, dass der Baum durch Wundreaktionen Sperrzonen gegen die Ausbreitung eindringender Mikroorganismen und Luftembolie bildet. Bei Bambus mindert die harte Epidermis mit Kieselsäureeinlagerungen die Gefahr von Verletzungen. Nach Verwundung des Halmes werden die von Luftembolie betroffenen Gefäße inaktiviert, indem von den benachbarten Parenchymzellen durch die Tüpfel schleimartige Substanzen und Thyllen gebildet werden, welche die Gefäße verschließen und eine axiale Ausbreitung von Luft und Mikroorganismen begrenzen. Bei Palmen werden phenolische Substanzen, Schleim und Thyllen produziert (WEINER & LIESE 1995).

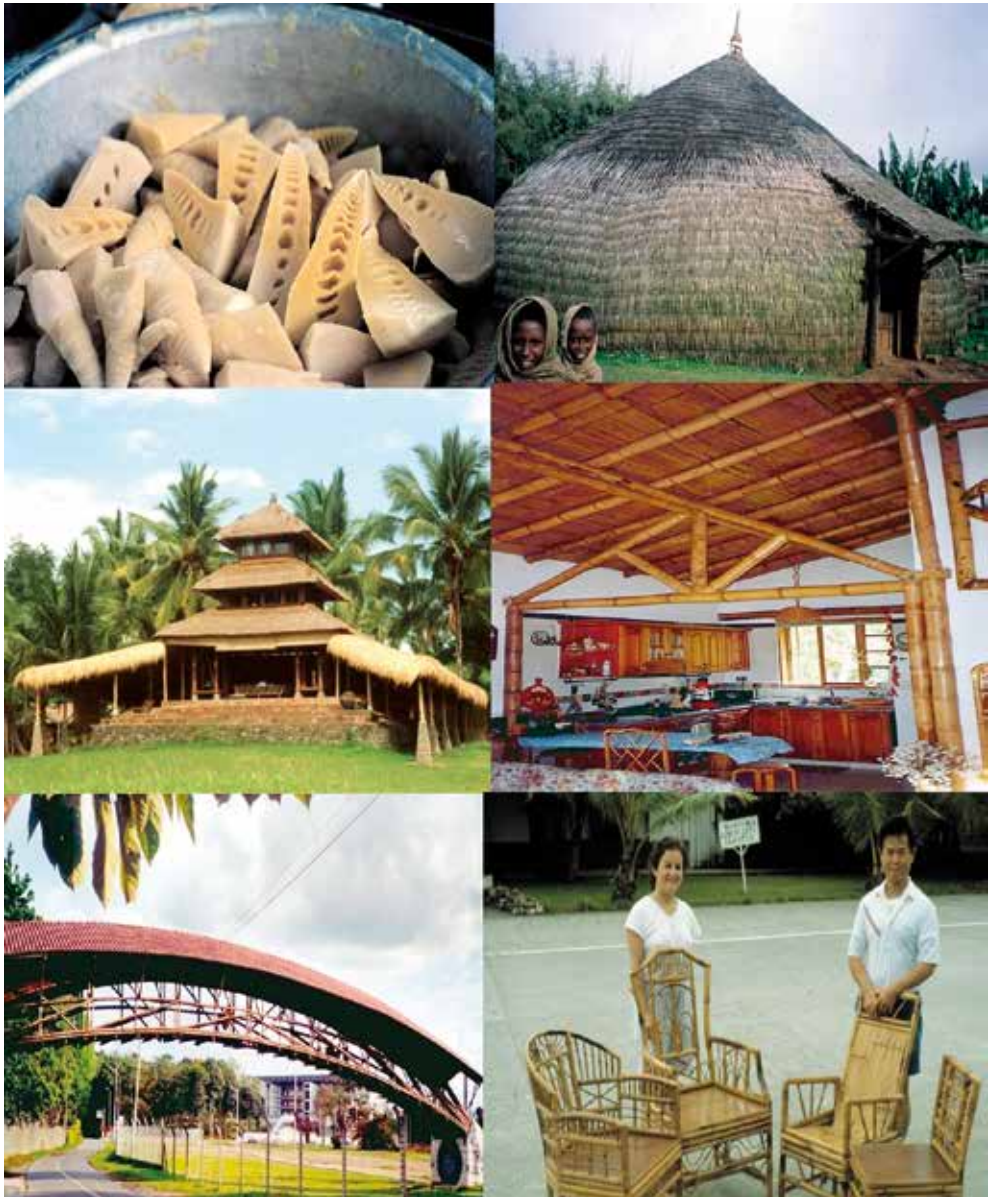


Abb. 3: Verwendung von Bambus; von oben links nach unten rechts: Sprosse, Häuser in Äthiopien und auf Bali, Innenkonstruktion und Brücke in Kolumbien, Möbel Fotos: W. LIESE

Insgesamt sind Bambus und Palmen durch ihren großen Parenchymanteil und den hohen Wassergehalt, der bei Ölpalmen 400 % Holzfeuchte betragen kann, anfällig für Schäden durch Pilze und Insekten. Frisch geerntete Stämme und auch Bambushalme werden häufig von Schimmel- und Fäulnispilzen befallen (MOHANAN 1997; WEI 2014). Während Lagerung, Transport und Verarbeitung bei den vor Ort hohen Luftfeuchten

kommt es bald zu Verfärbungen durch Schimmel- und Bläuepilze sowie Fäulnis durch holzzerstörende Pilze. In Asien werden die Bambushalme vor dem Übersee-Export in Containern meist mit Borax/Borsäure behandelt; in Malaysia wird für Palmenstämme Borsäure verwendet. Erfahrungsgemäß kommt es dennoch zu beträchtlichen Schäden und somit großen Wertverlusten (siehe Abb. 4 und 5).

In unserem Institut wurden mehrfach einfache organische Säuren für den kurzzeitigen Schutz geernteter Lignocellulosen bis zum Runtertrocknen auf den pilzschützenden Fasersättigungsbereich (z. B. 24-28 % Feuchte bei Palmen) verwendet: Zuckerrohr-Bagasse, der faserige Rückstand des Zuckerrohrs *Saccharum officinarum* L. nach der Zuckerextraktion, der z. B. auf Trinidad für Spanplatten und Zellstoff genutzt wird, ließ sich durch Besprühen mit organischen Säuren konservieren (LIESE & WALTER 1978). Gegen die Verfärbung von Eichenholz durch den Schimmel-/Moderfäulepilz *Paecilomyces variotii* Bain. wirkten 5-10 % Propionsäure (BAUCH et al. 1991). Tauchen der Brettware des hellen afrikanischen Ilomba-Holzes (*Pycnanthus angolensis* (Welw.) Warb.) in 5%ige Lösungen von Ameisen- oder Propionsäure verhinderte die Verfärbung durch Bakterien (SCHMIDT 2006). WELLING & LAMBERTZ (2008) erreichten bei Kiefernspiltholz (*Pinus sylvestris* L.) einen Schutz vor Schimmel- und Bläuepilzen durch Tauchen in Lösungen von Kalium- oder Natriumcarbonat.

Nachfolgend werden die an Bambus und Palmen gefundenen Pilze, ihre Schadwirkung sowie Möglichkeiten zum temporären Schutz beschrieben.

Isolierte Pilze

Von Halmabschnitten verschiedener Bambusarten aus mehreren Ländern wurden zahlreiche Schimmelpilze (Ascomycota) als Reinkulturen isoliert und über ihre rDNA-ITS-Sequenz identifiziert (WEI 2014 Tab. 1). Da es sich um kommerzielle Ware handelte, waren die Bambusarten meist nicht bekannt.

Tab. 1: Von Bambus isolierte Ascomycota (Anzahl der Stämme in Klammern) (nach WEI 2014)

Bambus-Herkunft	Pilz
China	<i>Alternaria alternata</i> (1) <i>Alternaria tenuissima</i> (1) <i>Arthrinium phaeospermum</i> (1) <i>Cladosporium cladosporioides</i> (2) <i>Dothiorella gregaria</i> (1) <i>Fusarium asiaticum</i> (1) <i>Fusarium culmorum</i> (1) <i>Fusarium zeae</i> (1) <i>Nigrospora oryzae</i> (4) <i>Penicillium commune</i> (1)

China	<i>Penicillium chrysogenum</i> (1) <i>Penicillium tricolor</i> (1) <i>Penicillium variable</i> (1) <i>Phoma macrostoma</i> (1)
Deutschland	<i>Trichoderma koningiopsis</i> (2) <i>Trichoderma viride</i> (3)
Philippinen	<i>Penicillium citrinum</i> (1) <i>Penicillium sumatraense</i> (1)
Thailand	<i>Aspergillus nomius</i> (1) <i>Aspergillus repens</i> (1) <i>Botryosphaeria subglobosa</i> (1) <i>Cladosporium cladosporioides</i> (2) <i>Epicoccum nigrum</i> (2) <i>Penicillium brevicompactum</i> (1) <i>Penicillium citrinum</i> (2) <i>Penicillium pinophilum</i> (1) <i>Trichoderma atroviride</i> (1) <i>Trichoderma koningiopsis</i> (1)
Vietnam	<i>Apiospora montagnei</i> (2) <i>Arthrinium phaeospermum</i> (1) <i>Arthrinium sacchari</i> (3) <i>Aspergillus flavus</i> (5) <i>Aspergillus niger</i> (2) <i>Botryosphaeria subglobosa</i> (5) <i>Epicoccum nigrum</i> (4) <i>Penicillium bialowiezense</i> (1) <i>Penicillium biourgeianum</i> (1) <i>Penicillium brevicompactum</i> (2) <i>Penicillium expansum</i> (1) <i>Penicillium islandicum</i> (1) <i>Pestalotiopsis microspora</i> (1)

Bei den von der Halmoberfläche abgeimpften Pilzen handelt es sich meist um gewöhnliche, weit verbreitete Schimmelpilze, zum Teil auch seltenere Arten. Einige Pilze, wie *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Botryosphaeria subglobosa* (Sheng H. Wu) Hjortstam und *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G. A. de Fries, gehören zu den holzverfärbenden Bläuepilzen, andere, wie *Trichoderma viride* Pers.: Fr., bewirken neben Verfärbungen auch eine Moderfäule-ähnliche Holzersetzung.

Aus der Gruppe der Basidiomycota wurden von Halmen aus Äthiopien, Costa Rica und Thailand acht Stämme des Gemeinen Spaltblättlings *Schizophyllum commune* Fr.: Fr.

isoliert, der auf Bambus häufig vorkommt (SCHMIDT et al. 2011) und Weißfäule bewirkt (SCHMIDT 2006). An einem indonesischem Bambushalm wurde der Dung-Teuerling *Cyathus stercoreus* (Schwein.) de Toni aufgefunden, der in Europa, Asien, Nordamerika und Afrika als Saprobiont auf Dung, morschen Laubholzästen und an im Boden liegenden Pflanzenresten wächst.

Pilzschäden

Während Lagerung und Transport von Bambushalmen (Abb. 4) und Palmenstämmen wird das noch feuchte Substrat häufig von Schimmel- und Bläuepilzen besiedelt, die zu Verfärbungen führen und gesundheitsschädlich sein können.



Abb. 4: Verschimmelte Bambushalme nach Überseetransport aus Asien Fotos: aus TANG 2013

Bei längerer Lagerung unter ungünstigen Bedingungen (Erdkontakt, keine Überdachung) wachsen holzerstörende Fäulnispilze. Bei Palmenholz kann das Gewebe bis auf die resistenteren Leitbündel-Reste abgebaut werden (Abb. 5).

Über holzerstörende Basidiomycota und Ascomycota an Bambus liegen einige Untersuchungen vor (MURPHY et al. 1991, MOHANAN 1997, KIM et al. 2011). Häufig wurden Weißfäulepilze gefunden, die alle drei Komponenten der verholzten Zellwand abbauen können, nämlich Cellulose, Hemicellulosen und Lignin (SCHMIDT 2006), sowie auch Moderfäulepilze, die jedoch nur Cellulose- und Hemicellulosen verwerten und Lignin lediglich geringfügig modifizieren. Braunfäuleerreger (Cellulose-, Hemicelluloseabbau) waren dagegen selten. Eigene Isolierungen von Bambus ergaben mehrfach den Weißfäulepilz *Schizophyllum commune*.



Abb. 5: Während der Lagerung in Malaysia verfaultes Palmenholz

Fotos: A. FRÜHWALD

Messen des pilzlichen Abbaus von Bambus- und Palmenholz

Masseverlust an kleinen Proben

Die Aktivität von holzerstörenden Pilzen wird meist über den prozentualen Masseverlust des Gewebes durch Pilzeinwirkung bestimmt, standardmäßig nach der europäischen Norm EN 113 (1996) mit Reinkulturen auf Malzagar in Kolleschalen. Gefäßvarianten sind Weckgläser und Petrischalen (Abb. 6).



Abb. 6: Kulturgefäße zur Bestimmung des pilzbedingten Masseverlustes bei Bambus und Palmenholz; links: Kolleschale mit *Coniophora puteana* und Bambusproben, Mitte: Weckglas mit *Pleurotus ostreatus* und Bambusproben, rechts: Petrischale mit *P. ostreatus* und Palmholzproben

Fotos: links und Mitte: D. WEI, rechts: O. SCHMIDT

Tabelle 2 nennt die Daten zur Zersetzung verschiedener Bambus-Arten durch einige Weiß-, Braun- und Moderfäulepilze nach einem Jahr Kultivierung in Weckgläsern bei 21 °C.

Tab. 2: Pilzbedingte Masseverluste (%; Minimum-Maximum, Mittelwert fett von 3 Parallelen) bei Bambus nach einem Jahr Kultivierung (nach SCHMIDT et al. 2011)

	Fäuletyp	<i>Bambusa maculata</i>	<i>Gigantochloa atroviolacea</i>	<i>Phyllostachys edulis</i>
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Weißfäule	22,9-35,7 28,2	8,5-13,6 10,6	19,7-22,3 21,0
<i>Trametes versicolor</i>	Weißfäule	50,2-64,0 62,5	45,7-55,4 51,6	44,5-54,0 47,8
<i>Schizophyllum commune</i>	Weißfäule	2,7-2,9 2,8	4,5-7,3 6,7	3,6-5,6 5,2
<i>Coniophora puteana</i>	Braunfäule	2,8-4,2 3,6	5,2-5,9 5,6	4,6-4,8 4,7
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Braunfäule	1,8-2,0 1,9	4,8-6,7 5,7	4,3-7,2 5,3
<i>Chaetomium globosum</i>	Moderfäule	31,2-32,7 31,8	7,6-12,7 9,4	36,9-39,7 38,0

Die Weißfäulepilze Austernseitling, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer, und Schmetterlingsporling, *Trametes versicolor* (L: Fr.) Pilát, bewirkten bei den drei Bambus-Arten mit 11-63 % Masseverlust eine beträchtliche Zersetzung des Gewebes. Der Spaltblättling, *Schizophyllum commune* zeigte nur geringe Aktivität, obwohl er häufig an Bambus wächst. Versuche mit verschiedenen Holzarten hatten gezeigt, dass dieser Pilz auch Holz im Laborversuch kaum abbaut (SCHMIDT & LIESE 1978). Auch die Braunfäulepilze Brauner Kellerschwamm, *Coniophora puteana* (Schum.: Fr.) P. Karst., und Balkenblättling, *Gloeophyllum trabeum* (Pers.: Fr.) Murr., bewirkten nur eine geringe Zersetzung. Dies könnte eine mögliche Erklärung für das seltene Vorkommen von Braunfäulepilzen an Bambus sein.

Für die Anfälligkeit von Bambus liegen Details vor: So wird die Pilzresistenz von Fällzeit und Alter der Halme beeinflusst. Proben von jungen Halmen wurden stärker angegriffen als ältere (HAMID et al. 2003, SCHMIDT et al. 2011). Proben aus der Halmspitze mit dem höchsten Stärkegehalt (LIESE & ABD LATIF 2000, OKAHISHA et al. 2007) wurden mehr abgebaut als solche von der Basis (SCHMIDT et al. 2011).

Abbauversuche mit Palmenholzproben im Labor wurden unseres Erachtens zuvor nicht durchgeführt. An kleinen Proben (2 x 2 cm Querschnitt, 0,7 cm Höhe) in Petrischalen bei 21 °C kam es durch die relativ große Proben-Oberfläche bereits in einem Monat Kultivierung zu beträchtlichem Pilzabbau (Tab. 3). Bei der Ölpalme sind die großen Unterschiede zwischen Stammbasis (Abb. 7, 2. Reihe, links) und

Stammsspitze (4. Reihe, links) auffällig, besonders bei dem Braunfäulepilz *C. puteana*. Ursache dürfte die Rohdichte Verteilung über die Stammlänge sein: Durch die Vielzahl voll ausgereifter Leitbündel an der Stammbasis ist dort die Rohdichte am höchsten und nimmt zur Spitze hin ab. An der Stammsspitze ist jedoch der Anteil leicht abbaubarer Parenchymzellen besonders groß. Bei 61 % Masseverlust durch *C. puteana* (Tab. 3) zerfielen daher die Proben durch Trocknen zu Leitbündelfragmenten (Abb. 7), vergleichbar mit gelagertem Palmenholz (Abb. 5). Bei Dattelpalmen dagegen ist die Dichte über die Stammlänge sehr ähnlich, so dass lediglich die Stammmitte untersucht wurde (Abb. 7, 1. Reihe). Tabelle 3 fasst die Ergebnisse der Abbaubersuche zusammen. Bemerkenswert ist die große Anfälligkeit von Palmenholz gegenüber dem Braunfäulepilz, während diese Pilzgruppe bei Bambushalmen kaum aktiv war (Tab. 2).



Abb. 7: Dattel- und Ölpalmenklötzchen nach 8 Wochen Inkubation mit *Coniophora puteana* (links) und *Pleurotus ostreatus* (rechts); 1. Reihe: Dattelpalme, 2. Reihe: Ölpalme, Stammbasis, 3. Reihe: Ölpalme, Stammmitte, 4. Reihe: Ölpalme, Stammsspitze; Zahlen links und rechts: Masseverluste als Mittelwerte von je 4 Proben in %

Foto: O. SCHMIDT

Mikroskopie von Pilzschäden an Bambus

Nur die Bläue- und Fäulnispilze wachsen tiefer in das Gewebe ein. Die Abbildung 8 zeigt lichtmikroskopisch Bläuepilze in Bambus (WEI 2014), die zu unerwünschten Farbfehlern führen. Charakteristisch für Bläuepilze sind die relativ dicken und durch den Farbstoff Melanin braunen Hyphen und Dauersporen (Chlamydosporen). Vereinzelt wuchsen dünne Perforationshyphen (Transpressorien) durch verholzte Zellwände. Die Festigkeit des Gewebes wird durch Bläuepilzbefall kaum beeinflusst, da das Durchwachsen mit Transpressorien die einzige Schädigung der Zellwand ist (LIESE 1970, SCHMIDT 2006).

Tab. 3: Pilzbedingte Masseverluste (Minimum-Maximum, Mittelwert fett von 4 Parallelen) bei Palmenholz (unveröffentlicht)

Palmen-Art	Position im Stamm	Pilz	% Masseverlust	
			1 Monat	2 Monate
Dattelpalme	Mitte	<i>Coniophora puteana</i>	19,5-30,0 21,5	29,2-43,2 36,0
		<i>Pleurotus ostreatus</i>	20,9-25,7 23,0	40,6-52,1 46,3
Ölpalme	Basis	<i>Coniophora puteana</i>	4,8-13,6 10,4	6,1-14,9 10,2
		<i>Pleurotus ostreatus</i>	4,8-10,7 7,7	14,4-20,3 16,9
	Mitte	<i>Coniophora puteana</i>	23,0-45,5 33,2	30,9-70,9 60,3
		<i>Pleurotus ostreatus</i>	15,0-18,1 17,3	23,2-55,6 39,3
	Oben	<i>Coniophora puteana</i>	30,6-60,5 50,0	58,3-62,8 61,2
		<i>Pleurotus ostreatus</i>	15,0-26,1 21,3	29,3-34,0 31,8

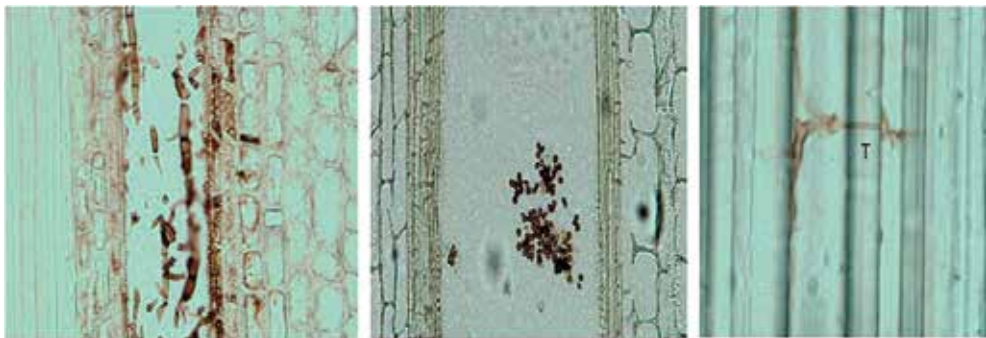


Abb. 8: Längsschnitte mit Bläue in Bambus: links: dicke, braune Bläuepilz-Hyphen in einem Gefäß von *Phyllostachys pubescens*, Mitte: dickwandige, braune Chlamydosporen in *Gigantochloa atroviolacea*, rechts: Durchdringen der Zellwand mit einem Transpressorium in *Bambusa maculata*
Fotos: aus WEI 2014

Transmissions-Elektronenmikroskopie

Abbildung 9 zeigt Weißfäulebilder im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) (WEI 2014). Die im Zelllumen wachsenden Hyphen bauen mit ihren Enzymen die Zellwand sukzessive über Tertiär- und Sekundärwand bis zum Mittellamellen-/Primärwandbereich ab (Abb. 9, links). Cellulose, Hemicellulose und Lignin werden bei dieser simulanten Weißfäule nahezu gleichzeitig und gleich intensiv veratmet (LIESE 1970, SCHMIDT 2006). Im Spätstadium (Abb. 9, rechts) sind nur noch die Zwickelbereiche, granulare Wandreste und die Hyphen erkennbar.

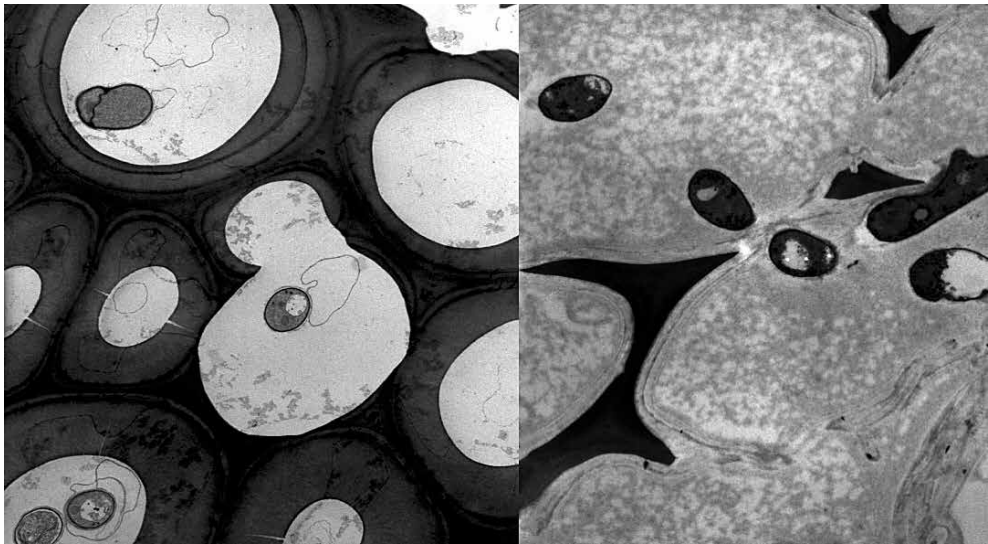


Abb. 9: Querschnitte (TEM-Aufnahmen) von früher (links) und fortgeschrittener (rechts) Weißfäule in Faserzellen von *Bambusa maculata*
Fotos: D. WEI

Die zu den Ascomycota gehörenden Moderfäulepilze wachsen innerhalb der verholzten Zellwand (LIESE 1959) und erzeugen durch ihren Cellulose- und Hemicellulose-Abbau Löcher in der Sekundärwand (Abb. 10, links), die im Längsschnitt durch die periodische Pilzaktivität als perlschnurartig angeordnete Kavernen erkennbar sind. Im Spätstadium ist die gesamte Sekundärwand abgebaut und nur die stark lignifizierte Tertiär- und Mittellamellen/Primärwände bleiben übrig (Abb. 10, rechts), da Moderfäulepilze Lignin kaum angreifen (SCHMIDT 2006).

Ultraviolett-mikrospektral-photometrie

Mit der Ultraviolett-mikrospektral-photometrie (UMSP) können Menge und Verteilung von Lignin innerhalb verholzter Zellwände gemessen werden. Lignin der Angio- und Gymnospermen hat sein Absorptionsmaximum bei 272-280 nm Wellenlänge. Das Lignin der Monokotyledonen wird durch seinen Aufbau aus Guajacyl-, Syringyl- und *p*-Hydroxyphenyl-Einheiten GSH-Lignin genannt und besitzt durch große Anteile von *p*-Hydroxybenzoesäure ein weiteres Maximum bei 310-320 nm. Abbildung 11 zeigt am

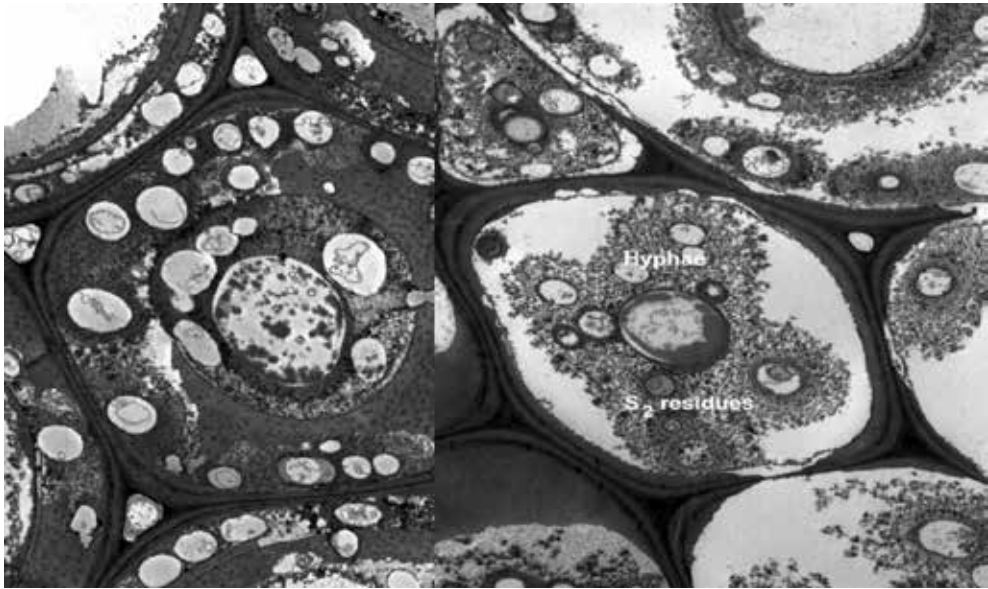


Abb. 10: Querschnitte (TEM-Aufnahmen) von mittlerer (links) und fortgeschrittener (rechts) Moderfäule in Faserzellen von *Bambusa maculata* Fotos: D. WEI

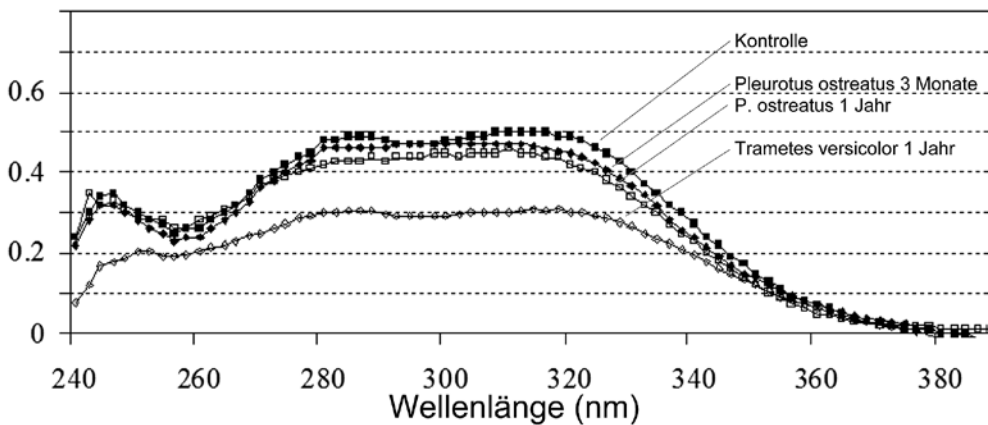


Abb. 11: UV-Absorptionskurven der Sekundärwand von *Bambusa maculata*-Gefäßen vor und nach Inkubation mit Weißfäulepilzen Grafik: D. WEI

Beispiel der Sekundärwand von Leitbündel-Gefäßen bei *Bambusa maculata* Widjaja die UV-Absorptionskurven von gesundem Gewebe und nach Abbau durch zwei Weißfäulepilze (WEI 2014). Mit UMSP und Elektronenmikroskopie haben KIM et al. (2008) den Abbau von *Phyllostachys edulis* (Carrière) J. Houz. durch den Weißfäulepilz Shiitake *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler und CHO et al. (2008) durch *Gloeophyllum trabeum* untersucht.

Mit dem UMSP-Scanningverfahren wird die Ligninmenge in definierten Zellen und Wandbereichen anhand der Absorption bei 278 nm Wellenlänge gemessen. Die zwei- und dreidimensionalen UV-Profile (Abb. 12, oben) zeigen die Absorptionen der Wandschichten von Faserzellen der Ölpalme (*Elaeis guineensis*) durch Farbvergleich mit der Balkenskala (WEI 2014). *Pleurotus ostreatus* bewirkte in einem Monat Inkubation bei 17 % Masseverlust der Probe eine deutliche Delignifizierung (Abb. 12, unten). FATHI et al. (2014) haben die Gefäßbündel von gesundem Palmholzgewebe (Kokospalme, *Cocos nucifera* L.) mittels UMSP dargestellt.

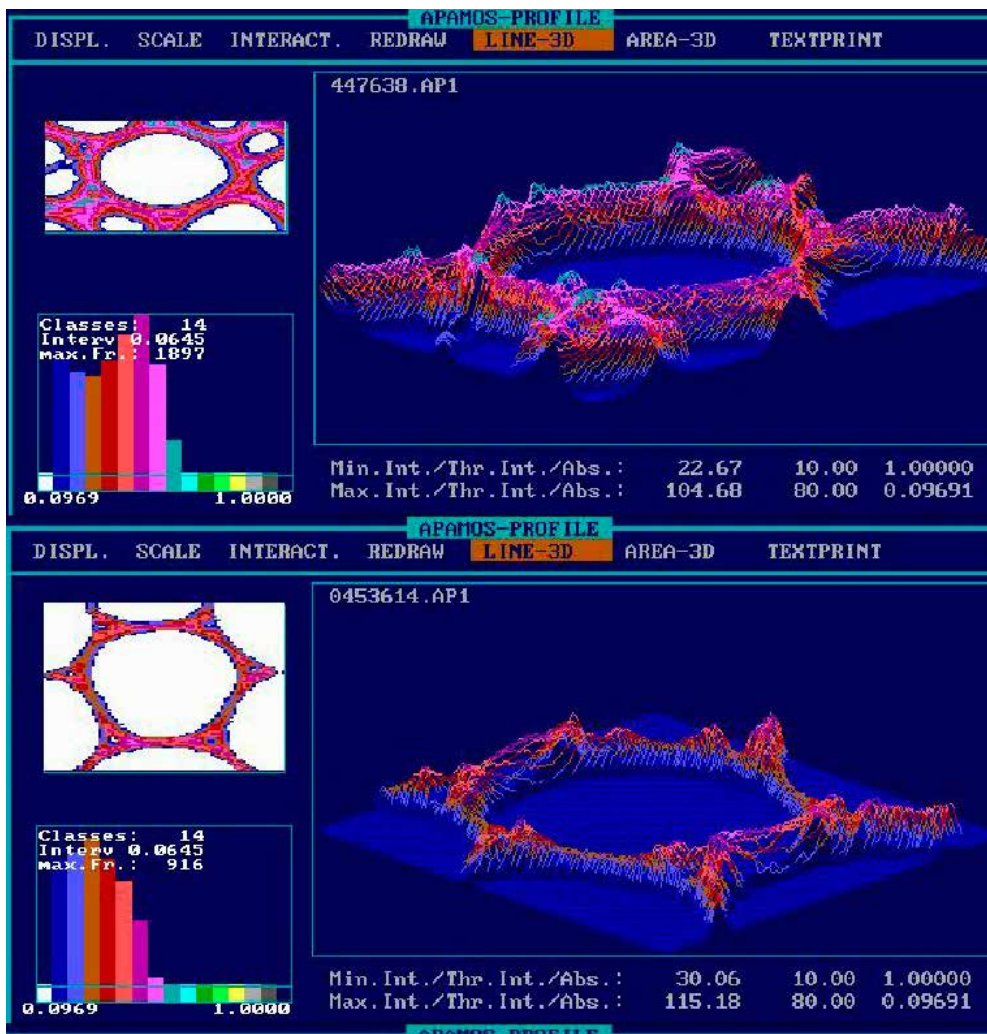


Abb. 12: Zwei- und dreidimensionale UV-Scanning-Profile von Querschnitten der Faserzellen der Ölpalme (*Elaeis guineensis*) von gesundem Gewebe (oben) und nach 1 Monat Inkubation mit *Pleurotus ostreatus* (unten)
Grafik: M. BAHMANI

Chemische Analysen an pilzabgebautem Bambus

Neben der Mikroskopie liefern chemische Untersuchungen des von Pilzen durchwachsenen Gewebes Hinweise auf die spezifische Abbauproduktivität verschiedener Pilzgruppen. Tabelle 4 zeigt die pilzbedingten Veränderungen der Zellwandbestandteile Cellulose, Hemicellulose und Lignin (WEI 2014).

Table 4. Chemische Zusammensetzung (%) von Bambusproben nach einem Jahr Pilzabbau in Weckgläsern (nach WEI 2014)

Bambus	Pilz	Glucose	Cellobiose	Cellulose	Ara-biose	Xylose	Hemicellulose	Lignin
<i>Phyllostachys edulis</i>	Kontrolle	41,5	0,7	42,2	1,4	24,4	26,8	26,2
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	35,3	0,2	35,5	0,8	18,7	20,2	20,9
	<i>Trametes versicolor</i>	24,2	0,1	24,3	0,6	12,2	13,3	14,1
	<i>Chaetomium globosum</i>	22,6	0,1	22,8	0,7	14,1	15,4	20,6
<i>Gigantochloa atroviolacea</i>	Kontrolle	47,8	0,7	48,5	1,2	16,1	18,6	29,5
	<i>Trametes versicolor</i>	25,0	0,1	25,1	0,4	7,1	8,0	14,4

Zur besseren Übersicht sind von der Hemicellulose nur die Einzelzucker Arabinose und Xylose aufgeführt und nicht die Zucker mit geringem Prozent-Anteil (Galaktose, Mannose, Rhamnose, 4-O-Methylglucuronsäure), so dass die Summen nicht 100 % ergeben. Ebenso sind die Daten für die wenig aktiven Braunfäulepilze und für *Schizophyllum commune* nicht genannt (siehe Tab. 2).

Pleurotus ostreatus und *Trametes versicolor* veratmeten als simultane Weißfäule-Erreger Cellulose, Hemicellulose und Lignin in etwa gleichem Umfang. Auffällig ist der relativ starke Ligninverlust durch *Chaetomium globosum* Kunze: Fr., obwohl dieser Moderfäulepilz nicht die aromatischen Ringe öffnen, sondern nur die Methylgruppen abspalten und die Seitenketten der Ringe spalten kann (SCHMIDT 2006).

Temporärer Pilzschutz bei Bambushalmen und Palmenholz

Um Pilzschäden an frischen Bambushalmen und Palmenstämmen und ihrer Schnittware während der ersten pilzsensiblen Wochen (temporärer Schutz) nach dem Fällen einzudämmen, erfolgten Versuche mit verschiedenen Schutzmitteln. Auf Grund

der positiven Erfahrungen mit organischen Säuren zum Schutz von Lignocellulosen gegen Pilze (siehe Einleitung) wurde die Wirkung verschiedener Säuren zum kurzzeitigen Schutz von Bambushalmen und Palmenholz untersucht. Kleine Proben wurden 15 Minuten in dünne Säurelösungen getaucht und in kleinen Plastikgefäßen (Abb. 13) oder auf Malzagar in Petrischalen (Abb. 6) dem Angriff von Schimmelpilzen und holzzerstörenden Basidiomyceten ausgesetzt.

Für den Schimmelpilztest mit Bambus wurde als Impfmateriale eine Sporenmischung (Konidien) von *Aspergillus flavus* Link, *A. niger* van Tieghem, *A. oryzae* (Ahlb.) Cohn, *P. variotii* und *Penicillium* sp. von vietnamesischem Bambus verwendet (TANG et al. 2009). Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse.

Tab 5. Wirksamkeit organischer Säuren gegen Verschimmeln von Bambusproben (nach TANG et al. 2009, SCHMIDT et al. 2014).

Chemikalie	%		<i>Bambusa stenostachys</i>		<i>Thyrostachys siamensis</i>	
		pH-Wert	Wochen Inkubation			
			1	8	1	8
Kontrolle			3	4	3	4
Ameisensäure	10	3,7	3	4	4	4
Citronensäure	10	2,6	4	4	2	4
Essigsäure Na-Acetat	10	2,8	0	0	0	0
	10	8,5	4	4	4	4
Propionsäure Na-Propionat	7	2,9	0	0	0	0
	10	8,1	2	4	0	4
Borsäure + Na-Borat	2	8,7				
	3		3	4	0	4

0 = kein Schimmelpilzwachstum, 2 = 11-25 % der Probenoberfläche bewachsen, 3 = 26-50 % Bewuchs, 4 = ≥ 51 % Bewuchs

Ameisensäure, Citronensäure und die in Asien verwendete Borax/Borsäuremischung waren unwirksam. Essigsäure und Propionsäure verhinderten Schimmelpilzwachstum über die gesamte Versuchsdauer von acht Wochen. In dieser Zeitspanne trocknen Bambushalme unter Fasersättigung ab und sind dann gegen Pilze geschützt. Die Natrium-Salze beider Säuren waren jedoch unwirksam.

Essigsäure allein oder in Form von Essig ist eines der ältesten und verbreitetsten Schutzmittel für tierische und menschliche Nahrungsmittel gegen Bakterien, Schimmelpilze und Hefen. Konzentrationen von 0,02–0,04 % hemmten verschiedene Bakterien und 0,02–0,09 % wirkten letal; die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E. C. Hansen wurde durch 0,59 % Essigsäure gehemmt und *A. niger* durch 0,27 % (LEVINE & FELLERS 1940a). Konzentrationen von 2–9 %, wie im Haushaltssessig, töteten sporenlose Bakterien ab (WALLHÄUSSER & SCHMIDT 1967). Propionsäure hat die breiteste antimikrobielle Wirkung (WOOLFORD 1975). Sie wird seit Jahrzehnten zum Schutz von Tierfutter (Getreide, Heu, Silage) eingesetzt und ist in den USA als Fungizid und Bakterizid für Innenräume zugelassen (KUNG et al. 1998, HAQUE et al. 2009). Propionsäure kommt durch Propionsäurebakterien natürlich im menschlichen Stoffwechsel und in Nahrungsmitteln vor (Schweizer Käse bis 1 %).

In Tabelle 5 wird zudem der Einfluss des pH-Wertes der Lösungen deutlich. Die Hemmwirkung organischer Säuren steigt mit abnehmendem pH-Wert (WOOLFORD 1975). Daher ist der Einfluss von Essig- und Propionsäure komplex, zum Teil bedingt durch die H-Ionen und zum Teil durch das nicht-dissoziierte Molekül, wobei die Wirkung des Letzteren deutlich überwiegt (LEVINE & FELLERS 1940b). In Lösung existieren schwache Säuren in einem pH-abhängigen Gleichgewicht zwischen dem nicht-dissoziierten und dissoziierten Zustand. Die Hemmwirkung ist bei niedrigem pH-Wert optimal, weil dies den ungeladenen, nicht-dissoziierten Zustand des Moleküls begünstigt. In diesem Stadium kann es frei durch Plasmamembranen in Zellen eindringen und im Inneren zu geladenen Ionen und Protonen dissoziieren, die Membranen schädigen und Stoffwechselreaktionen hemmen (BRUL & COTE 1999). Bei Holz erreichten WELLING & LAMBERTZ (2008) einen Schimmelpilzschutz jedoch auch durch die Verwendung von Salzen, wie Na-Carbonat.

Die positiven Ergebnisse im Laborexperiment zur Schutzwirkung von Essig- und Propionsäure wurden bei praxisnahen Versuchen mit größeren Bambusproben im feuchten Klima von Vietnam bestätigt (TANG et al. 2012).



Abb. 13: Schimmelpilzbewuchs auf ungeschützten Dattel- (links) und Ölpalmenklötzchen (rechts) nach 2 Wochen Inkubation
Fotos: O. Schmidt

Vergleichbare Versuche erfolgten zum Schutz von Palmenholzproben (BAHMANI et al. 2014). Kleine Proben wurden in Säuren getaucht und mit Konidien von drei Schimmelpilzarten beimpft sowie auch mit den im Labor vorhandenen Luftsporen infiziert. Um den in der Natur gegebenen ständigen Infektionsdruck durch Luftsporen zu imitieren, wurden die Proben nach dem ersten Monat ein zweites Mal infiziert. Die unbehandelten Palmenholzproben waren bereits innerhalb von zwei Wochen völlig verschimmelt (Abb. 13).

Tabelle 6 zeigt den Schutz von Palmenholzproben durch Behandlung mit Essig- und Propionsäure (BAHMANI et al. 2014).

Tabelle 6. Wirksamkeit organischer Säuren gegen Verschimmeln von Palmenholzproben (nach BAHMANI et al. 2014)

Palme	Pilz	Kontrolle			5 % Essig-säure		5 % Propion-säure		4 % Borsäure	
		2 Tage	1 Monat	2 Monate	1 Monat*	2 Monate	1 Monat*	2 Monate	3 Tage	1 Monat
Ölpalme	<i>Aspergillus niger</i>	1	3	3	0	0	0	0	1-2	3
	<i>Penicillium</i> sp.	0-1	3	3	0	0	0	0	0-2	2-3
	<i>Cladosporium</i> sp.	0-1	1-2	3	0	0	0	0	0-2	1-3
	Natürliche Infektion	0	1-2	3	0	0	0	0	0-1	3
Dattelpalme	<i>Aspergillus niger</i>	1	3	3	0	0	0	0	1-2	3
	<i>Penicillium</i> sp.	1	2-3	3	0	0	0	0	1-2	2
	<i>Cladosporium</i> sp.	0-1	0-3	2-3	0	0	0	0	0-1	3
	Natürliche Infektion	0	1-3	3	0	0	0	0	0-2	2-3

0 = kein Probenbewuchs, 1 = geringer Bewuchs, 2 = mittlerer Bewuchs, 3 = gesamte Oberfläche bewachsen, * = erneute Beimpfung nach 4 Wochen

Fünfprozentige Lösungen von Essig- bzw. Propionsäure verhinderten ein Verschimmeln der Palmenholzproben, während das unbehandelte Material bereits nach zwei Tagen ersten Schimmelbewuchs zeigte. Auch die bei Palmen in der Praxis verwendete

Borsäure war unwirksam. Ergebnisse einer laufenden Masterarbeit zeigen, dass bereits zweiprozentige Lösungen von Essig- und Propionsäure Schimmelpilzwachstum verhindern.

Palmenholz kann nach Fällen und Zuschnitt des feuchten Holzes von holzschädigenden Pilzen befallen und zersetzt werden (siehe Abb. 5). Daher erfolgten bei Palmenholzproben entsprechende Schutzversuche mit organischen Säuren gegen einige Weiß-, Braun- und Moderfäulepilze (BAHMANI et al. 2014). Die Schutzwirkung wurde über den pilzbedingten Masseverlust von Proben ermittelt, die zuvor 15 Minuten in Säurelösung getaucht waren (Tab. 7).

Tabelle 7: Masseverluste (% , Minimum-Maximum, Mittelwerte fett) bei Palmenholzproben durch Fäulnispilze nach zwei Monaten Kultivierung (nach BAHMANI et al. 2014)

Palme	Pilz	Kontrolle	Essigsäure		Propionsäure	
			5 %	10 %	5 %	10 %
Ölpalme	<i>Pleurotus ostreatus</i>	1,3-36,6 12,7 24*	1,9-28,1 9,2 12*	0,6-6,5 4,1 9*	0,6-14,1 5,1 7*	0,7-7,2 4,3 9*
	<i>Coniophora puteana</i>	1,1-37,0 14,3 9*	3,8-17,0 8,3 3*	1,4-9,3 5,4 2*	11,2 1*	1,4 1*
	<i>Chaetomium globosum</i>	0,0-5,3 1,7	0,0-5,6 1,5	0,0-3,9 1,4	0,0-3,2 0,9	0,0-2,6 1,0
Dattelpalme	<i>Pleurotus ostreatus</i>	10,7-42,0 25,7 22*	2,6-20,9 10,8 18*	1,6-16,1 8,4 18*	2,2-12,4 6,7 13*	1,1-17,0 7,7 12*
	<i>Coniophora puteana</i>	16,5-42,0 25,8 5*	3,8-26,6 6,9 5*	6,3-23,2 11,0 4*	10,8-19,0 13,6 3*	4,3-20,8 12,6 2*
	<i>Chaetomium globosum</i>	0,8-8,3 3,1	0,5-5,9 2,2	0,0-5,4 2,3	0,0-5,1 2,0	0,0-5,1 2,1

* Anzahl myzelbewachsener Proben von 27 untersuchten Proben

Essig- und Propionsäure gehören nicht zu den üblichen Holzschutzmitteln gegen Fäulnispilze. Dennoch minderten beide Säuren beträchtlich den Abbau durch die überprüften Weiß-, Braun- und Moderfäulepilze. Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kontrollklötzchen und unterschiedlich imprägnierten Proben in einer Petrischale variierten die Messwerte beträchtlich und es wurden nicht jeweils alle 27 Klötzchen einer

Versuchsvariante bewachen. Möglicherweise erfolgte eine Art Fernwirkung, indem das dem Kontrollklötzchen nahe Myzel durch Säuretransport in den Hyphen aus den benachbarten Klötzchen gehemmt wurde. Für einige Holzschutzmittelbestandteile liegen Befunde zur hemmenden Wirkung ihrer Gasphase vor (BECKER 1950). Da Moderfäulepilze überwiegend innerhalb von Holzgewebe wachsen und kaum Oberflächenmyzel ausbilden, konnte ein Bewuchs der Klötzchen bei *Ch. globosum* mit bloßem Auge nicht erkannt werden.

Insgesamt haben die Versuche zum temporären Schutz von Bambushalmen und Palmenstämmen gezeigt, dass beide während der pilzsensiblen Zeit nach dem Fällen durch einfache Behandlung mit schwachen Säuren vor Schimmelbefall komplett geschützt werden und gegen Fäulnispilze eine hemmende Wirkung besteht.

Schutz von Bambus für die Außenverwendung

Zum Schutz von Bambushalmen für die spätere Außenverwendung als Konstruktionsmaterial für Häuser, Brücken u. ä. werden nicht-chemische Verfahren angewendet, wie Wasserlagerung der Halme zum Auswaschen der Stärke und Räuchern zur Bildung hemmender Substanzen.

Zur chemischen Behandlung (LIESE & KUMAR 2003) werden die Halme nach Durchbohren der Nodien in Borlösung getaucht (Abb. 14, links). Beim vertikalen



Abb. 14: Schutzbehandlung von Bambus durch Tauchen (links) und durch das Diffusionsverfahren (rechts)
Fotos: W. LIESE



Abb. 15: Saftverdrängungsverfahren zur Druckimprägnierung von Bambushalmen
Zeichnung, Fotos: W. LIESE

Diffusionsverfahren werden alle Nodien bis auf das unterste perforiert und der senkrecht stehende Halm wird mit Tränklösung gefüllt (Abb. 14, rechts). Beim Saftverdrängungsverfahren wird die Lösung über eine Kappe an einem Halmente durch den saftfrischen, nicht-perforierten Halm gepresst, bis am anderen Ende Schutzmittel austritt (Abb. 15). Halmabschnitte und gespaltenen Bambus werden unter Druck in Tränkeseln imprägniert (LIESE & KUMAR 2003; TANG 2013), wie sie auch für die Drucktränkung von Holz verwendet werden.

Zum Schutz von Palmenholz wird unseres Wissens bisher nur Borsäure verwendet.

Dank

Wir danken Frau Tanja Potsch und Frau Karin Brandt für die Hilfe beim TEM und der UMSP.

Literatur

- BAHMANI M, SCHMIDT O, FATHI L, FRÜHWALD A (2014): Environment-friendly short-term protection of palm wood against mould and rot fungi. *Wood Material Science & Engineering*. <http://dx.doi.org/10.1080/17480272.2014.981581>
- BAUCH J, HUNDT HV, WEISSMANN G, LANGE W, KUBEL H (1991): On the causes of yellow discolorations of oak heartwood (*Quercus Sect. Robur*) during drying. - *Holzforschung*, **45**: 79-85.
- BECKER G (1950): Neue Erkenntnisse über Fluor-Verbindungen im Holzschutz. - *Angewandte Chemie* **62**: 382-385.
- BRUL S, COOTE P (1999): Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. - *International Journal of Food Microbiology*, **50**: 1-17.
- CHO CH, LEE KH, KIM JS, KIM YS (2008): Micromorphological characteristics of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) fibers degraded by a brown rot fungus (*Gloeophyllum trabeum*). - *Journal Wood Science* **54**: 261-265.
- DUJESIEFKEN D, LIESE W (2008): Das Cudit-Prinzip. Von den Bäumen lernen für eine fachgerechte Baumpflege. - Haymarket Media, Braunschweig. 159 S.
- EN 113 (1996): Determination of toxic values of wood preservatives against wood destroying Basidiomycetes cultured on agar medium. (Brüssel: European Committee for Standardization).
- FATHI L (2014): Structural and mechanical properties of the wood from coconut palms, oil palms and date palms. - Dissertation, Universität Hamburg.
- FATHI L, FRÜHWALD A (2014): The potential use of timber from palm trees for building purposes. Proceedings from the World Conference on Timber Engineering Quebec, Canada.
- FATHI L, FRÜHWALD A, KOCH G (2014): Distribution of lignin in vascular bundles of coconut wood (*Cocos nucifera*) by cellular UV-spectroscopy and relationship between lignification and tensile strength in single vascular bundles. *Holzforschung* DOI 10.1515/hf-2013-0213.
- HAMID NH, ABD LATIF M, SULAIMAN O (2003): Decay resistance of bamboo (*Gigantochloa scortechinii*) compared to 24 Malaysian hardwood. XII. World Forestry Congress Québec, Canada.

- HAQUE MN, CHOWDHURY R, ISLAM KMS, AKBAR MA (2009): Propionic acid is an alternative to antibiotics in poultry diet. - Bangladesh Journal of Animal Science **38**: 115-122.
- KIM JS, LEE KH, CHO CH, KOCH G, KIM YS (2008): Micromorphological characteristics and lignin distribution in bamboo (*Phyllostachys pubescens*) degraded by the white rot fungus *Lentinus edodes*. - Holzforschung **62**:481-487.
- KIM J-J, LEE S-S, RA J-B, LEE H, HUH N, KIM G-H (2011): Fungi associated with bamboo and their decay capabilities. - Holzforschung **65**: 271-275.
- KUNG L, SHEPERD AC, SMAGALA AM., ENDRES KM, BESSETT CA, RANJIT NK, GLANCEY JL (1998): The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. - Journal of Dairy Science **81**: 1322-1330.
- LEVINE AS, FELLERS CR (1940a): Inhibiting effect of acetic acid upon microorganisms in the presence of sodium chloride and sucrose. - Journal of Bacteriology **40**: 255-269.
- LEVINE AS, FELLERS CR (1940b): Action on acetic acid on food spoilage microorganisms. - Journal of Bacteriology **39**: 499-516.
- LIESE W (1959): Bamboo preservation and soft-rot. FAO Report to the Government of India. 1106 S.
- LIESE W (1970): Ultrastructural aspects of woody tissue disintegration. - Annual Review Phytopathology **8**: 231-235.
- LIESE W (1985): Bamboos – biology, silvics, properties, utilization. Schriftenreihe GTZ, Eschborn 180 S.
- LIESE W (1998): The anatomy of bamboo culms. INBAR Technical Report 18, Beijing.
- LIESE W, ABD LATIF M (2000): The starch content of two Malaysian bamboos in relation to age, culm height, site and harvesting month. Poster XII IUFRO World Congress, Vol. 3, 261.
- LIESE W, KUMAR S (2003): Bamboo preservation compendium. INBAR, Beijing, China, Technical Report 22.
- LIESE W, WALTER K (1978): Deterioration of bagasse during storage and its prevention. Proceedings 4th International Symposium Berlin: 247-250.
- MOHANAN C (1997): Diseases of bamboos in Asia. International Development Research Centre, New Delhi.
- MURPHY RJ, ALVIN KL, TAN Y-F (1991): Development of soft rot decay in the bamboo *Sinobambusa tootsik*. - IAWA Bulletin n. s. **12**: 85-94.
- OKAHISA Y, YOSHIMURA T, SUGIYAMA J, HORIKAWA EY, IMAMURA Y (2007): Longitudinal and radial distribution of free glucose and starch in moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel). - Journal Bamboo and Rattan **6**: 21-31.
- SCHMIDT O (2006): Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use. Springer, Berlin.
- SCHMIDT O, LIESE W (1978): Biological variations within *Schizophyllum commune*. - Material und Organismen **11**: 215-230.
- SCHMIDT O, WEI D, TANG TKH, LIESE W (2014): Bamboo and fungi. - Journal Bamboo and Rattan, im Druck.
- SCHMIDT O, WEI DS, LIESE W, WOLLENBERG E (2011): Fungal degradation of bamboo samples. - Holzforschung **65**: 883-888.

- TANG TKH (2013): Investigations on preservation and drying of commercial bamboo species of Vietnam. Dissertation, Universität Hamburg.
- TANG TKH, SCHMIDT O, LIESE W (2009): Environment-friendly short-term protection of bamboo against moulding. - Journal of Timber Development Association of India **55**: 8-17.
- TANG TKH, SCHMIDT O, LIESE W (2012): Protection of bamboo against mould using environment-friendly chemicals. - Journal of Tropical Forest Science **24**: 285-290.
- WALLHÄUSSER KH, SCHMIDT H (1967): Sterilisation, Desinfektion, Konservierung, Chemotherapie. Thieme, Stuttgart.
- WEI D (2014): Bamboo inhabiting fungi and their damage to the substrate. Dissertation, Universität Hamburg.
- WEINER G, LIESE W (1995): Wound response in the stem of the Royal palm. - IAWA Journal **16**: 433-442.
- WELLING W, LAMBERTZ G (2008): Environmentally friendly temporary anti-mould treatment of packaging material before drying. Maderas. - Ciencia y Tecnologia **10**: 25-33.
- WOOLFORD MK (1975): Microbiological screening of straight chain fatty acids (C1-C12) as potential silage additives. - Journal of Science of Food and Agriculture **26**: 219-228.

Prof. Dr. rer. nat. Olaf Schmidt

Dipl.-Biol.; seit 1973 Forschung zu Pilzen und Bakterien in Holz und Bäumen in der Abteilung Holzbiologie, Zentrum Holzwirtschaft, Universität Hamburg



Dr. rer. nat. Dongsheng Wei (aus China)

Dissertation 2014 am Fachbereich Biologie, Universität Hamburg
„Bamboo inhabiting fungi and their damage to the substrate“



Dr. rer. nat. Mohsen Bahmani (aus dem Iran)

Promotion 2014 am Fachbereich Biologie, Universität Hamburg
mit einer Dissertation zu einem Holzschutzthema; Forschung
zum Schimmelpilzschutz von Palmenholz



Dr. rer. nat. Thi Kim Hong Tang (aus Vietnam)

Dissertation 2013 am Fachbereich Biologie, Universität
Hamburg „Preservation and drying of commercial bamboo
species of Vietnam“



Prof. Dr. forest. Dr. h.c. mult. Walter Liese

1963-1991 Professor für Holzbiologie, Fachbereich Biologie,
Universität Hamburg verbunden mit der Leitung des
Instituts für Holzbiologie und Holzschutz der ehemaligen
Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
(BFH), Hamburg; 1977-1981 Präsident der IUFRO
(Internationaler Verband forstlicher Forschungsanstalten);
seit 60 Jahren Arbeiten zu Struktur, Eigenschaften und
Verwendung von Bambus und Palmen;
weltweit „Father of Bamboo“ genannt





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 Heftreihe 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. Freigegebiger 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: 2015

Band/Volume: [81_2015](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Olaf, Wei Dongsheng, Bahmani Mohsen, Hong Thi Kim, Liese Walter

Artikel/Article: [Pilzbefall und Schutz von Bambushalmen und Palmenholz – eine Übersicht 57-80](#)