

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 156 (2005)

Heft: 6

Artikel: Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Möglichkeiten der Vergütung von Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen, Teil 1 : Pilzresistenz - ein Vergleich ausgewählter unkonventioneller Holzschutzverfahren mit handelsüblichen Holzschutzmitteln

Autor: Niemz, Peter / Jakob, Markus / Hurst, Andreas / Heeb, Markus

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098044>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Möglichkeiten der Vergütung von Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen

Teil 1: Pilzresistenz – ein Vergleich ausgewählter unkonventioneller Holzschutzverfahren mit handelsüblichen Holzschutzmitteln (reviewed paper)

PETER NIEMZ, MARKUS JAKOB, ANDREAS HURST UND MARKUS HEEB

Keywords: Wood preservation; wood care preservative; historic wood preservation; thermally treated timber; weathering behavior; fungal resistance; *Picea abies*; *Fitzroya cupressoides*. FDK 84

Abstract: The tests showed that the unorthodox methods could be an alternative to the common treatments in some fields of application. Tests on the rate of fungal decay showed that some historical methods (boric acid, sodium carbonate, potash) perform quite well in unweathered condition, whereas weathered samples perform significantly worse. This is due to the fact that these preservation agents do not adhere to the wood, or do so only weakly. Weathering clearly shows the susceptibility of traditional methods due to leaching caused by the weather. We found great differences amongst standard products.

Abstract: Versuche mit verschiedenen Holzschutzmitteln zeigten, dass traditionelle Methoden im Vergleich zu heute üblichen Behandlungsweisen eine Alternative sein können. Mittels Pilzbeimpfung konnte festgestellt werden, dass einige traditionelle Methoden der Holzbehandlung (Borsäure, Soda, Pottasche) im unbewitterten Zustand ausreichende Schutzwirkung erzielen. Im bewitterten Zustand war die Schutzwirkung dagegen deutlich schlechter. Dies liegt daran, dass diese Mittel kaum oder gar nicht im Holz fixiert werden. Bei der Freibewitterung zeigt sich eindeutig, dass die traditionellen Behandlungsarten anfällig auf eine witterungsbedingte Auswaschung sind. Auch bei den handelsüblichen Schutzmitteln wurden grosse Unterschiede in deren Wirksamkeit nachgewiesen.

1. Einleitung

Durch das gewachsene Umweltbewusstsein der Bevölkerung erlebt Holz seit einigen Jahren als Baumaterial einen Aufschwung. Gleichzeitig stieg das Interesse an umweltfreundlichen Methoden des Holzschutzes. Zahlreiche gut erhaltene historische Bauten zeugen davon, dass Holz, richtig eingesetzt, sehr dauerhaft ist und entsprechende Konstruktionen Jahrhunderte überdauern können. Holzschutz hat eine sehr lange Tradition; bereits vor Jahrhunderten waren verschiedene Massnahmen zum Schutz von verbautem Holz bekannt. Einige dieser häufig als «traditionelle Methoden» bezeichneten Verfahren gewinnen derzeit wieder verstärkt an Bedeutung.

Zahlreiche Publikationen zu dieser Thematik bestätigen diesen Trend (siehe z.B. LEISSE 1992, 1994, 1996). So werden momentan verstärkt hydrophobierende Anstriche eingesetzt. Auch die seit einigen Jahren intensiv untersuchte thermische Behandlung findet zunehmend Anwendung im Bereich des Holzschutzes. Aufbauend auf einer Literaturrecherche zu historischen Holzschutzmassnahmen wurden einige dieser Methoden im Vergleich zu konventionellen Holzschutzmitteln getestet.

Folgende Eigenschaften der verschieden behandelten Hölzer wurden untersucht:

- Beständigkeit gegen Pilzbefall nach DIN EN 113,
- Wasserdampfdurchlässigkeit nach DIN EN 52 615,
- Wasseraufnahmekoeffizienten nach DIN EN ISO 15 148,
- Verhalten bei Freibewitterung.

In Teil 1 wird nur über die Pilzbeständigkeit, in Teil 2 (NIEMZ *et al.* in diesem Heft) darauf aufbauend über Wasserdampfdurchlässigkeit, Wasseraufnahmekoeffizient und Freibewitterung berichtet.

2. Literaturübersicht

2.1. Begriffe

Als Holzschutz sind nach DIN 52 175 alle Massnahmen zu verstehen, die zur Erhaltung und Verlängerung der Funktions-

tüchtigkeit und Gebrauchsdauer von Holz und Holzwerkstoffen dienen. Das beinhaltet Massnahmen, die eine Wertverminderung und/oder Zerstörung von Holz und Holzwerkstoffen, besonders durch Pilze, Insekten und Feuer, verhüten und damit eine lange Gebrauchsdauer sicherstellen sollen.

Holzschutzmittel sind gemäss Stoffverordnung Produkte, die zum Schutz von Holz verwendet werden und zu diesem Zweck Wirkstoffe gegen holzerstörende und/oder holzverfärbende Organismen enthalten. Für diese Produkte muss eine Zulassungsbewilligung des zuständigen Amtes, in der Schweiz ist es das Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal), vorliegen. Die Etiketten solcher Holzschutzmittel müssen mit der Angabe der Buwal-Nummer sowie dem Gehalt der Wirkstoffe versehen sein. Mittel, die mit einer Holzschutzwirkung angeboten werden, jedoch keine insektenabwehrenden oder pilzbekämpfenden Chemikalien enthalten, fallen nicht unter den Begriff Holzschutzmittel. Sie werden als Holzpflegemittel bezeichnet.

Holzschutzmassnahmen sind von grosser volkswirtschaftlicher Bedeutung, da sie wesentlich zur Erhaltung des Roh-, Bau- und Werkstoffes Holz beitragen und seine Einsatzgebiete erheblich erweitern. Die Auswahl der anzuwendenden Holzschutzmassnahmen sollte sich an den jeweiligen Gegebenheiten orientieren und auch den spezifischen Anforderungen an Funktion und Bedeutung des zu schützenden Objektes Rechnung tragen. Wichtige Kriterien sind:

- das Ausmass der Gefährdung,
- das Risiko eines Schadens,
- die erwartete Gebrauchsdauer (für eine kurzzeitige Nutzung sind umfangreiche Massnahmen wenig sinnvoll),
- Art und Anfälligkeit der Konstruktion,
- die natürliche Dauerhaftigkeit der gewählten Holzart gegen die möglichen Schädlinge,
- Wert oder Bedeutung des Objektes,
- Möglichkeit und Aufwand für Wartung und Instandhaltung.

Diesen Kriterien sind Aufwand und Kosten der verschiedenen Massnahmen sowie eventuelle Bedenken aus gesundheitlicher und ökotoxikologischer Sicht gegenüberzustellen.

2.2. Ausgewählte traditionelle Holzschutzmassnahmen

Zur Thematik traditioneller Holzschutzmassnahmen erschienen in den letzten Jahren zahlreiche Publikationen mit wichtigen Hinweisen zu den Methoden. Eine gute Übersicht dazu geben z.B. LEISSE (1992, 1994, 1996) und WEISSENFELD (1983).

Tabelle 1 zeigt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, eine Übersicht zu Holzschutzmassnahmen, wie sie bereits in Fachbüchern ab 1700 zu finden sind. Dabei ist eine erstaunliche Vielfalt an Methoden vorhanden, einige haben sich bewährt und werden noch angewandt, andere nicht mehr.

Homberg empfahl im Jahr 1705 zur Konservierung des Holzes das Eintauchen in eine wässrige Lösung von Quecksilber-

Tabelle 1: Zusammenstellung der seit der Zeit um 1700 angewendeten Konservierungsmittel (HEINZERLING 1885: 201–210 und CLAUSNITZER 1989: 206–233).

Table 1: Composition of wood protection products used from circa 1700 onward (HEINZERLING 1885: 201–210 and CLAUSNITZER 1989: 206–233).

Jahr	Autoren	Angewendete Mittel	Methodisches Vorgehen zur Konservierung
1705	Homberg	Quecksilberchlorid	Eintauchen des Holzes in die wässrige Lösung des Salzes
1740	Reed	Holzessig	Eintauchen des Holzes
1740	Fagot	Eisenvitriol	Eintauchen
1756	Hales	Holzessig, Teeröl	Durchtränken des Holzes mittels angebrachter Bohrungen
1767	Jackson	Lösung von Seesalz, Kalk, Zinkvitriol, Alaun, Bittersalz und Asche in Seewasser	Das Holz wird mit kleinen Löchern versehen und in die Lösung eingelegt
1772	Horlemann	Seewasser	Einlegen des Holzes
1798	White	gebrannter Kalk	Einhüllen und Trocknen des Holzes in gebranntem Kalk
1806	Perkins	Seesalz	Die Porenräume des Holzes sollen mit Salzkristallen ausgefüllt werden
1808	Engl. Admiralität	Oberflächliche Verkohlung	
1815	Semple	Trocknen des Holzes durch Rauch, dann eintauchen in erhitzten Teer oder Leinölfirnis	
1818	Philosoph. Magazine	Konzentrierte Lösung von Soda oder Pottasche, dann holzessigsäures Eisen oder Blei	Bestreichen des Holzes mit der ersten siedenden Lösung, dann mit der zweiten Flüssigkeit
1822	Cook	Pottaschenlösung	Einlegen des Holzes
1822	Prechtel	Dämpfe von Teer	Das Holz wird erst reinem Wasserdampf, dann dem Dampf einer Mischung von Wasser und Teer ausgesetzt
1824	Cox	Mischung von Fischtran, Harz und Schwefel	Tränkung des Holzes durch Anstreichen oder Einreiben
1830	Cte. De Marolles	Einlegen des Holzes in schlammiges Wasser, dann trocknen desselben	
1832	?	Rauch	Das Holz wird dem Rauch von langsam verbrennendem grünem Holz lange Zeit ausgesetzt
1837	Gesellschaft in Annaberg	Wasserglas und Salzsäure	Einlegen des Holzes während 30 Tagen in Wasserglaslösung, dann einlegen in verdünnte Salzsäure
1841	Bourdon	Lohe, Gerbsäure	Imprägnieren des Holzes mit Abkochung von Lohe
1847	Cox	Erhitzen bis nahe zum Verkohlen, Eintauchen in Teer	Anwendung der Luftleere und des Drucks
1848	Hutin und Boutigny	Schieferöl, oberflächliches Verbrennen, Teer, Pech, Gummilack	Eintauchen in Schieferöl, anzünden und auslöschen in Pech
1850	François	Zinksalz, Sulfide der Alkali- und Erdmetalle	Eintauchen des Holzes in die Zinklösung, abwaschen mit der zweiten Lösung
1852	De Fontenay	Fettsäure, an Metalloxyde gebunden,	Eintauchen des Holzes in die bis zum Sieden Schmierölerhitzten Fette
1853	Dering	Rückstände aus galvanischen Batterien	Einlegen
1858	Engl. Anstrich	Bleiweiss, Bleiglätte, Leim, Leinöl, Terpentinöl	Auftragen mittels Maurerkelle
1869	Büttner und Möhring	Borax	Imprägnieren
1873	Hochberger	Petroleum	Anstreichen
1879	Boulton	Kreosotöl	Tränken, patentiertes Verfahren
1895	Camp	Chlorzink	Vorbeugung gegen Hausschwamm
1900	Malenkovic	Flusssäure	Anmeldung eines Patents
1908	Haupt	Bekämpfung des Holzwurms	Mehrständiger Aufenthalt im erhitzten Backofen
1913	Bayer AG	Holzschutzsalz Basilit kommt in den Handel	
1921	Wolman	Arsenverbindungen	Erhöht die Schwerauslaugbarkeit
ab 1930	Dänemark	Heissluft	Aussetzen des Holzes an heisser Luft
1933	Gunn	Borverbindungen	
1940	Deutschland	90% des Holzschutzmittelbedarfs werden durch Kreosot gedeckt	
1944	Deutschland	Alle Holzschutzmittel werden prüfpflichtig	

chlorid. Im Laufe des 18. Jahrhunderts wurden in England verschiedene Patente über Mittel zur Holzkonservierung angemeldet. Um 1900 wurden bereits zahlreiche Methoden beschrieben wie Trocknen und thermische Behandlung von Holz, Konservieren durch Luftabschluss oder durch das Entfernen von Inhaltsstoffen sowie durch Imprägnieren mit antiseptischen Substanzen (vgl. Kasten).

Trocknen und thermische Behandlung:

- Konservierung durch Austrocknung des Holzes
- Trocknen mit überhitztem Wasserdampf bzw. Dämpfen des Holzes
- Ankohlen des Holzes
- Räuchern des Holzes

Konservierung des Holzes durch Luftabschluss:

- Überzug mit einer undurchlässigen Schicht
- Konservierung der Hölzer mit Flüssigkeiten, welche nach dem Verdampfen der Lösungsmittel die Poren verstopfen
- Luftabschluss durch Erzeugung von unlöslichen Verbindungen im Holz

Imprägnierung des Holzes mit antiseptisch wirkenden Substanzen:

- Imprägnierung durch Metallsalze
- Imprägnierung mit Teeröl und ähnlichen Produkten

Konservierung durch Entfernung der Inhaltstoffe («Saftbestandteile») aus dem Holz:

- durch Auslaugen des Holzes mit Wasser
- durch Auskochen des Holzes
- Verdrängen der Inhaltstoffe durch Komprimierung des Holzes

Ankohlen

Das Ankohlen wird auch heute noch immer zitiert. In der vierten Auflage des Holz-Lexikons wird dazu bemerkt: «eine uralte, aber praktisch unwirksame Behandlungsart», die nicht mit der Hitzebehandlung verglichen werden könne, da das Holz selbst nicht erhitzt werde (LOHMANN *et al.* 2003).

Räuchern

Es ist bekannt, dass Holz (Dachschindeln) von alten Häusern, die keinen Schornstein haben oder in denen sich der Rauch frei im Innern verbreitet, eine hohe Dauerhaftigkeit aufweisen. Das konservierende Potenzial von Rauch wird seit etwa 1830 in Kreosot-Bestandteilen gesehen. Später wurden diese flüchtigen Stoffe (Kreosot, Phenol) in der Trockendestillation gewonnen und als Holzteer direkt auf das Holz aufgetragen.

Imprägnierung

Die am häufigsten verwendeten Imprägniermittel waren: Zinkchlorid, Kupfervitriol, Quecksilbersublimat, Kreosot, Eisensalze, Kalk, Borax, Wasserglas, Arsenverbindungen, Bleisalze, Teeröl, Lösungen von Paraffin. Gegenwärtig werden hauptsächlich Imprägniermittel auf Metallsalzbasis verwendet. Chrom macht den grössten Teil der verwendeten Verbindungen aus, da Chrom im Holz fixiert werden kann.

Borate

Mitte des 20. Jahrhunderts gewann die Verwendung von Bor an Bedeutung. Als Vorteile der Borverbindungen können ihre gute und vielseitige vorbeugende Wirksamkeit gegen Insekten und Pilze, ihre geringe Toxizität für Menschen und Tiere und das Fehlen von Eigengeruch und Gasphase (Dampfabga-

be) genannt werden. Gleichzeitig wird die Widerstandsfähigkeit gegenüber Feuer erhöht. Als Nachteil muss die Unbeständigkeit gegen Wassereinflüsse genannt werden. Sie können bei Beregnung oder auch bei ständig hoher Holzfeuchte ausgelaugt werden, so dass eine Verwendung im Freien und unter dauerfeuchten Bedingungen nicht in Betracht kommt. Dies reduziert ihre Anwendbarkeit deutlich. Borverbindungen sind daher nur für witterungsgeschütztes Holz unter Dach einsetzbar.

Soda, Pottasche

Im österreichischen Brixental gibt es über 600 Jahre alte Holzhäuser – ohne jegliche Fäulnisbildung –, die einzig und regelmässig mit Soda bzw. Pottaschenlaugen behandelt werden. Wie bei Bor ist auch bei Soda und Pottasche deren Wasserlöslichkeit ein Problem. Daher ist bei der Anwendung solcher Holzschutzmittel der konstruktive Schutz wichtig.

Holzteer

Der Holzteer hat einen hohen Anteil phenolischer Verbindungen. Er wird durch trockene Destillation gewonnen. Bis ins 19. Jahrhundert hinein wurde er als Dichtungs- und Konservierungsmittel im Schiffsbau verwendet.

Versteinerung und Verkieselung

Schon um 1850 erkannte man die Dauerhaftigkeit von versteinertem Holz. Da das in der Natur vorkommende fossile Holz eine gleiche Dauerhaftigkeit wie Gestein zeigt, hat man die Versteinerung des Holzes künstlich nachzuahmen versucht. Diverse Verfahren wurden entwickelt, aber bisher keine praxistauglichen. Doch laufen derzeit z.B. an der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin Arbeiten zur Versteinerung mit dem Ziel, Härte und Druckfestigkeit des Holzes zu erhöhen, die Entflammbarkeit herabzusetzen und die natürliche Dauerhaftigkeit zu verbessern.

2.3. Holzmodifikation

Unter dem Begriff Holzmodifizierung versteht man die Veränderung der Zellwand des Holzes sowohl als Massnahme zum Schutz des Holzes durch Erhöhung der Dauerhaftigkeit gegen Pilzbefall als auch zur Verbesserung von Dimensionsstabilität und Stehvermögen durch Verringerung von Quellen und Schwinden. Erste Ansätze für eine Modifizierung gab es vor über 100 Jahren, weitere in den 1970er Jahren. Diese Methoden haben im Rahmen des gewachsenen ökologischen Bewusstseins und der intensiven Suche nach Alternativen zum chemischen Holzschutz breiteres Interesse gefunden. Entsprechend intensiv wird derzeit auf dem Gebiet geforscht. Auch erste industrielle Umsetzungen sind erfolgt (z.B. thermisch vergütetes Holz), doch sind die Anwendungen meist noch auf Sondergebiete begrenzt.

Die meisten Modifikationen des Holzes bewirken eine Veränderung der molekularen Struktur der Zellwandsubstanz. Es wird angenommen, dass holzerstörende Pilze diese nur erschwert abbauen können, da Holz durch Eingriffe in Struktur oder Chemie weniger Wasser, das für die Pilze und ihre Abbautätigkeit essenziell ist, aufnimmt. Für die Holzmodifikation bestehen verschiedene Ansatzpunkte wie chemische Modifizierung (z.B. Acetylierung, Phtalierung), Hitzemodifizierung (einschliesslich Öl-Hitze-Modifizierung), Einlagerung von Harzen. Eine zusammenfassende Übersicht geben z.B. PATZELT *et al.* (2002).

Verzichtet wird auf eine Übersicht zu den bekannten Holzschutzverfahren, denn dazu findet sich im Holz-Lexikon von LOHMANN *et al.* (2003) eine gute Übersicht.

3. Versuchsmaterial und Versuchsdurchführung

3.1. Versuchsübersicht

Tabelle 2 zeigt die Versuchsübersicht. Untersucht wurden folgende Problemkreise:

- Pilzresistenz verschiedener Schutzmittel bzw. Behandlungsarten vor und nach der künstlichen Bewitterung von Fichtenholz,
- Prüfung zu Vergleichszwecken von Alerce als extrem pilzresistente Holzart im Ausgangszustand und nach Heisswasserextraktion,
- Diffusionswiderstand und Wasseraufnahmekoeffizienten ausgewählter Proben mit Oberflächenbeschichtungen,
- Freibewitterung und visuelle Beurteilung der beschichteten Oberflächen.

Über die Ergebnisse der Freibewitterung, des Diffusionswiderstandes und der Wasseraufnahme wird im Teil 2 der vergleichenden Untersuchungen berichtet (vgl. NIEMZ *et al.* in diesem Heft).

Tabelle 2: Übersicht der Versuche und verwendete Holzschutzmittel.
 Table 2: Overview of trials and wood protection product used.

Holzart/Behandlung	1	2	3	4
<i>Fichte</i>				
U-653	X	X	X	X
E-653	X			X
Pavatex	X			X
Borsäure	X			X
Soda	X			X
Pottasche	X			X
Osmo Color	X	X	X	X
Holzteer	X			X
Thermoholz		X	X	
Pento-Fluid	X	X	X	X
Lasinol UV	X			X
Antihydro	X			X
<i>Alerce</i>				
Alerce, extrahiert	X			
unbehandelt	X	X	X	X

1 Pilzbefall DIN EN 113

2 Wasserdampfdurchlässigkeit DIN 52 615

3 Wasseraufnahmekoeffizienten DIN EN ISO 15 148

4 Freibewitterung

3.2. Versuchsmaterial

3.2.1 Holz

Als Versuchsmaterial diente Fichtenkernholz (*Picea abies* (L.) Karsten), an dem alle Oberflächenbehandlungen (siehe Kapitel 3.2.2) durchgeführt wurden.

Zu Vergleichszwecken wurde Fichtenholz thermisch – im Labor während 24 Stunden bei 200 °C im Vakuumschrank – behandelt. Der pH-Wert betrug nach der Behandlung 5,4.

Zu Vergleichszwecken wurde Kernholz von Alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M. Johnst.) aus Südchile verwendet. Das Holz gilt als extrem witterungsbeständig, wurde daher sehr oft im Bauwesen eingesetzt und ist heute geschützt. Die Prüfkörper hatten eine Abmessung von 25 mm x 15 mm x 50 mm (r x t x l). Der Zuschnitt erfolgte im luftgetrockneten Zustand

(Holzfeuchte etwa 12%). Pro Pilzart und Behandlungsvariante wurden je acht Prüfkörper verwendet.

Bei den Versuchen mit Alerce wurde die Hälfte der Proben direkt mit Pilzen beimpft, die andere Hälfte zunächst zehn Stunden in Wasser bei 100 °C (Wasser viermal gewechselt) und danach eine Stunde in Alkohol gekocht. Damit sollten extrahierbare Bestandteile weitgehend entfernt werden. Das Holz hat im naturbelassenen Zustand eine sehr dunkle, rote Farbgebung.

3.2.2 Geprüfte Schutzmittel

Verschiedene Varianten der Vergütung mit unkonventionellen sowie mit handelsüblichen Mitteln wurden geprüft.

Unkonventionelle Mittel

- U-653: Dieses Produkt wurde von W. Minder, Yverdon, entwickelt. Das Produkt ist stark basisch (pH-Wert 12) und wird für Holz, Beton, Naturstein und Backstein empfohlen. Die empfohlene Auftragsmenge soll 3 dl pro m² betragen. Im Versuch erfolgte das Auftragen mit dem Pinsel.
- E-653: Dieses Produkt stammt wie das vorgenannte von W. Minder. Der pH-Wert liegt bei 5 und es enthält Bestandteile natürlicher Säuren. Das Auftragen erfolgte mit dem Pinsel.
- Konzentrat des Kreislaufwassers der Faserplattenproduktion im Nassverfahren (bezeichnet als Pavatex): Für das Konzentrat wurde das als Abfallprodukt bei der Herstellung von Faserplatten im Nassverfahren anfallende Wasser (wird entsorgt) verwendet. Der pH-Wert liegt bei 4. Dieses Konzentrat besteht aus Nadelholzinhaltsstoffen (hauptsächlich Zucker, Harz). Zusätzlich ist Paraffin vorhanden, das bei der Zerkleinerung zur Quellungsvergütung zugegeben wird. Die Holzproben wurden im Exsikkator mit diesem Mittel imprägniert (3 h bei 40 mbar). Die Eintragsmenge betrug etwa 200 kg/m³. Bei einem Festkörpergehalt von etwa 34,5% beträgt die Festsubstanz also 70 kg/m³.
- Borsäure (H₃BO₃): Unter Verwendung von handelsüblichem Borsalz wurde in heissem Wasser eine achtprozentige Lösung hergestellt und die Säure zweimal bei etwa 80 °C mit dem Pinsel aufgetragen.
- Soda (Na₂CO₃ x 10 H₂O): Eine fünfprozentige Lösung wurde aufgeköcht und bei 80 °C mit dem Pinsel aufgetragen.
- Pottasche (K₂CO₃): Eine fünfprozentige Lösung wurde aufgeköcht und bei 80 °C mit dem Pinsel aufgetragen.
- Holzteer: Es wurde handelsüblicher Holzteer (Phenolgehalt 40%) verwendet.

Handelsübliche Holzschutz- bzw. Pflegemittel

- Pento-Fluid IP der Firma Pentol AG, ist ein farbloses, wasser- verdünnbares, semipermeables Anstrichsystem. Es wird industriell angeboten und ist vom Buwal zugelassen (Buwal 2 430 499). Wirkstoffe: 0,9% Iodpropinyl-butylcarbammat, 0,49% 4,5-Dichlor-2-octyl-4-isothiazolin-3-on. Weitere Zusätze sind Alkydharz, Wasser, Wachse, Co-Ce-Zn-Trockenstoffe.
- Lasinol UV der Pentol AG, ist eine farblose, wasser- verdünnbare, sehr wetterbeständige und feuchtigkeitsresistente Lasur auf Basis eines Acryl-Polyurethan-Bindemittels und ist wirkstofffrei. Zusätze sind Alkydharz, Wasser, Wachse, Co-Ce-Zn-Trockenstoffe. Bei der Anwendung von Lasinol UV wurde der Untergrund zuerst mit Aquagrund BI (Pentol AG) behandelt, in dem die Wirkstoffe 0,6% Iodpropinyl-butylcarbammat und 0,05% Permethrin enthalten sind. Das Mittel wurde den Herstellerangaben entsprechend mit dem Pinsel aufgetragen.
- Antihydro der Pentol AG ist eine speziell wasserabweisende, offenporige, lösemittelhaltige Imprägnierung. Wasser

perlt damit auf behandeltem Holz noch nach Jahren ab. Antihydro ist wirkstofffrei. Als Grundierung wurde zunächst Penta Stabilo (Wirkstoffe: 0,8% Tolyfluanid, 0,05% Permethrin) allseitig aufgetragen und nach der Trocknungszeit von 15 Stunden wurde dann Antihydro einmal aufgetragen.

- Osmo Color Gard Braun: Diese Zaun- und Gartenlasur ist ein lösemittelbasierender, leicht pigmentierter ökologischer Anstrich. Sie besteht unter anderem aus Sonnenblumenöl, Sojaöl und Naturasphalt. Das Produkt wurde nach Herstellerangaben verarbeitet und in zwei Anstrichen (Trockenzeit zwischen den Anstrichen zwölf Stunden) aufgetragen.

3.3. Versuchsdurchführung

3.3.1 Pilzbeimpfung

Die Prüfung erfolgte nach DIN EN 313 an der Empa in St. Gallen. Dazu wurden die Prüfkörper in die Versuchsschalen mit den Prüfpilzen eingebaut und diesen 16 Wochen ausgesetzt. *Abbildung 1* zeigt schematisch das Vorgehen.

Nach Versuchsende wurde der Masseverlust der Prüfkörper nach Gleichung 1 ermittelt.

$$m = \frac{m_0 - m_3}{m_0} \cdot 100 [\%] \quad \text{Gleichung 1}$$

- M Masseverlust [%]
- m_0 Anfangsdarrmasse
- m_3 Enddarrmasse, zusätzlich wurde die Masse m_2 im feuchten Zustand nach Versuchsende bestimmt

Bei den Prüfkörpern e_1 und e_3 wurden vor Versuchsbeginn die Hirnenden mit einer pilzresistenten Acrylfarbe abgedichtet, so dass die Pilzsporen das Holz nicht von der Hirnholzseite her befallen konnten. Die Prüfkörper wurden in behandelte Prüfkörper e_1 und in unbehandelte Prüfkörper $e_{2,1}$ unterteilt, die zusammen dem Pilzangriff ausgesetzt wurden. Pro Pilzart und Behandlungsvariante wurden jeweils je acht behandelte und unbehandelte Prüfkörper bereitgestellt.

Die Hälfte der behandelten Proben wurden an der Empa in St. Gallen mit einer Bewitterungsanlage des Typs QUV künstlich bei folgendem Zyklus bewittert: $\frac{1}{4}$ h Regen (mit Leitungswasser, ohne Wasserrückführung) und $\frac{1}{2}$ h UV-Licht, Temperatur 55 °C. Die Bewitterung erfolgte über drei Wochen, was einer natürlichen Bewitterung von sechs Monaten entspricht.

Zur Kontrolle der Virulenz der verwendeten Prüfpilze wurden zudem sechs unbehandelte Prüfkörper $e_{2,2}$ aus Föhrensplintholz (*Pinus sylvestris* L.) jeweils dem Angriff eines Prüfpilzes ausgesetzt.

Die behandelten Kontrollprüfkörper e_3 dienen zur Ermittlung jener Masseänderungen während des Versuchszeitraums, die auf andere Einflüsse als auf den Angriff der Prüfpilze zurückzuführen sind. Diese Kontrollprüfkörper e_3 wurden in gleicher Weise wie die Prüfkörper e_1 behandelt, aber in ein unbeimpftes Versuchsgefäß eingebracht. Die ermittelte Masseänderung wurde in einem Korrekturwert (C) ausgedrückt.

Weiter wurden die Kontrollprüfkörper e_3 zur Bestimmung des Akklimatisationsfaktors verwendet. Alle Proben wurden zuerst normalklimatisiert und danach auf 0,01 Gramm genau ge-

wogen. Die Kontrollprüfkörper wurden anschliessend darrgetrocknet und anhand des Akklimatisationsgewichts und des Darrgewichts ein Akklimatisationsfaktor bestimmt. Mit diesem Faktor wurde dann für die restlichen Proben der jeweiligen Behandlungsart das Anfangsdarrgewicht errechnet. Dieser Faktor ist nötig, da die Holzschutzmittel bei hoher Hitze (darrtrocknen) Schaden erleiden könnten und dadurch nicht mehr so pilzresistent wären.

Das Nährmedium wurde nach Abfüllung in die Kolleschalen und Sterilisierung beimpft. Die Prüfkörper wurden den Pilzen ausgesetzt, sobald das Myzel die Oberfläche vollständig bewachsen hatte. In jedes Versuchsgefäß wurde ein zuvor sterilisiertes Glasbänkchen als Unterlage eingebracht. Alle Prüfkörper wurden vor dem Einbau sterilisiert.

Nach dem Einbau der Prüfkörper kamen die Versuchsgefässe für 16 Wochen in den Brutschrank (22 ± 2 °C, $70 \pm 5\%$ relativer Luftfeuchte). Am Ende des Versuchs wurden die Prüfkörper aus den Versuchsgefässen entnommen, der Bewachungsgrad bestimmt, vom anhaftenden Myzel befreit und dann auf 0,01 g genau gewogen (Masse m_2 feucht). Nach dem Darren wurde dann die Masse m_3 jedes Prüfkörpers auf 0,01 g ermittelt.

Der Masseverlust jedes behandelten Prüfkörpers e_1 wurde aus dem Masseverlust ($m_0 - m_3$) bezogen auf die Anfangstrockenmasse (m_0) berechnet. Anschliessend werden die Ergebnisse auf die Gültigkeit nach den Kriterien der Norm DIN EN 113 geprüft.

Masseänderungen der Kontrollprüfkörper (e_3) machen es möglich, den Korrekturwert (C) für die Veränderungen der Masse der behandelten Prüfkörper zu bestimmen, die auf andere Einflüsse als den Angriff der holzerstörenden Pilze zurückzuführen sind. Der Korrekturwert C ist der durchschnittliche prozentuale Masseverlust der vier behandelten Kontrollprüfkörper (e_3) jeder Behandlungsart. Der entsprechende Wert für C wird vom prozentualen Masseverlust eines jeden behandelten Prüfkörpers e_1 subtrahiert, um den korrigierten Masseverlust zu erhalten.

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der durchgeführten Versuche und der verwendeten Prüfpilze.

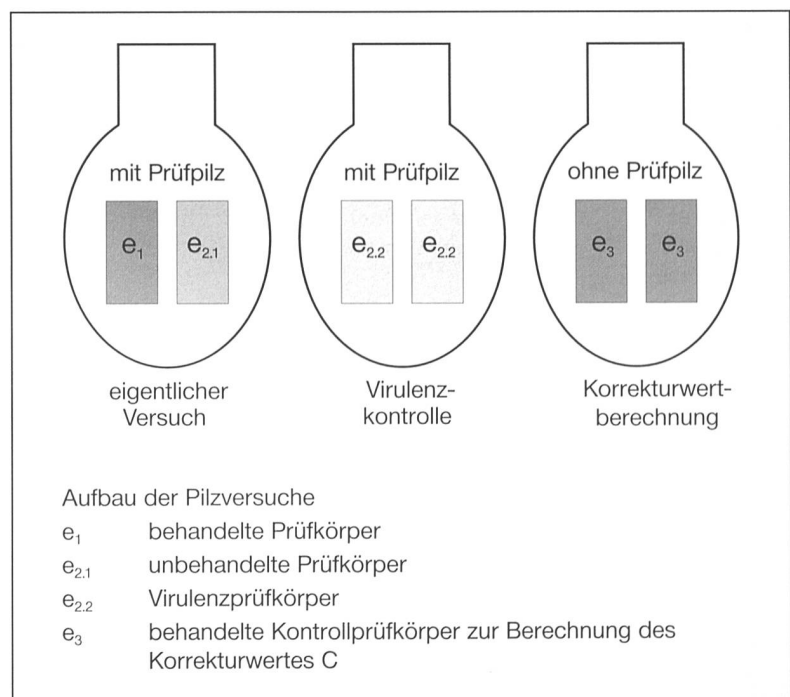


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Vorgehens bei der Pilzbeimpfung und verwendete Pilze.

Figure 1: Diagram of procedure used for fungus inoculation and the fungi used.

Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten Behandlungen und der verwendeten Pilze.

Table 3: Overview of treatments carried out and the fungi used.

Holzart/Behandlung	<i>Coniophora puteana</i>	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Poria placenta</i>	<i>Lentinus lepideus</i>	<i>Fomitopsis pinicola</i>
Fichte					
U-653	X	X	X		
E-653	X	X	X		
Pavatex	X	X	X		
Borsäure	X	X	X		
Soda	X	X	X		
Pottasche	X	X	X		
Osmo color	X	X	X		
Holzteer	X	X		X	
Pento-Fluid	X	X	X		
Lasinol UV	X	X	X		
Antihydro	X	X	X		
Alerce, extrahiert	X	X			X
Alerce, unbehandelt	X	X			X
Fichte, unbehandelt	X	X	X	X	X

Tabelle 4: Namen der verwendeten Pilze.

Table 4: Names of fungi used.

Pilz	Fäuleart	Empa-Nr.
<i>Coniophora puteana</i>	Brauner Kellerschwamm	Braunfäule 62
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Balkenblättling	Braunfäule 100
<i>Poria placenta</i>	Rosafarbener Saftporling	Braunfäule 229
<i>Lentinus lepideus</i>	Schuppiger Sägeblättling	Braunfäule 340
<i>Fomitopsis pinicola</i>	Rotrandiger Baumschwamm	Braunfäule 567

3.3.2 Nährmedium

Als Nährmedium für die Pilze wurde ein Malz-Agar-Medium verwendet, welches folgendermassen zusammengesetzt war:

- Malzextrakt in Pulverform (4%), entsprechend der Firma Oxoid,
- Agar der Firma Oxoid, Nr. 1 für *Lentinus lepideus* (2,5%),
- Agar der Firma Merck für *Gloeophyllum trabeum*, *Coniophora puteana*, *Poria placenta* und *Fomitopsis pinicola* (2,5%),
- Leitungswasser.

Der weitere Ablauf bezüglich Herstellung und Behandlung der Agarplatten (zur Pilzkultivierung) sowie der Kolleschalen (zur Versuchsdurchführung) entsprach dem üblichen Vorgehen nach DIN EN 113.

3.3.3 Getestete Pilze

Alle Behandlungsarten wurden den beiden Versuchspilzen *Coniophora puteana* und *Gloeophyllum trabeum* und einem dritten Pilz (Auswahl aus *Poria placenta*, *Lentinus lepideus* oder *Fomitopsis pinicola*) (vgl. Tabellen 3 und 4) ausgesetzt.

Der durch das untersuchte Holzschutzmittel erreichte Schutz des Holzes wird als ausreichend angesehen, wenn der korrigierte mittlere Masseverlust der Prüfkörper weniger als 3% der Anfangsdarrmasse beträgt und höchstens ein Prüfkörper der Serie einen Masseverlust erlitten hat, der grösser als 3,0%,

aber kleiner als 5,0% ist. Je Pilz und Behandlungsart wurde diese Eignung untersucht und bei Erreichen der genannten Werte für einen ausreichenden Holzschutz wurde das Mittel bzw. die Behandlungsart für diesen Pilz als «in Ordnung» (i.O.) befunden.

Anschliessend wurden die Proben zusätzlich visuell überprüft. Dabei wurde kontrolliert, ob die errechneten Masseverluste mit dem tatsächlichen Befall korrelieren. Um den Befall im Prüfkörperinnern zu begutachten, mussten die Proben aufgetrennt werden. Nötigenfalls wurde der Wert abgeändert. Dazu teilte man sie in die Gruppen < 3%, > 3% bis < 5% oder > 5% ein. Solche Anpassungen sind nötig, da nicht immer der Akklimatisationsfaktor mit allen Proben übereinstimmte.

4. Versuchsergebnisse

Damit die Ergebnisse als gültig betrachtet werden können, muss ein Mindestmasseverlust der Virulenzprüfkörper von 20% vorliegen. *Gloeophyllum trabeum* war bei den bewitterten Proben nicht völlig aktiv, wie auch *Lentinus lepideus*, der fast nicht aktiv war (vgl. Tabelle 5). *Gloeophyllum trabeum* im unbewitterten sowie *Poria placenta* im unbewitterten und bewitterten Zustand erreichten die benötigten knapp 20% nicht, doch kann hier von einer genügend hohen Aktivität der Pilze ausgegangen werden, da unter den Virulenzproben einzelne Ausreisser festzustellen waren.

Damit ein Behandlungsmittel als wirksam befunden wird, muss es bei allen getesteten Pilzen ein i.O. aufweisen. Dies wird in diesem Versuch nur von Pento-Fluid IP erreicht. Sowohl bei den bewitterten wie auch bei den unbewitterten Proben (es wurde nicht *Fomitopsis pinicola* ausgesetzt) hat das Pento-Fluid den Test bestanden. Die Tabellen 6 bis 13 und die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Ergebnisse.

Es ist gut zu erkennen, dass einige der getesteten traditionellen Mittel wie z.B. Borsäure, Soda und Pottasche eine gute Schutzwirkung im unbewitterten Zustand erreichen (Abbildung 2, Tabelle 7 und 8). Bei permanenter Nachbehandlung oder aber auch bei Bauteilen, die nicht direkt der Bewitterung ausgesetzt sind, ist ein Einsatz also durchaus sinnvoll und effektiv.

Auch Lasinol UV und Antihydro, die beide keine Wirkstoffe enthalten, zeigten gute Ergebnisse. Hier könnte sich das Permethrin, enthalten im Aquagrund bzw. im Penta Stabilo, die beide für die Vorbehandlung benutzt wurden, ausgewirkt haben. Permethrin ist sehr wirksam.

Nach der künstlichen Bewitterung wurde jedoch auch bei diesen keine ausreichende Schutzwirkung mehr erreicht, da die Schutzmittel ausgewaschen wurden. Ein wirksamer Schutz ist also nur bei Bauteilen ohne Freibewitterung möglich.

Die Behandlungsarten U-653, E-653, Pavatex, Osmo Color bestanden die Prüfung der bewitterten und der unbewitterten Proben nicht. Die Firmen geben allerdings im Prospekt an, dass bei zusätzlichem Schutz gegen Fäulnis, Bläue und Schädlingsbefall eine Vorbehandlung mit einem anderen Mittel (Osmo Color Holzimprägnierung WP) notwendig ist.

Als sehr resistent erwies sich die lediglich zu Vergleichszwecken getestete Alerce. Deutlich erkennbar ist auch der wesentlich geringere Masseverlust der Alerce im Vergleich zur Fichte.

Im Vergleich zwischen der extrahierten und der naturbelassenen Alerce konnte aufgezeigt werden, dass die naturbelassene Alerce viel resistenter ist als die, deren Inhaltsstoffe extrahiert wurden. Bei den Standardpilzen *Coniophora puteana* und *Gloeophyllum trabeum* sind nur geringe Unterschiede festzustellen. Bei *Fomitopsis pinicola* jedoch zeigen sich sehr deutliche Unterschiede. Wurden die naturbelassenen

Tabelle 5: Durchschnittlicher Masseverlust [%] und Standardabweichung der Virulenzproben, n = 4.

Table 5: Average mass loss [in %] and standard deviation of virulence samples, n = 4.

Virulenz		Masseverlust [%]
		≈ ± s
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	28,71 ± 19,29
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	18,30 ± 8,11
	<i>Poria placenta</i>	19,50 ± 5,71
	<i>Lentinus lepideus</i>	3,03 ± 5,13
	<i>Fomitopsis pinicola</i>	60,98 ± 1,29
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	35,71 ± 12,87
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	14,51 ± 2,59
	<i>Poria placenta</i>	19,83 ± 2,74
	<i>Lentinus lepideus</i>	0,94 ± 0,09
	<i>Fomitopsis pinicola</i>	62,02 ± 2,45

Proben kaum oder gar nicht befallen, so weisen die gekochten Proben einen Masseverlust von etwa 42% auf.

In den Abbildungen 2 und 3 wurde der mittlere Masseverlust relativ zu den unbehandelten Proben für die Pilze *Coniophora puteana* und *Gloeophyllum trabeum* dargestellt, da diese bei allen Behandlungsarten zum Einsatz kamen. Borsäure, Soda und Pottasche erreichten dabei ähnliche Werte wie das Holzschutzmittel Pento-Fluid. Alle Behandlungsarten zeigen gegenüber *Coniophora puteana* eine bessere Pilzresistenz auf als gegenüber *Gloeophyllum trabeum*.

Zu bemerken ist, dass die mit E-653 bzw. Osmo Color behandelten Proben im unbewitterten Zustand einen höheren Masseverlust (geringere Resistenz) aufwiesen als die unbehandelten. Bei den bewitterten Proben dieser zwei Behandlungsarten ist dieser Unterschied nicht mehr zu erkennen. Offensichtlich werden bestimmte, als Nährstoff dienende Stoffe durch die Bewitterung ausgewaschen.

Aus den Versuchen ist ersichtlich, dass Soda, Borsäure und Pottasche nach der Bewitterung eine geringere Resistenz erzielen als die mit Wirkstoffen versehenen Produkte und zugelassenen Holzschutzmittel (z.B. von Pento-Fluid), was auf die Auswaschbarkeit zurückzuführen sein dürfte.

Produkt/Variante		U-653		E-653	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%]	Befund	Masseverlust [%]	Befund
		≈ ± s		≈ ± s	
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	0,36 ± 0,44	i.O.	3,25 ± 3,35	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	1,22 ± 1,04	i.O.	3,71 ± 1,80	
	<i>Poria placenta</i>	16,44 ± 1,01		18,10 ± 1,32	
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	18,21 ± 8,27		17,50 ± 6,30	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	4,07 ± 0,65		3,28 ± 0,56	
	<i>Poria placenta</i>	19,85 ± 0,53		19,20 ± 1,97	

Tabelle 6: Ergebnisse der Behandlung mit U-653 und E-653, n = 4.

Table 6: Results of treatment with U-653 and E-653, n = 4.

Produkt/Variante		Pravatex		Borsäure	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%]	Befund	Masseverlust [%]	Befund
		≈ ± s		≈ ± s	
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	8,79 ± 10,69		0,06 ± 0,11	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	1,85 ± 1,94	i.O.	0,11 ± 0,13	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	7,19 ± 2,26		0,07 ± 0,13	i.O.
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	28,79 ± 11,17		8,45 ± 16,17	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	7,86 ± 2,75		1,83 ± 2,25	
	<i>Poria placenta</i>	18,83 ± 2,09		0,14 ± 0,20	i.O.

Tabelle 7: Ergebnisse der Behandlung mit Borsäure und Konzentrat aus der Faserplattenfertigung (Pavatex), n = 4.

Table 7: Results of treatment with boric acid and concentrate out of the fibre board production (Pavatex), n = 4.

Produkt/Variante		Soda		Pottasche	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%]	Befund	Masseverlust [%]	Befund
		≈ ± s		≈ ± s	
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	0,21 ± 0,27	i.O.	0,26 ± 0,25	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	0,26 ± 0,18	i.O.	0,35 ± 0,26	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	0,00 ± 0,00	i.O.	0,04 ± 0,07	i.O.
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	24,51 ± 5,99		16,03 ± 7,89	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	2,14 ± 1,37	i.O.	3,33 ± 0,83	
	<i>Poria placenta</i>	15,94 ± 4,23		16,79 ± 3,72	

Tabelle 8: Ergebnisse der Behandlung mit Soda und Pottasche, n = 4.

Table 8: Results of treatment with sodium carbonate and potash, n = 4.

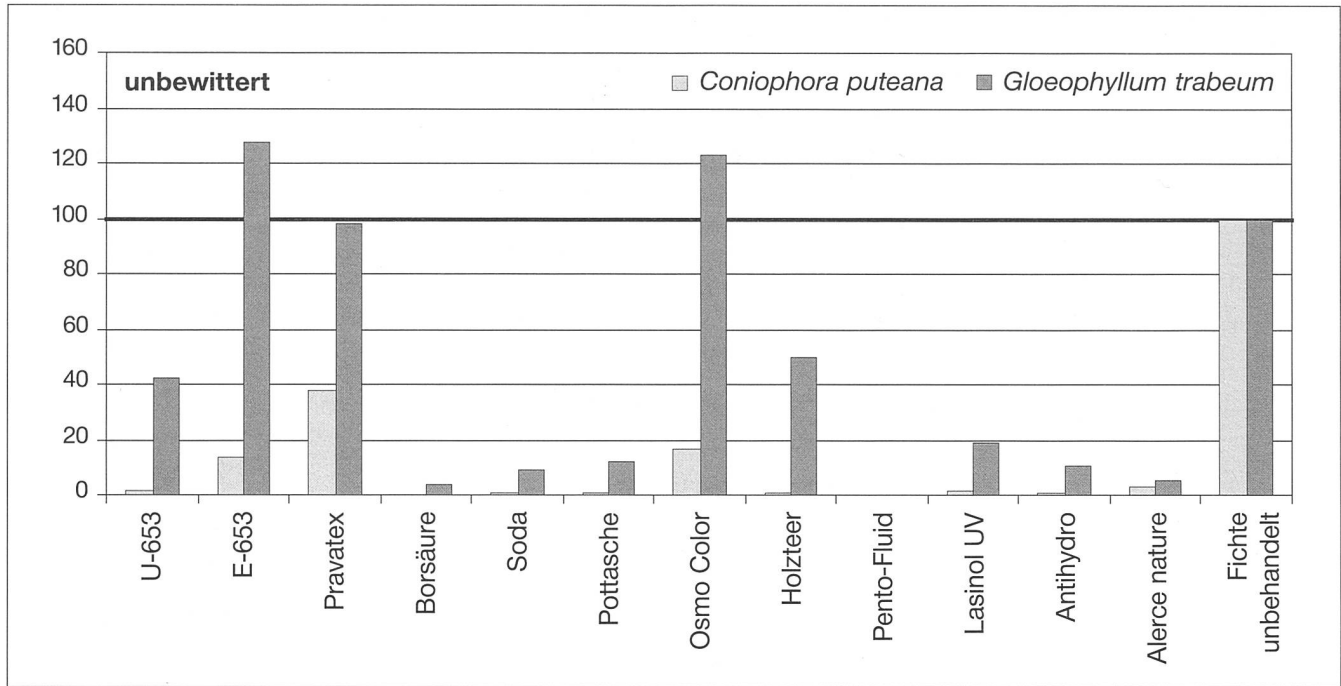


Abbildung 2: Mittelwerte des Masseverlustes der unbewitterten Proben im Vergleich zu den unbehandelten (unbehandelt = 100%).

Figure 2: Mean values of mass loss of unweathered samples compared to untreated samples (untreated = 100%).

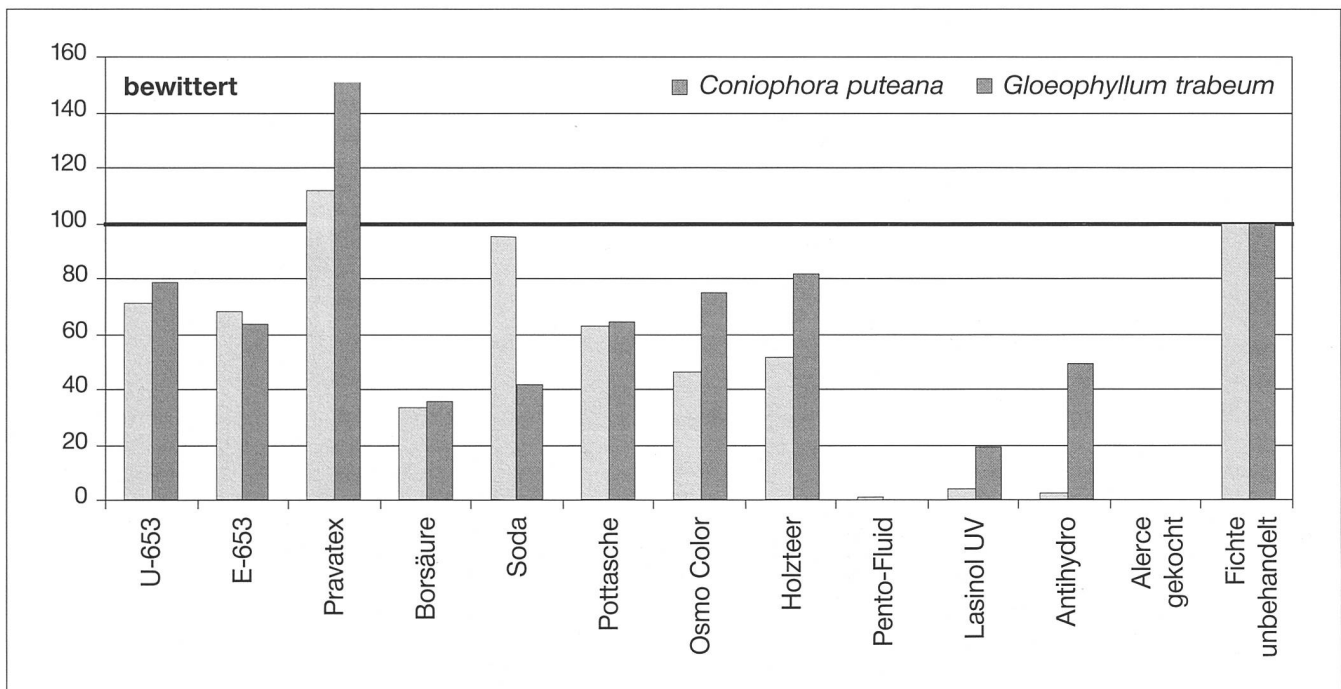


Abbildung 3: Mittelwerte des Masseverlustes der bewitterten Proben im Vergleich zu den unbehandelten (unbehandelt = 100%).

Figure 3: Mean values of mass loss of weathered samples compared to untreated samples (untreated = 100%).

Produkt/Variante		Osmo Color		Antihydro	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	3,85 ± 7,70		0,18 ± 0,15	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	3,57 ± 1,09		0,30 ± 0,39	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	21,28 ± 1,03		1,28 ± 1,50	i.O.
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	11,90 ± 9,19		0,59 ± 0,35	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	3,88 ± 2,30		2,54 ± 0,45	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	20,78 ± 1,41		16,16 ± 1,53	

Tabelle 9: Ergebnisse der Behandlung mit Osmo Color und Antihydro, n = 4.
Table 9: Results of treatment with Osmo Color and Antihydro, n = 4.

Produkt/Variante		Pento-Fluid		Lasinol UV	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	0,08 ± 0,12	i.O.	0,32 ± 0,37	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	0,01 ± 0,01	i.O.	0,55 ± 0,38	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	0,01 ± 0,02	i.O.	0,25 ± 0,32	i.O.
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	0,12 ± 0,18	i.O.	0,95 ± 0,94	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	0,00 ± 0,00	i.O.	0,98 ± 0,13	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	1,54 ± 2,25	i.O.	3,80 ± 2,09	

Tabelle 10: Ergebnisse der Behandlung mit Pento-Fluid und Lasinol UV, n = 4.

Table 10: Results of treatment with Pento-Fluid and Lasinol UV, n = 4.

Tabelle 11: Ergebnisse der Behandlung mit Holzteer, n = 4.

Table 11: Results of treatment with wood tar, n = 4.

Produkt/Variante		Holzteer	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	0,10 ± 0,12	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	1,44 ± 0,50	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	0,01 ± 0,01	i.O.
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	13,15 ± 13,73	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	4,22 ± 2,43	
	<i>Poria placenta</i>	0,57 ± 0,45	i.O.

Tabelle 12: Ergebnisse der Pilzbeständigkeit von Alerce im nativen und im extrahierten Zustand, n = 4.

Table 12: Results of fungi resistance of alerce in native and extracted conditions, n = 4.

Produkt/Variante		Alerce	
Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund
gekocht	<i>Coniophora puteana</i>	0,74 ± 1,08	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	0,15 ± 0,22	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	42,84 ± 1,67	
unbehandelt	<i>Coniophora puteana</i>	0,00 ± 0,00	i.O.
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	0,00 ± 0,00	i.O.
	<i>Poria placenta</i>	1,06 ± 0,46	i.O.

Tabelle 13: Ergebnisse der Pilzbeständigkeit von unbehandeltem Fichtenholz, n = 4.

Table 13: Results of fungi resistance of untreated spruce, n = 4.

Prüfzustand	Prüfpilz	Masseverlust [%] ≈ ± s	Befund
unbewittert	<i>Coniophora puteana</i>	23,47 ± 12,59	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	2,90 ± 0,67	
	<i>Poria placenta</i>	18,49 ± 2,78	
	<i>Lentinus lepideus</i>	0,00 ± 0,00	i.O.
	<i>Fomitopsis pinicola</i>	57,76 ± 3,22	
bewittert	<i>Coniophora puteana</i>	25,69 ± 9,62	
	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	5,20 ± 1,35	
	<i>Poria placenta</i>	18,48 ± 3,04	
	<i>Lentinus lepideus</i>	2,26 ± 1,47	i.O.
	<i>Fomitopsis pinicola</i>	50,15 ± 10,78	

Zusammenfassung

Mit einem gestiegenen Umweltbewusstsein in der Bevölkerung erlebte Holz in den letzten Jahren als Baumaterial wieder einen Aufschwung und weckte zugleich das Interesse an umweltfreundlichen Methoden des Holzschutzes, welche wenige bis keine Nachbehandlungen erfordern. Bereits vor Jahrhunderten wurden verschiedene Massnahmen zum Schutz des Holzes angewandt. Aufbauend auf einer Literaturrecherche zu historisch angewandten Holzschutzmassnahmen wurden in Teil 1 einige der traditionellen Methoden im Vergleich zu konventionellen Holzschutzmitteln getestet. Untersucht wurde die Pilzresistenz ausgewählter Schutzmittel und ergänzend geprüft wurde dazu unbehandeltes und thermisch vergütetes Fichtenholz (*Picea abies* (L.) Karsten) sowie Alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M. Johnston), ein Holz mit extrem hoher Pilzresistenz. Im unbewitterten Zustand erzielten traditionelle Methoden des Holzschutzes (Borsäure, Soda, Pottasche) durchaus ausreichende Schutzwirkung. Im bewitterten Zustand war die Schutzwirkung dagegen deutlich schlechter. Bei der Freibewitterung zeigte sich, dass traditionelle Behandlungsarten anfällig auf Auswaschung sind. Auch bei den handelsüblichen Schutzmitteln wurden grosse Unterschiede der Wirksamkeit nachgewiesen.

Résumé

Etudes comparatives de différentes possibilités de protection du bois contre les champignons destructeurs. Partie 1: résistance aux champignons – comparaison de méthodes non conventionnelles de protection du bois utilisant des produits de production courante

La sensibilisation de la population aux problèmes environnementaux a permis au bois de prendre un nouvel essor ces dernières années en tant que matériau de construction. Ce phénomène a en outre suscité de l'intérêt pour les méthodes écologiques de protection du bois qui ne requièrent pas ou peu de traitements consécutifs. Depuis des siècles, l'homme utilise différentes méthodes de préservation du bois. Basée sur une recherche dans la littérature des méthodes employées au fil du temps, la partie 1 a permis de tester quelques procédés traditionnels par rapport aux produits de protection conventionnels. L'étude a porté sur la résistance aux champignons d'un certain nom-

bre de produits de préservation et sur le comportement du bois d'épicéa (*Picea abies* (L.) Karsten) traité thermiquement et de l'alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I. M. Johnst.), un bois extrêmement résistant aux champignons. A l'abri des intempéries, les méthodes traditionnelles de protection du bois (acide borique, soude, potasse) ont fourni une protection suffisante. L'effet protecteur s'est par contre révélé nettement inférieur pour le bois exposé aux éléments climatiques. Soumis aux conditions extérieures, les traitements traditionnels se sont avérés sensibles au lessivage. Les produits de production courante ont également montré de grandes différences d'efficacité.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Summary

Comparative examination of various possibilities of tempering wood to withstand destructive fungi. Part 1: Resistance to fungi: a comparison of a range of unconventional wood protective methods with commercially available products

With growing public awareness of the environment in recent years, the use of wood has received a fresh impetus while simultaneously awaking interest in environmentally friendly methods of wood preservation that require little or no after-treatment. For hundreds of years various ways and methods have been used to protect wood. Starting with a search through the literature to find measures employed in past times, in part 1 we tested some of these traditional methods and then compared them to current conventional ways of protecting wood. We examined the fungus resistance of a range of protective products and supplemented these examinations with tests on untreated and thermally tempered spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) and Alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) I.M. Johnst.), which is very resistant to fungi. In unweathered condition traditional methods (boric acid, sodium carbonate, potash) were found to afford a sufficient level of protection. For weathered wood, on the other hand, the level of protection was decidedly lower. It was shown that for wood weathered outdoors traditional treatment methods are susceptible to leaching. We also established great differences in the efficiency of commercially available products.

Translation: ANGELA RAST-MARGERISON

Verwendete und weiterführende Literatur

- ANDÉS, L.E. 1895: Konservierung des Holzes. U. Hartleben's Verlag, Wien.
- BÄCHLE, F. 2004: Weathering resistance of oil-heat-treated timber. Cost-Aktion E 22, ETH Zürich.
- BAVENDAMM, W. 1969: Der Hausschwamm und andere Bauholzpilze. Gustav Fischer, Stuttgart.
- BAVENDAMM, W. 1974: Die Holzschäden und ihre Verhütung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- BELLMANN, C. et al. 1990: Holzschutz: Eine ausführliche Erläuterung zu DIN 68 800. Teil 3. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- BILFINGER, M.; MEILI, D. 1989: Konservierung von Holzbauten. Verlag Haupt, Bern, Stuttgart.
- BOSSHARD, H.H. 1982: Holzkunde, Band 1: Mikroskopie und Makroskopie des Holzes. Birkhäuser Verlag, Basel, Bosten, Stuttgart.
- BOSSHARD, H.H. 1984: Holzkunde. Band 2: zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Birkhäuser Verlag, Basel, Bosten, Stuttgart.
- BOSSHARD, H.H. 1984: Holzkunde Band 3: Aspekte der Holzbearbeitung und Holzverwertung. Birkhäuser Verlag, Basel, Bosten, Stuttgart.
- BÖTTCHER, P.; NEIGENFIND, W. 1975: Verhalten unterschiedlich feuchter durchlässiger Anstriche auf einigen einheimischen Holzarten bei natürlicher Bewitterung. Technische Universität Braunschweig: WKI-Bericht.
- BREITENBACH, J.; KRÄNZLIN, F. 1986: Pilze der Schweiz. Band 2. Verlag Mykologia, Luzern.
- BODMAR, F.; TILGNER, B. 1922: Die Konservierung des Holzes in Theorie und Praxis. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin.
- BURESCH, E. 1860: Darstellung der verschiedenen Verfahrensarten und Apparate, welche zum Imprägnieren von Hölzern Anwendung gefunden haben. Rudolf Kuntze, Dresden.
- BURMESTER, A. 1970: Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit: Grundlagen und Vergütungsverfahren. BAM-Bericht, Berlin.
- CLAUSNITZER, K.D. 1989: Historischer Holzschutz: Zur Geschichte der Holzschutzmassnahmen von der Steinzeit bis in das 20. Jahrhundert. Ökobuch-Verlag, Staufen bei Freiburg.
- DIN-TASCHENBUCH 132, 1998: Holzschutz. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 4. Auflage.
- ERLER, K. 2002: Holz im Aussenbereich. Birkhäuser Verlag, Basel; Bosten; Berlin.
- FELLNER, J.; TEISCHINGER, A. 2001: Alte Holzregeln. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien.
- FURRER, O. 1901: Die Entwicklung der Holzimprägnierungs-Verfahren. Preisaufgabe, Zürich.
- GEIGER, F. 1962: Holzschutz. Werner-Verlag, Düsseldorf, 2. Auflage.
- GOCKEL, H. 1996: Konstruktiver Holzschutz: Bauen mit Holz ohne Chemie. Werner-Verlag, Düsseldorf.
- GRAF, E. 1990: Biologischer und biotechnischer Holzschutz. Interner F+E Bericht Nr. 120 500/1990, Empa, St. Gallen.
- GROSSER, D. 1985: Pflanzliche und tierische Bau- und Werkholz-Schädlinge. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- HADERT, H. 1938: Holzschutz und Holzveredelung. Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin.
- HEINZEL, W. 1933: Über die Schutzwirkung der Sulfitablaugen verschiedener Holzarten in der Indanthrenfärberei und ihrer Abhängigkeit von den hauptsächlichsten Ablaugebestandteilen. Dissertation, Risse-Verlag, Dresden.
- HEINZERLING, C. 1885: Konservierung des Holzes. Wilhelm Knapp, Halle a. S.
- JUACIDA, L. 1979: Untersuchungen über die anatomische Struktur, natürliche Dauerhaftigkeit und Imprägnierbarkeit von vier chilenischen Laubhölzern. Dissertation, Universität Hamburg.
- KNÖFEL, D. 1982: Stichwort Holzschutz. Bauverlag, Wiesbaden, Berlin.
- KNUCHEL, H. 1954: Das Holz. H.R. Sauerländer & Co., Aarau.
- KOLLMANN, F. 1955: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Band 1, Springer-Verlag, Berlin.
- KOLLMANN, F. 1955: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Band 2, Springer-Verlag, Berlin.
- LANGENDORF, G.; EICHLER, H. 1973: Holzvergütung. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.
- LEISSE, B. 1992: Holzschutzmittel im Einsatz: Bestandteile, Anwendungen, Umweltbelastungen. Bauverlag, Wiesbaden, Berlin.
- LEISSE, B. 1994: Holz natürlich behandeln: Oberflächen im Haus färben, schützen, pflegen. Alembik-Verlag, Braunschweig.
- LEISSE, B. 1996: Holz natürlich schützen: Schäden vermeiden, Werte erhalten. Alembik-Verlag, Braunschweig.
- LIGNOVISIONEN, Band 3, 2002: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. IHF, Wien.
- LIGNUM 1976: Dokumentation Holz. Zürich.
- LOHMANN, U. 1998: Holzhandbuch. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- LOHMANN, U. et al. 2003: Holz-Lexikon. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen, 4. Auflage.
- MAHLKE-TROSCHEL, F. 1916: Handbuch der Holzkonservierung. Springer-Verlag, Berlin, 1. Auflage.
- MAHLKE-TROSCHEL, F. 1950: Handbuch der Holzkonservierung. Herausgegeben von W. Liese, Springer-Verlag, Berlin, 3. Auflage.
- MÜLLER, K. 1993: Holzschutzpraxis. Bauverlag, Wiesbaden, Berlin.

- NIEMEYER, P. 1999: Werterhaltung Holz. VWEW-Verlag, Frankfurt a.M.
- NOWAK, A. 1950: Holzschutz. Österreichische Gesellschaft für Holzforschung, Wien.
- PATZELT, M.; STINGL, R.; TEISCHINGER, A. 2002: Thermische Modifikation von Holz und deren Einfluss auf ausgewählte Holzeigenschaften. In: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. Lignovisionen. Schriftenreihe des Institutes für Holzforschung und des Verband Holzwirte Österreich.
- PETER, O. 2003: Séchage et préservation du bois par la fumée. Forschungsbericht SH-Holz, Biel.
- QUIÑONES, J. 2001: Chemische und biologische Untersuchungen zum Verhalten dauerhafter Holzarten und ihrer Extrakte gegenüber holzabbauenden Pilzen. Dissertation, Buchverlag Gräffelfing, München.
- RIEDEL, K.; ZIMMERMANN, M. 2001: Holz und Holzschutz. Universitätsverlag, Weimar.
- SAILER, M. 2001: Anwendung von Pflanzenölimprägnierungen zum Schutz von Holz im Aussenbereich. Dissertation, Universität Hamburg.
- SCHMID, E. 1994: Aussenanstriche im Hochbau. Bauverlag, Wiesbaden, Berlin.
- SCHMIDT, O. 1994: Holz- und Baupilze. Springer-Verlag, Berlin.
- SCHNEIDER, A. 1994: Schädlinge und Schutz des Holzes. Angst-Verlag, Moers, 8. Auflage.
- UNGER, A. 1990: Holzkonservierung. Schutz und Festigung von Holzobjekten. Callwey, München, 2. Auflage.
- VILL, E. 1997: Natürlicher Holzschutz: Wirksamer Schutz auch ohne Gift. Ernst Vill Verlag, Petershausen.
- WEISS, B.; WAGENFÜHR, A.; KRUSE, K. 2000: Beschreibung und Bestimmung von Bauholzpilzen. DRW-Verlag, Leinfelden-Echterdingen.
- WEISSENFELD, P. 1983: Holzschutz ohne Gift? Ökobuch-Verlag, Grebenstein.
- ZIESEMANN, G.; KRAMPFER, M.; KNIERIEMEN, H. 1998: Natürliche Farben. Anstriche und Verputz selber herstellen. AT-Verlag, Aarau.

Normen

- DIN EN 113 (1996) Prüfverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen holzerstörende Basidiomyceten.
- DIN 52 175 (1975) Holzschutz.
- DIN 68 800-1 (1974) Holzschutz im Hochbau.
- DIN 68 800-2 (1996) Holzschutz; Vorbeugende bauliche Massnahmen im Hochbau.
- DIN 68 800-3 (1990) Holzschutz; Vorbeugender chemischer Holzschutz.
- DIN EN ISO 15 148 (1996) Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen.
- DIN 52 615 (1987) Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Bau- und Dämmstoffen.

Dank

Die Arbeiten wurden vom Schweizer Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung unterstützt und an der ETH Zürich durchgeführt.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. habil. PETER NIEMZ, Institut für Baustoffe, Holzphysik, Schafmattstrasse 6, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.
 MARKUS JAKOB, dipl. Holzingenieur FH, und Dr. Andreas Hurst, dipl. Forsting. ETH, HSB Biel, Solothurnstrasse 102, 2500 Biel 6.
 MARKUS HEEB, Empa St. Gallen, Gruppe Holzschutz und Mikrobiologie, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen.