Möglichkeiten des bioziden Holzschutzes

Autor(en): **Graf, Erwin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 8

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74053

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

schungsinstitutionen wegen ihrer verhältnismässig geringen personellen und teilweise auch infrastrukturellen Kapazität nur zeitlich und aufwandmässig begrenzte Beiträge leisten. Eine grundlegende Änderung dieser Situation zeichnet sich für die absehbare Zukunft mangels finanzieller Mittel nicht ab.
Wichtige Teilbereiche des anstehenden Forschungskomplexes «Holz als Baustoff» können von den Instituten der öffentlichen Hand zur Zeit auch deswegen nicht ohne weiteres bearbeitet werden, weil Fachdisziplinen betroffen sind, die im Rahmen unserer Holzforschung bislang relativ wenig berücksichtigt wurden und kurz- bis mittelfristig auch kaum aufzubauen sind: chemische Technologie des Holzes, Verfahrenstechnik, Holzanwendungstechnik, Wirtschaftsingenieurwesen im Holzbereich.
Diese Tatbestände machen es notwendig, die Verwendung der vorhandenen Forschungsmittel sorgfältig zu planen, so weitgehend wie möglich zu koordinieren und gezielt auf die Bearbeitung der wichtigsten Probleme zu lenken. Wenn zusätzliche Forschungsmittel zu Verfügung gestellt werden können, etwa aus dem Nationalfond, sollten sie in entsprechendem Sinne eingesetzt werden. Als Hauptaufgabe der zukünftigen Holzforschungs- und Entwicklungsarbeit darf die optimale Nutzung des einheimischen Holzes (siehe den vorangegangenen Beitrag) sowie die Stärkung der Wettbewerbsposition der holzbe- und verarbeitenden Industrie und des Handwerks im nationalen und internationalen Rahmen gelten.

Adresse des Verfassers: *J. Sell*, dipl. Holzwirt, Vorsteher der Abt. Holz der EMPA,) 8600 Dübendorf.

Holzschutz

Möglichkeiten des bioziden Holzschutzes

Von Erwin Graf, St. Gallen*)

Innerhalb des Kreislaufes der Stoffe haben holzzerstörende Organismen die Aufgabe, totes Holz zu zerkleinern (Insekten) und in die biogenen Elemente zu zerlegen (Bakterien, Pilze). Im Bauwesen aber soll aus der Sicht des Menschen das Holz als ästhetisches oder konstruktives Element eine hohe Lebenserwartung haben. Dies bedeutet, dass hier zwei gegenläufige Forderungen aufeinanderprallen. Was für die Natur ein förderlicher Abbau ist, ist für den Menschen in diesem Falle eine Zerstörung, die von ästhetischen bis zu baustatischen Problemen führen kann, und daher vermieden werden muss.
Wie bei einer Krankheit (Schema 1) müssen für eine wirksame Vorbeugung zuerst das beobachtete Phänomen, seine Ursache, seine Entwicklung und die äusseren Umstände, unter denen der Prozess abläuft, analysiert werden. Aus der Beantwortung dieser Fragen ergeben sich die notwendigen Konsequenzen für die Verwendung von Holz bzw. für den Schutz des Holzes durch präventive Eingriffe in das System.



Bild 1. Oberflächliche Holzerosion durch Solarstrahlung, Bläuepilze und Regen

Symptome eines Organismenangriffes

Wetterexponiertes Holz kann durch Verfärbungs- bzw. durch Bläue erregende Pilze dunkelgefärbt und gemeinsam von Licht und Regen *oberflächlich* erodiert werden (Bild 1). Auch durch das Nagen von Wespen können Oberflächenbeeinträchtigungen entstehen. Beide Schadenarten sind *ästhetischer* Natur.
Zu Substanzverlusten und damit zu wirtschaftlich bedeutungsvollen Schäden können führen: holzbohrende Insekten, höhere Pilze (Basidiomyzeten) und, im Falle eines Erdkontaktes, Moderfäule erregende Schimmelpilze
Unter den Insekten spielt an wetterexponierten Holzbauteilen der Hausbock *(Hylotrupes bajulus L.)* die wichtigste Rolle. Der Käfer legt seine Eier bis max. 35 mm tief in Ritzen und offene Fugen von Nadelhölzern ab. Seine Larven entwickeln sich während 3 bis 12 Jahren besonders in südwestexponierten Balken und Brettern, wo sie bevorzugt in den Splint lange Gangsysteme fressen. Die geschlüpften Käfer bohren sich meist gegen die wetterexponierte Seite ein ovales Flugloch von 4–7 mm Durchmesser (Bild 2). Im Extremfall können die Gangsysteme anschliessend von solitären Wespen und Bienen besiedelt werden.
Von den Pilzen verursachen Organis-

* Vortrag, gehalten anlässlich der EMPA-/LIGNUM-FACHTAGUNG «Wetterexponierte Holzbauteile» am 4. Sept. 1979 an der ETH-Zürich

Schema 1. Analyse von Krankheiten und Holzzerstörungen (nach Hueck H.J., 1968)

Fragestellung	Krankheit	Holzzerstörung
Welches Phänomen kann beobachtet werden?	Symptomatologie einschliesslich Diagnose	Symptomatologie einschliesslich Diagnose
Welches ist die Ursache?	Ätiologie	Ätiologie
Wie entwickelt sich das Phänomen?	Pathogenese	Schadenablauf
Unter welchen äussern Umständen läuft der Prozess ab?	Epidemiologie	Ökologie
Wie kann der Prozess vermieden oder geheilt werden?	Medizin - *curativ* - präventiv	Kontrolle der Holzzerstörung - curativ - *präventiv*

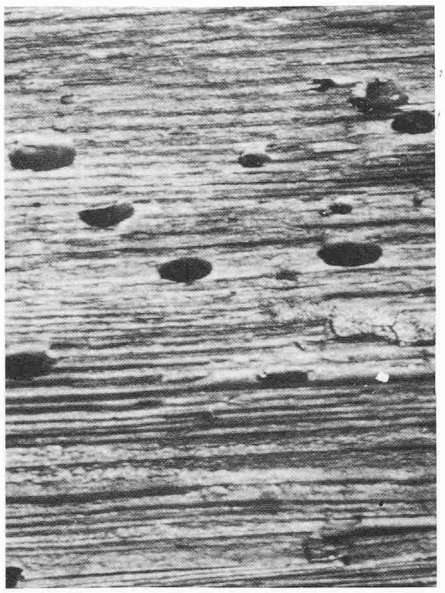


Bild 2. Holzfassade eines Kornspeichers mit Fluglöchern des Hausbockes Hylotrupes bajulus L.



Bild 3. Durch den Balkenblättling (Gloeophyllum trabeum Murrill) zerstörter Balkon



Bild 4. Moderfäuleangriff an einem Leitungsmast

men aus der Gattung der Blättlinge *(Gloeophyllum)* wirtschaftlich die grössten Schäden (Bild 3). Sie zerstören die Zellulose. Dabei verfärbt sich das Holz braun bis dunkelbraun, was zum Namen Braunfäule führte. Gleichzeitig treten Längs-, Quer- und Tangentialrisse auf, die einen würfligen Bruch zur Folge haben.

Bei einem Kontakt des Holzes mit feuchter Erde können zelluloseabbauende Schimmelpilze das Holz angreifen, die Zellwände durchlöchern und moderig weiches, leicht brechbares Holz zur Folge haben (Moderfäule Bild 4).

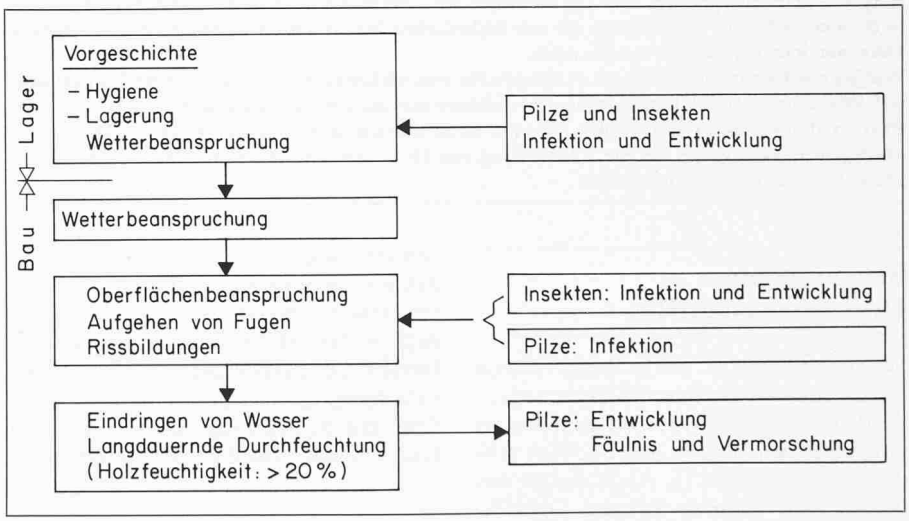
Ökologische Voraussetzungen

Voraussetzungen für einen biologischen Abbau von bewettertem Holz sind: Vorhandensein von Organismen, Nahrung und Angriffspunkten sowie Erfüllung bestimmter mikroklimatischer Bedingungen.

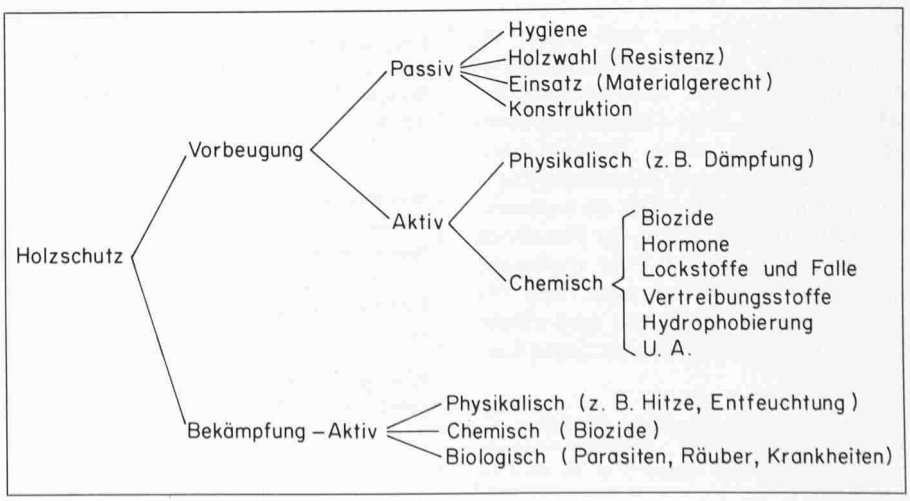
Pilze kommen verbreitet vor und können bei mangelnder Hygiene bereits auf dem Stapelplatz im Wald oder bei der Sägerei das Holz infizieren (Bild 5). Das Risiko eines Hausbockbefalls ist um so grösser, je mehr befallene Objekte (Häuser, Brücken, Masten) in der Nähe des zu bauenden Gebäudes vorhanden sind. Während sich Pilze je nach Art von Laub- oder Nadelhölzern ernähren, kann sich der Hausbock nur in Nadelholz (Fichte, Tanne, Kiefer u.a.) entwickeln. Von allen Organismen wird der Splint bevorzugt, da je nach Holzart der Kern eine bestimmte Resistenz aufweist.

Der Entwicklung der Organismen wird in erster Linie durch die mikroklimatischen Bedingungen - besonders durch Holzfeuchtigkeit und - Temperatur - Grenzen gesetzt. Aus der Tabelle 1 geht hervor, dass sich die Entwicklung beim Hausbock zwischen 10° und 38° und bei den Pilzen zwischen 3° und 40° abspielt. Innerhalb dieser Grenzen wird die Entwicklungsgeschwindigkeit beeinflusst. Am meisten limitiert wird der Holzabbau durch die Feuchtigkeit. Bei Holzfeuchtigkeiten unter 8% ist kein Insektenangriff und unter 20% keine Pilz-

Schema 2. Ursachen eines biologischen Angriffs von wetterexponierten Holzteilen (in Anlehnung an Sell, 1978)



Schema 3. Möglichkeiten des Holzschutzes



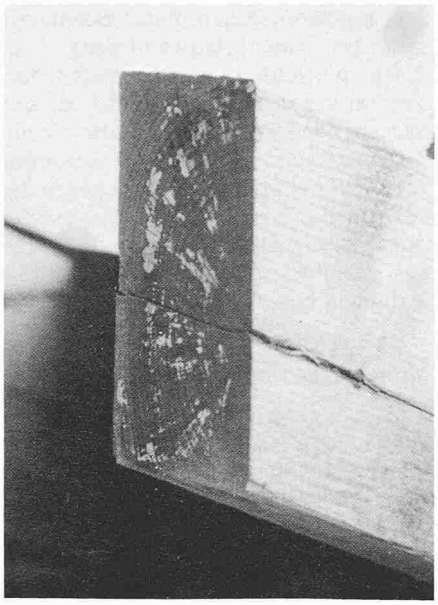


Bild 5. Dachbalken eines Neubaus, der mangels Hygiene auf dem Lagerplatz bereits vor dem Einbau von einem höheren Pilz befallen worden war

entwicklung auf Aussenelementen mehr möglich.
Der optimale Bereich liegt für den Hausbock bei 24% und für Pilze zwischen 30 und 80%. Dies bedeutet nach den Messungen von *Meierhofer* [1], dass das Holz längere Zeit durch tropfbares oder Kondenswasser durchfeuchtet sein muss. Dies geschieht durch Risse und offene Fugen (*Meierhofer*, unpubl.) sowie durch gerissene feuchtigkeitsundurchlässige Anstrichfilme, die das Entweichen der Feuchtigkeit verzögern. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Pilze ist eine Funktion der Feuchtigkeit und der Temperatur. Die Werte liegen in den meisten Fällen bei mehreren Monaten bis Jahren, bis ein deutlicher Schaden auftritt. Die verschiedenen Einflüsse sind im Schema 2 in Anlehnung an *Sell* [2] zusammengefasst.

Tabelle 1. Mikroklimatische Ansprüche einiger auf bewitterten Holzteilen sich entwickelnder Organismen resp. Organismengruppen

Organismengruppe		Insekten	Schimmelpilze		Höhere Pilze	
Schadenerreger		Hausbock	Bläuepilze	Moderfäulepilze	Tannenblättling	Zaunblättling
Holzfeuchtigkeit in %	Bereich	8–62	<20...	<20...	<25...	<25...
	Optimum	24	30–80	30–80	~40	~40
Temperatur in °C	Bereich	10–38	3–40	3–40	3–36	3–<40
	Optimum	28–30	24–28	20–30	29–30	33–35

Tabelle 2. Beschränkende Faktoren des bioziden Holzschutzes

Faktoren		Einfluss auf
Gesundheitsämter		- Verbot resp. Einschränkung aus Umwelt- und Toxikologiegründen
Organismen (Gruppen und Arten)		- Wirkung (Empfindlichkeit resp. Resistenz)
Formulierung	- Lösungsmittel - Pigmente - Hilfsstoffe	- Eindringtiefe - Wirkung - Applikationsaufwand (Löslichkeit) - Entflammbarkeit
Holz	- Anatomie u. Chemie (Holzart, Splint, Kern u. a.)	- Eindringtiefe - Bindung am Holz
	- Holzfeuchte	- Imprägnierbarkeit und Eindringtiefe
Anstrichmittel Bau- und Hilfsstoffe (wie Leime, Dichtungsmasse)		- Imprägnierbarkeit - Eindringtiefe - Kompatibilität (Verleimbarkeit, Korrosion u. a.)
Klima	- Temperatur - Feuchtigkeit - Wasser - Licht	- Verdunstung (Dampfdruck) - Hydrolyse - Auslaugung - Photochemischer Abbau Wirkungsdauer
Holzschützer		Behandlungsqualität

Vorbeugender Holzschutz mit Bioziden

Innerhalb dieser Arbeit sollen nur Möglichkeiten des bioziden, vorbeugenden Holzschutzes besprochen werden, obwohl sie nur ein Teilaspekt aus dem ganzen möglichen Massnahmenkatalog sind (Schema 3) und in der Praxis nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Nur eine Beachtung möglichst vieler Parameter garantiert eine hohe Lebenserwartung wetterexponierter Holzbauteile.
Biozider Holzschutz allein ist kein Allheilmittel, da genügend Gegenspieler vorhanden sind, die dessen Wirkung beeinflussen können (Tabelle 2).

Biozide Substanzen

Biozide Substanzen sind, wie ihr Name sagt, Stoffe, die Leben töten. Die im Holzschutz verwendeten Substanzen sollen gegen Insekten und/oder Pilze wirksam sein. Gleichzeitig wird allgemein die Forderung gestellt, dass sie an Fischen, Säugern und beim Menschen keine toxischen Effekte zeitigen. Daher gibt es Substanzen mit guter biozider Wirkung, die von Gesundheitsbehörden nicht zugelassen werden. In der Schweiz sind gemäss der «Verordnung über verbotene giftige Stoffe» vom 23. Dez. 71 verboten: Verschiedene Chlorkohlenwasserstoffe wie DDT und Lindan in Publikums- und gewerblichen Produkten, Quecksilber als Fungizid in Publikumsprodukten und Arsen in Schädlingsbekämpfungsmitteln. Zusätzlich können weitere biozide Substanzen in ihrer Anwendung durch Gewässerschutzgesetze und -verordnungen (z. B. «Verordnung über Abwassereinleitungen» vom 8. Dez. 75) eingeschränkt werden, die Maximalwerte im Wasser bestimmen (z. B. für Arsen, Bor, Chrom, Kupfer, Fluoride, Organochlorpestizide u. a.)
Alle in der «Verordnung über verbotene giftige Stoffe» nicht erwähnten Biozide sind prinzipiell für wetterexponierte Holzbauteile zugelassen. Diese Substanzen werden gemäss ihrem Wirkspektrum unterteilt in Fungi- (Pilze) und Insektizide und gemäss ihrer chemischen Herkunft in anorganische Salze und organische Wirkstoffe. Die Tabelle 3 stellt eine nicht erschöpfende Liste in der Schweiz gebräuchlicher biozider Substanzen sowie ihr allgemeines Wirkspektrum dar.
Während die Salze in erster Linie in Wasser gelöst angewandt werden, werden die organischen Wirkstoffe in einem Schutzmittel formuliert, das neben organischen Lösungsmitteln noch Hilfsstoffe wie z. B. Pigmente, Stabilisatoren, Emulgatoren, Öle u. a. enthalten kann. Von der Formulierung hängt ein Grossteil der Eindringtiefe, Wirksamkeit und Stabilität des Produktes sowie des Applikationsaufwandes (Anzahl Anstriche, Dauer der Tauchung u. a.) ab.

Applikation biozider Schutzmittel

Die Applikationsart eines bioziden Holzschutzmittels richtet sich nach den

Tabelle 3. Vertreter von in der Schweiz verwendeten Bioziden und ihr Wirkspektrum

Wirkstoffe		Wirkspektrum			
Gruppe		Insekten	Basidio-Myceten	Bläue	Moderfäule
Anorganische Salze (Wasserlöslich)	Borverbindungen	+	+		
	Chrom-Kupfer-Fluorsalze	+	+		+
	Chrom-Kupfer-Borsalze	+	+		+
Organische Wirkstoffe					
Teeröle	Steinkohlenteeröle	+	+		+
Chlorierte Phenole	Pentachlorphenol (Na-Salz)	(+)	+	+	+
Phtalimide	Fluorfolpet	-	+	+	
Sulfamide	Dichlofluanid	-	+	+	
Organische Zinnverbindungen	Tributylzinnoxid/-benzoat	+	+	+	+
Chlorkohlenwasserstoffe	Endosulfan	+	-	-	-
Organische Phosphorsäureester	Phosalone / Diazinon Dursban / Phoxim	+	-	-	-
Carbamate	Sevin / Propoxur / Bassa	+	-	-	-

Tabelle 4. Mittlere Eindringtiefen von Schutzsalzkomponenten in splinthaltiges Fichtenholz in Abhängigkeit vom Imprägnierverfahren (mittlerer Splintanteil 30 mm). (Angaben in mm)

Holzfeuchtigkeit	*Verfahren*	*Schutzsalzkomponente*		
		Kupfer	*Bor*	*Fluor*
Saftfrisch	*Wechseldruck*	*28*	*46*	*32*
Lufttrocken (ca. 17%)	*Kesseldruck*	*14*	*32*	*18*

in der Praxis vorgegebenen Beanspruchungen des Holzes. Während Bauteile und Schutzmittel in Gebäuden nur Verdunstungsbeanspruchungen genügen müssen, sind sie im Freien unter Dach noch der Strahlung und den Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt. Ungeschützte, wetterexponierte Holzbauteile und Schutzmittel aber sind grossen Temperaturschwankungen (Verdunstung), der Strahlung (photochemischer Abbau), Feuchtigkeit (Hydrolyse) und Regen (Auslaugung) ausgesetzt, was zusätzlich beim Holz zu Oberflächenerosionen, Rissbildungen und Eindringen von Wasser führt. Diese unterschiedlichen Beanspruchungsstufen erfordern entsprechende Eindringtiefen der Schutzmittel.

Streichen, Rollen, Sprühen

Durch Streichen, Rollen und Sprühen kann nur ein Randschutz erzielt werden. Die bioziden Substanzen sind beim gut imprägnierbaren Kiefernsplint max. 3 mm tief wirksam. Das schlechter imprägnierbare Fichtenholz dürfte noch eine geringere Eindringtiefe der biozid wirksamen Konzentration aufweisen. Obgleich solche im Anstrich- oder Sprühverfahren aufgebrachten Schutzmittel keinen Tiefschutz gegen holzzerstörende Pilze und Insekten gewähren, vermindern sie nach *Becker* [3] doch die Befallswahrscheinlichkeit erheblich. Wichtig aber ist, dass bei auf diese Weise aufgebrachten bioziden Produkten im Holz keine Risse auftreten und kein Feuchtestau hinter den Anstrichen entsteht, was zu Bildung von Pilznestern führen könnte. Von den bereits erwähnten Verfahren ist die Sprühtunnelapplikation das umweltfreundlichste, müssen doch beim Streichen mit 10–20% und beim Sprühen mit einer Spritze mit 20–50% Schutzmittelverlusten gerechnet werden.

Tauchen

Ein weiteres Verfahren sieht das Tauchen von Holzelementen im Schutzmittel während mindestens 30 Minuten vor. Es erlaubt bei guten öligen Schutzmitteln und lufttrockenem Holz eine Tiefwirkung in Faserrichtung und einen guten Randschutz quer zu den Fasern. *Becker* [3] erreichte bei Kiefernsplinthölzern bei einer Tauchung von 2×10 Minuten mit sehr guten, pigmenthaltigen öligen Schutzmitteln bei einer Aufwandmenge von 200 g/m² mittlere Eindringtiefen quer zur Faser von 5 und 8 mm. Bei den entsprechenden Produkten lag die biozide Grenzkonzentration gegen Braunfäuleerreger bei max. 4 mm und gegen den Hausbock > 4 mm. Im Unterschied zum Streichen und Sprühen erlaubt dieses Verfahren eine bessere Durchtränkung von Fugen und Rissen.

Maschinelle Imprägnierverfahren

Die grösste Eindringtiefe wird durch maschinelle Imprägnierverfahren erzielt. Zu ihnen zählen Saftverdrängungs- (Boucherie- und Trogsaug-), Kesseldruck- und Wechseldruck-Verfahren. Mit salzartigen wässrigen Schutzmitteln werden im saftfrischen Fichtenholz mit einem mittleren Splintanteil von 30 mm im Wechseldruckverfahren mittlere Eindringtiefen von 30 (Kupfer) bis 50 mm (Bor) erreicht (Tabelle 4). Bei lufttrockenem Holz (rd. 17% Holzfeuchtigkeit) gleicher Qualität liegen im Wechseldruckverfahren die mittleren Eindringwerte zwischen 14 (Kupfer) und 32 mm (Bor). Bei dieser Imprägnierungsart sind die bei der Trocknung eingetretenen Schwindrisse gut imprägniert. Nach Horn [4,5] kann die Eindringtiefe durch mechanische Vorbehandlung des Holzes wesentlich erhöht werden. Durch ein Stichperforierverfahren wurden bei Kesseldruckimprägnation die Eindringtiefen bei Fichten um 20 mm und die durchschnittliche Schutzsalzaufnahme um das 2,3fache erhöht. Bei dieser Massnahme geht die bessere Imprägnation auf Kosten der Biegefestigkeit, die bei Leitungsstangen rd. 8% abnimmt. Bei den stark gefährdeten Leitungsstangen, die stets im Erdkontakt stehen, wird bei diesem Verfahren ein Schutz von mindestens 15 Jahren erwartet, da der biozid aktive Braunfäuleschutz bis 30 mm und der Moderfäuleschutz bis 40 mm tief reichen kann.

Bei der Applikation ist aber auch die Renovierbarkeit einer Behandlung zu berücksichtigen. Während auf Salzbehandlungen Nachbehandlungen mit Salzen und mit organischen Wirkstoffen erfolgen können, verunmöglicht oft ein Schutzmittel auf Ölbasis wegen seiner wasserabstossenden Wirkung eine spätere Imprägnation mit Salzen. Ebenso können Hydrophobierungsmittel eine spätere Applikation von Salzlösungen und das Eindringen der Wirkstoffe erschweren.

Bei allen erwähnten Verfahren muss aber immer auch das Schutzmittel und der Holzschützer einbezogen werden, denn der zu erwartende Erfolg ist nur dann gewährleistet, wenn die Behandlung *sachgemäss* durchgeführt und ein *biologisch wirksames* Präparat verwendet wird. Biologisch wirksame Produk-

te können auf Antrag des Herstellers und nach Prüfung durch die EMPA in der Schweiz mit einem LIGNUM-Gütezeichen bewertet sein (Bild 6).

Biozide Holzschutzverfahren für wetterexponierte Bauteile

Im Unterschied zu früheren Zeiten werden heute vermehrt Holzbauteile der Witterung ausgesetzt. Mit dem Dach bündige Fassadentäfer, aussen angeschlagene Fenster und ins Freie gezogene Konstruktionsbauteile aus Massiv- und Brettschichtholz sind keine Seltenheit.

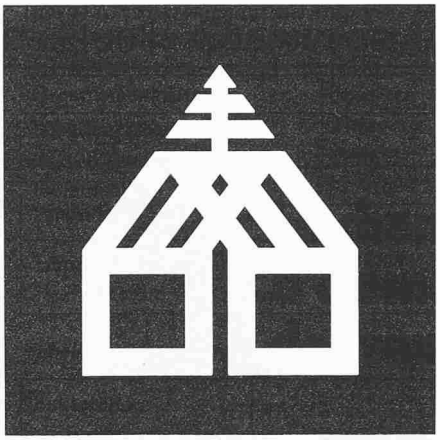


Bild 6. Signet für Holzschutzmittel, die von der Lignum für bestimmte Anwendungszwecke als geeignet bewertet wurden

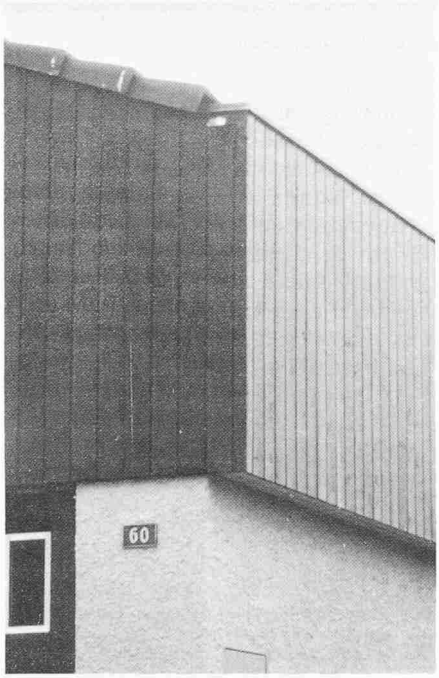


Bild 7. Fassadentäfer mit eingebauter Dachrinne

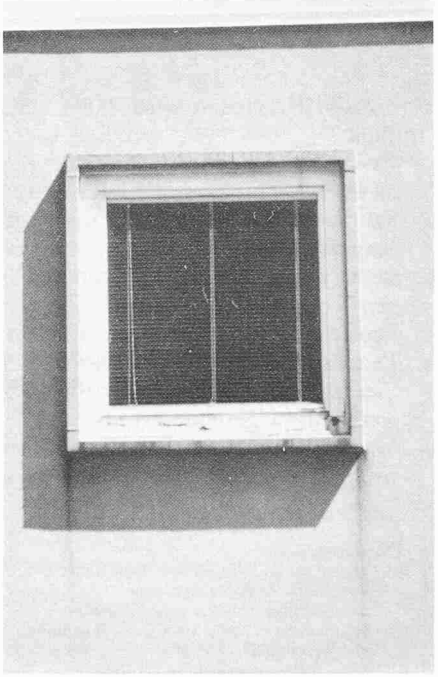


Bild 8. Durch Blättlinge (Gloeophyllum) angegriffenes Fenster

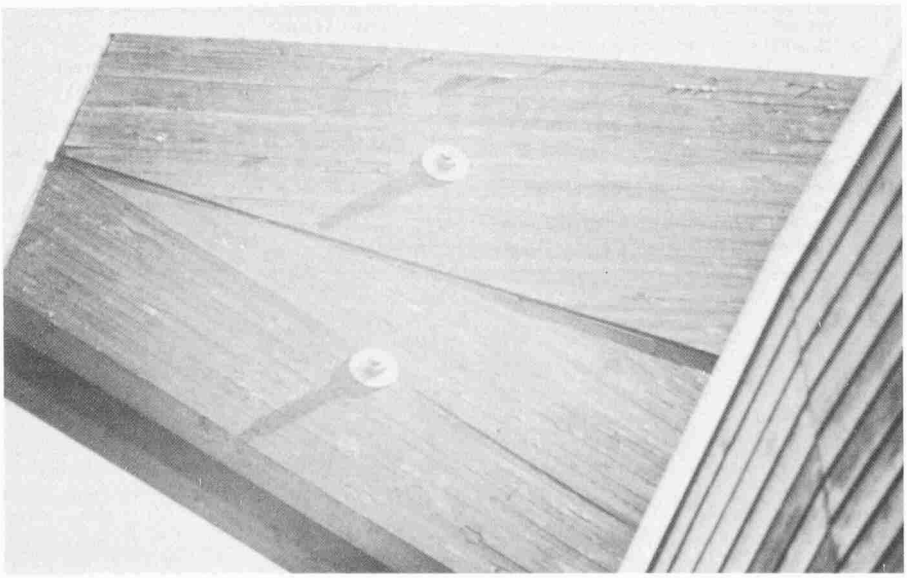


Bild 9. Wetterexponiertes Brettschichtholz mit Blättling-Befall (Aufnahme: U. Meierhofer, EMPA-Dübendorf)

Diese starke Wetterexposition von Holzbauteilen sollte zu Gunsten einer höheren Lebenserwartung des Holzes durch konstruktive Massnahmen vermieden werden. Will man diese Forderungen aber nicht erfüllen, so müssen wetterexponierte Hölzer mit einem wirksamen bioziden Holzschutz versehen werden.

Fassadentäfer (Bild 7) sollten mindestens mit einem wirksamen bioziden Oberflächenschutz versehen werden, der bei versteckten Dachrinnen auch auf der Rückseite aufgebracht werden soll. Da Pigmente nicht nur das Holz sondern auch die bioziden Substanzen vor einem photochemischen Abbau schützen, sind pigmentierte Anstriche auf die biozide Grundierung oder direkt pigmentierte biozide Schutzanstriche zu empfehlen. Dabei wird die Dauer der Schutzwirkung mindestens verdoppelt [6].

Bei Fenstern (Bild 8) und Jalousien bringt eine Tauchgrundierung bei geeigneter Schutzmittelwahl eine wesentliche Verlängerung der Lebensdauer. Bei diesem Verfahren werden auch die stark gefährdeten Fugen und Verbindungen imprägniert. Gemäss Aussagen eines bekannten Jalousienfabrikanten sind seit Tauchbehandlung seiner Produkte während den letzten fünf Jahren keine Schäden mehr aufgetreten, während vorher rd. 10% Ausfälle zu verzeichnen waren. Diese Aussagen können auch durch Versuche der Holzabteilung der EMPA Dübendorf mit Holzzapfenverbindungen bestätigt werden.

Bei Konstruktionselementen aus Massiv- und Brettschichtholz empfiehlt sich eine Tiefschutzimprägnierung, da diese Bauteile bei einer intensiven Vernässung nur langsam trocknen, tiefere Risse zeigen und daher dem holzzerstörenden Angriff durch Insekten und Pilze besonders ausgesetzt sind, und bei einem Schadenereignis nur unter grossem Aufwand ersetzbar sind (Bild 9).

Der beste Tiefschutz mit den geringsten Renovationsproblemen wird bei *Massivhölzern* erreicht, wenn sie nach dem Zurichten auf ihre Endmasse, mechanisch vorbehandelt mit einer Salzimprägnierung, geschützt werden. Später verursachte Schnittstellen müssen unbedingt mit dem Biozid nachbehandelt werden.

Bei *Brettschichthölzern* kann zwischen einer *Vor-* und einer *Nachimprägnierung* unterschieden werden, je nach dem ob die Schutzmittelbehandlung vor oder nach dem Verleimen der einzelnen Lamellen durchgeführt wird. Nachimprägnierungen bringen den Vorteil mit sich, dass Klebverbindungen durch ölige Schutzmittel nicht beeinträchtigt werden [7,8]. Auch wässrige Salzimprägnierungen fertiger Elemente sind möglich, wenn nur geringe Wasseraufnahmen garantiert sind, damit

sich keine festigkeitsmindernden Eigenspannungen aufbauen können [7,9]. Bei Klebstoffen auf Harnstoff-Formaldehydbasis (UF) ist eine maximale Tränkdauer von 4 h einige Tage nach Verleimung und eine schonende Trocknung gefordert. Als Nachteile müssen eine geringere Eindringtiefe als bei der Vorimprägnierung, ungenügende oder fehlende Imprägnierung an mit Klebstoffen überstrichenen Stellen und Erschwerung einer mechanischen Vorbehandlung wegen Verletzungsgefahr der Leimfugen in Betracht gezogen werden.

Bei einer Vorimprägnierung der zugeschnittenen Lamellen kann eine zusätzliche mechanische Vorbehandlung, eine bessere Durchtränkung sowie eine Abtötung bestehender Pilzherde im Innern erreicht werden. Nachträgliche Schnittstellen müssten biozid nachbehandelt werden. Bei einer Vorimprägnierung sind eine spannungsfreie Rücktrocknung und eventuelle Inkompatibilitäten zwischen imprägniertem Holz und Klebmittel zu berücksichtigen. Bei salzartigen Insekten- und Pilzschutzmitteln – nicht bei Flammschutzmitteln – scheint nach *Göldi* [10] keine signifikante Beeinträchtigung der Verklebung zu erwarten zu sein. Organisch gelöste Wirkstoffe wie Pentachlorphenol und Kupfernaphtenat ergeben nach *Selbo* [11] befriedigende Verklebungen. Ebenfalls lassen sich nach demselben Autor [12] teerölimprägnierte Lamellen mit Phenol-Formaldehydharz (PF) und Resorzin-Formaldehydharz (RF) verkleben. Wie aus den Versuchen von *Göldi* [10] hervorgeht, spielt die Trocknungszeit zwischen Imprägnierung und Verklebung auf die Scherfestigkeit eine wesentliche Rolle. Die Trocknungszeit sollte nicht auf Kosten einer geringeren Eindringtiefe der bioziden Substanz durch Zuschleifen der Lamellen verkürzt werden.

Zusammenfassung

Unter nicht vermeidbarer Wetterexposition, wo tiefe Risse und Feuchtigkeitsstau auftreten können, muss das Holz entsprechend seiner Beanspruchung und Funktion mit wirksamen bioziden Mitteln vor einem Organismenangriff geschützt werden. Bei wetterbeanspruchten Holzteilen wird daher empfohlen:

- Fassadentäfer: mindestens eine pigmentierte, biozide Oberflächenbehandlung, die auch auf der Rückseite ausgeführt werden muss, wenn versteckt eingebaute Dachrinnen vorliegen
- Fenster und Jalousien: fungizide Tauchgrundierung der Rahmen und Elemente, damit auch gefährdete Fugen wirksam geschützt sind
- Massiv- und Brettschichthölzer: wirksame biozide Tiefschutzimprägnierung mit eventueller mechanischer Vorbehandlung des Holzes, wobei auch Schwindrisse und sämtliche Schnittflächen einen Tiefschutz aufweisen sollen.

Doch vor allen, letztlich auch umweltgefährdenden Biozidbehandlungen sollten die alten Regeln der Baukunst (Bild 10) beachtet werden, die uns Jahrhunderte alte Holzbauwerke überlieferten.



Bild 10. Konstruktiver Holzschutz an einem 200-jährigen Luzerner Bauernhaus

Adresse des Verfassers: Dr. *E. Graf*, EMPA, Unterstrass 11, 9001 St. Gallen

Literaturverzeichnis

[1] *Meierhofer U., Sell J.*, 1979: «Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen». 2. Mitteilung: Tragende Holzbauteile im Freien unter Dach. Holz als Roh- und Werkstoff *37*, 227–234

[2] *Sell J.*, 1978: «Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen». 1. Mitteilung: Ausgangssituation, Ziel, Grundlagen und Methodik einer langfristigen Untersuchung. Holz als Roh- und Werkstoff *36*, 461–466

[3] *Becker G., Starfinger K.*, 1971: «Über die Reichweite der fungiziden und insektiziden Wirksamkeit Pigment-haltiger öliger Schutzmittel im Holz». Holz als Roh- und Werkstoff *29*, 344–348

[4] *Horn J.* et al., 1974: «Neuere Entwicklung bei der Imprägnierung von Fichtenmasten». Holzzentralblatt *100* (10), 142–143

[5] *Horn J.* et al., 1977: «Schutzsalzverteilung in mechanisch vorbehandelten Fichtenmasten nach Kesseldruck-Tränkung». Holz als Roh- und Werkstoff *35*, 67–73

[6] *Sell J.*, 1978: «Oberflächenbehandlung von Aussenbauteilen». Applica No. 11, 6–9

[7] *Eby R. E.*, 1969: «Glued laminated products for the electric utility industry». Proc. Ann. Meet. AWPA *65*, 163–168

[8] *Jain N. C.*, 1976: «Effect of preservatives on gluing of Pinus roxburghii (Chir) in plywood making». Holzforsch. Holzverwert. *28*, 134–136

[9] *Egner K., Sinn H.*, 1962: «Verträglichkeit von Holzschutzmitteln mit im Bauwesen üblichen Leimen». Ber. Bauforsch. *26*, 3–9

[10] *Göldi M.* et al., 1979: «Scherfestigkeit der Klebverbindungen von vorimprägniertem Holz – Beitrag zur Entwicklung wetterbeständigen Brettschichtholzes». Holz als Roh- und Werkstoff *37*, 241–250

[11] *Selbo M. L.*, 1957: «Laminating of preservative-treated wood». Proc. Ann. Meet. AWPA *53*, 48–54

[12] *Selbo M. L.*, 1961: «Efect of solvent gluing of preservative-treated Red Oak, Douglas Fir and Southern Pine». Proc. Ann. Meet. AWPA *57*, 152–161

[13] *Hueck H. J.*, 1968: «The biodeterioration of materials – A apraisal, p 6–12». In: Biodeterioration of Materials – Microbial and allied aspects. H. Walters and J. J. Elphick, p 740, Elsevier, Publishing Co Ltd. Amsterdam, London, New York