

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 143 (1992)
Heft: 9

Artikel: Chemischer Holzschutz gegen Pilze : Möglichkeiten und Grenzen
Autor: Graf, Erwin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-765852>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

Chemischer Holzschutz gegen Pilze¹

Möglichkeiten und Grenzen

Von Erwin Graf

FDK 841: 844

1. Einleitung

Die chemische Veredlung ist heute eine allgemein praktizierte Methode, um die Standdauer von Holzkonstruktionen bei Materialfeuchte über 18% zu verlängern. Dabei ist man sich bewusst, dass es bei Bauten aus geschütztem Holz wie auch aus anderen Materialien das «Nullrisiko» nicht gibt (*Abbildung 1*).

Im Feuchtebereich von 20 bis 120 % bezogen auf das Splintholz der Fichte besteht die grösste Gefahr, dass ein Bauwerk aufgrund von Fäulnisschäden einstürzt und Menschen verletzt, oder dass es zu Folgeschäden bei Schutzverbauungen kommt. Je länger die hohe Feuchte auf das Holz einwirkt, um so höhere Dosierungen von persistenteren Wirkstoffen müssen zur Sicherung der Konstruktion eingesetzt werden. Doch wird der heute in der Schweiz zugelassene chemische Holzschutz in den verschiedenen Feuchtebereichen relativ zum statischen Risiko betrachtet, so besteht für Mensch und Umwelt die grösste Gefährdung durch Fungizide bei Holzfeuchte unter 18% und über 120%, wo die Pilze nicht mehr wachsen können und daher Wirkstoffe überflüssig sind.

Es ist daher Aufgabe der Holz- und Forstwirtschaft, in den verschiedenen Einsatzbereichen des Holzes gemäss der EMPA/Lignum-Devise «So wenig chemischer Holzschutz wie möglich, soviel wie notwendig» die adäquaten Schutzmassnahmen zu finden und entsprechend einzusetzen.

Da im Wald keine Fungizide zum Schutz des Rundholzes eingesetzt werden, beziehen sich die folgenden Ausführungen nur auf Schnitt- und Bauholz.

¹ Vortrag, gehalten am 16. Dezember 1991 im Rahmen der Kolloquien an der Abteilung für Forstwirtschaft der ETH Zürich.

Hypothetische Risikoabschätzung bei Fichte

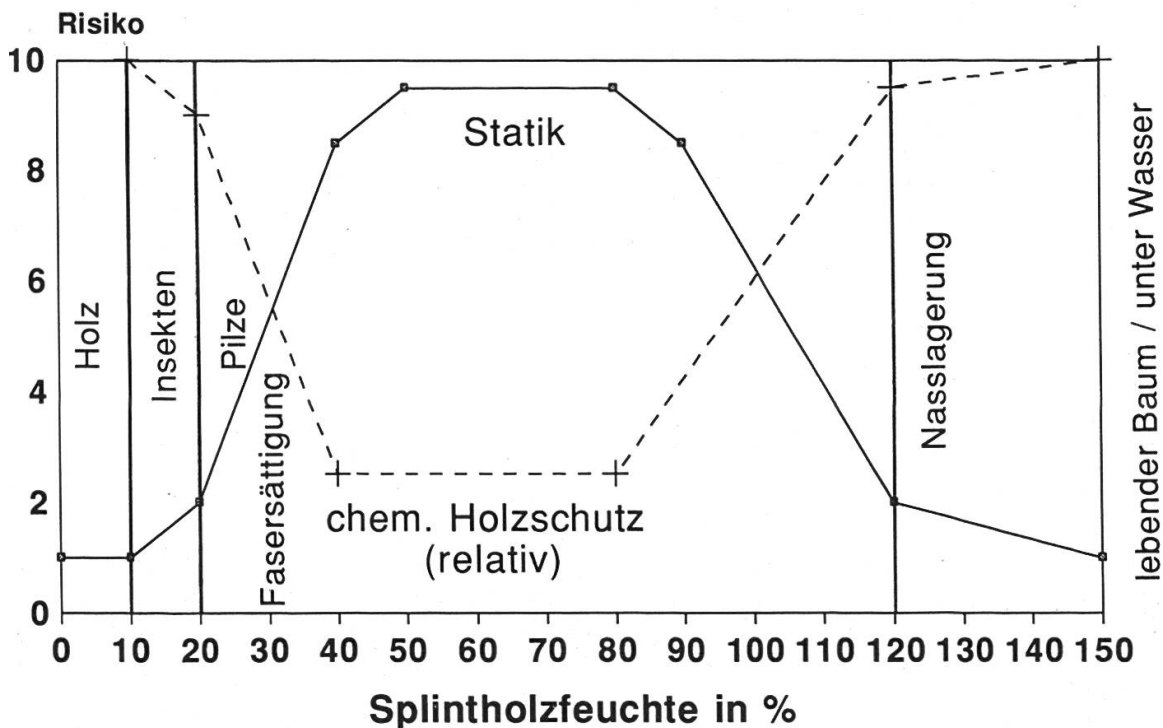


Abbildung 1. Relatives durch chemischen Holzschutz bedingtes human- und ökotoxikologisches Risiko im Vergleich zur biogenen Gefährdung von Holzbaukonstruktionen und des Menschen.

2. Gefährdung des Holzes durch Pilze

Das Risiko, dass Holz von Pilzen besiedelt wird, steigt mit abnehmender Dauerhaftigkeit der Holzart, mit steigender Holzfeuchte von 18% bis etwa 50% und der zeitlichen Verzögerung der Austrocknung respektive mit zunehmender Einwirkungsdauer hoher Holzfeuchte. Als Orientierungshilfe werden daher in der EMPA/Lignum-Richtlinie «Holzschutz im Bauwesen» sowie im europäischen Normentwurf prEN 335 für das Holz vier Gefährdungsklassen definiert (Tabelle 1). Ergänzend werden zurzeit europäische Normen geschaffen, die Auskunft geben, welche Holzarten (prEN 350.2), welche Holzschutzmittel (CEN Doc 552) respektive wie geschütztes Holz (prEN 351.1) entsprechend den einzelnen Beanspruchungssituationen eingesetzt werden sollen (Graf, 1990).

Tabelle 1. Gefährdungsklassen gemäss prEN 335.1.

Klasse	Anwendungsbereich	Beschreibung der Feuchtebeanspruchung	Holzfeuchte in %
1	ohne Erdkontakt abgedeckt (trocken)	ständig trocken	ständig < 18 %
2	ohne Erdkontakt abgedeckt Befeuchtungsrisiko	gelegentlich Befeuchtung ausgesetzt	gelegentlich > 20 %
3	ohne Erdkontakt nicht abgedeckt	häufiger Befeuchtung ausgesetzt	häufig > 20 %
4	in Kontakt mit Erde oder Süsswasser	ständig dem Kontakt mit Erde oder Süsswasser ausgesetzt	ständig > 20 %

3. Abgrenzung des chemischen Holzschutzes

Unter chemischem Holzschutz versteht man den Einsatz von aus der Natur gewonnenen oder synthetisch hergestellten organischen oder anorganischen Erzeugnissen und Gegenständen, die gemäss Stoff-Verordnung (1986) zum Schutz des Holzes gegen holzerstörende oder -verfärbende Organismen, gegen Feuer oder andere Beeinträchtigungen bestimmt sind. Unter Holzschutzmitteln können im weiteren Sinn auch Anstrichstoffe verstanden werden, die das Holz gegen Verwitterung, Licht und Verschmutzung schützen. Bei der Definition der Holzschutzmittel war sich das Bundesamt für Wald, Umwelt und Landschaft (BUWAL) bewusst, dass in Anstrichmitteln neben Wirkstoffen andere ebenso oder stärker umweltrelevante chemische Verbindungen vorliegen können, die aus ökologischer Sicht zu bewerten sind.

Die chemische Veredlung des Holzes ist aber stets nur als einer von sechs wichtigen Parametern eines umfassenden Schutzkonzeptes zu betrachten (Tabelle 2). Sie ist ausschliesslich da einzusetzen, wo alle andern Massnahmen nicht genügen, um die langfristige Sicherheit und damit die gefahrfreie Benützung eines Bauwerks zu gewährleisten.

Tabelle 2. Massnahmenpaket zum Schutz des Holzes (Anonym, 1991).

1) Bauliche Konzeption und Gestaltung (Exposition)
2) Materialwahl (Dauerhaftigkeit der Holzart)
3) Einwandfreie Detailausbildung
4) Chemischer Holzschutz gegen Organismen
5) Oberflächenbehandlung gegen Witterungseinflüsse
6) Kontrolle und Unterhalt

4. Möglichkeiten des chemischen Holzschutzes

Die chemische Veredlung der gebräuchlichen, einheimischen Holzarten ermöglicht den Einsatz dieses Werkstoffs in Bereichen (Gefährdungsklassen 2 bis 4), in denen er durch Pilze in seiner «ästhetischen» oder statischen Funktion soweit beeinträchtigt würde, dass er durch ein anderes Material ersetzt werden müsste (*Tabelle 3*).

Tabelle 3. Chemischer Holzschutz ist notwendig, wenn . . .

-
- Durchfeuchtungs- bzw. Fäulnisrisiko besteht (siehe Gefährdungsklassen 3 und 4),
 - tragende bzw. sicherheitsrelevante oder aufwendig zu ersetzende Holzbauteile durch Organismen gefährdet sind,
 - Holz gegen ästhetische Mängel und Anstrichfilme gegen frühzeitigen Abbau geschützt werden müssen,
 - andere Schutzmassnahmen nicht möglich oder allein nicht wirksam sind,
 - Holz ohne sachgerechte Imprägnierung nicht wettbewerbsfähig ist.
-

Holzschalungen können wirksam mit geeigneten fungizid eingestellten Anstrichsystemen gegen Verwitterung und Bläue erzeugende Pilze behandelt werden. Dimensionsstabile Bauteile wie Brettschichthölzer, Fenster und Fensterläden können zusätzlich gegen holzerstörende Pilze geschützt werden. Durch fachgerechte Druckimprägnierung können Holzbauteile im Freien der Bewitterung sowie dem Erd- und Wasserkontakt ausgesetzt werden, ohne dass sie innerhalb der gewünschten Standzeit von Braun-, Moder- und Weissfäulepilzen zerstört werden. Chemisch geschützte Hölzer werden daher als Geleiseschwellen, Palisaden, Schallschutzwände, Leitungsmasten (*Abbildung 2*) oder für Lawinen-, Bach- und Geländeverbauungen verwendet. Dies ermöglicht die Schonung nicht erneuerbarer Rohstoffquellen und resistenter tropischer Holzarten.

Durch die Druckimprägnierung von Stangenrundhölzern und ihrer Nachpflege gemäss den Richtlinien von VSE und PTT kann die geforderte mittlere Standdauer von 35 Jahren in Erdkontakt erreicht werden, so dass Leitungsmasten auch aus ökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht vertretbar sind (*Tabelle 4*) (Graf, 1989; Zingg, 1989).

Überzeugt von der Eignung des Materials werden von den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) Schallschutzwände aus geschütztem Holz zugelassen, wenn sie aus Tanne gefertigt und von einer Firma imprägniert worden sind, die im Besitz des Lignum-Gütezeichens «Druckimprägniertes Holz» ist (*Anonym, 1989*).

Hill (1984) weist in seiner Studie nach, dass bei mit Teeröl imprägnierten Holzschwellen schon bei einer minimalen Lebensdauer von 20 Jahren im

Eisenbahnoberbau vergleichbare Jahreskosten entstehen wie bei 40 Jahre liegenden Betonschwellen (*Abbildung 3*). Zusätzlich zeigt die Holzschwelle gute Eigenschaften in bezug auf elastisches Verhalten, Schwingungsdämpfung, Isolierfähigkeit, Widerstandsfähigkeit bei Entgleisungen sowie geringes Gewicht und Unempfindlichkeit gegen Überbeanspruchung bei Transport, Einbau und im Betrieb.

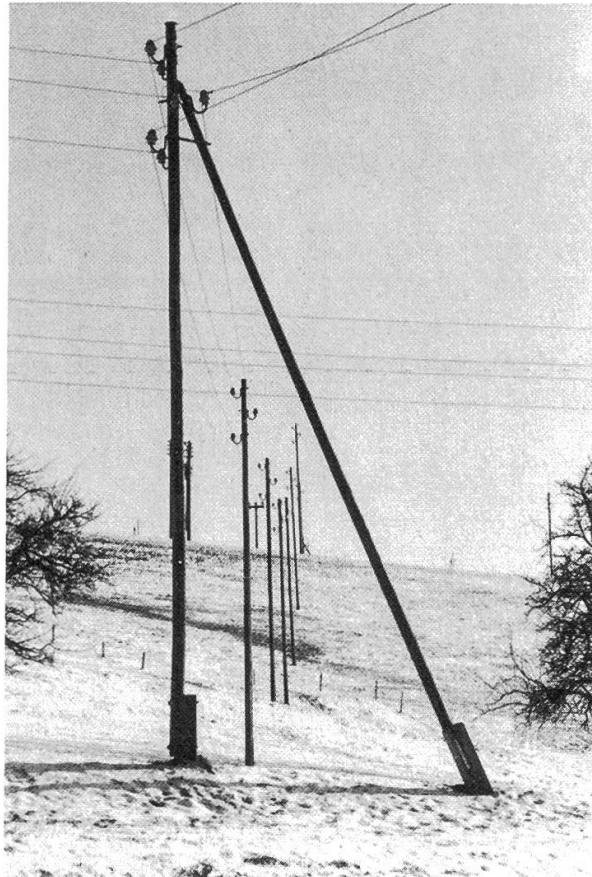


Abbildung 2. Leitungsnetz aus druckimprägnierten Rundhölzern.

Unterhalb der Waldgrenze bieten imprägnierte Hölzer unserer einheimischen Holzarten Fichte, Tanne und Kiefer das ideale Konstruktionsmaterial für den temporären Lawinenstützverbau (*Wälchli, 1986*). Umfangreiche gemeinsame Versuche des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, und der Abt. Biologie der EMPA St. Gallen, welche seit 1953 durchgeführt werden, zeigen, dass die Standdauer der Stützwerke aus den erwähnten Holzarten von drei bis zehn Jahren durch geeignete Grundimprägnierung auch ohne Nachpflege auf 30 und mehr Jahre bis zum Zeitpunkt erhöht werden kann, zu welchem der nachwachsende Wald die Schutzfunktion übernimmt (*Abbildung 4*). Anschliessend kann das Holz an Ort verrotten und muss nicht in aufwendigen Verfahren demontiert und ins Tal transportiert werden.

Tabelle 4. Wirtschaftlichkeit von Leitungsmasten – Jahreskosten pro Leitungsmast (Zingg, 1989).

<i>Holzschutz</i>	<i>Investitionskosten Fr.</i>	<i>zu erwartende Lebensdauer Jahre</i>	<i>Jahreskosten Fr. *)</i>
Rohholz	74.40	5	202.—
Mast mit Grund- imprägnierung	246.—	18	89.—
Mast mit Grund- imprägnierung + Perforation	261.—	24	77.—
Mast mit Grund- imprägnierung + Impfstich	281.—	27	74.—

*) Mit Kosten für den Ersatz des Tragwerks.



Abbildung 3. Holzschwellen im Eisenbahnoberbau.

Generell gilt, dass der chemische Holzschutz nicht zu einer unbeschränkten Dauerhaftigkeit des Holzes gegen Pilze, sondern nur zu einer Lebensverlängerung führt. Fungizide müssen in geringen Mengen wasserlöslich sein, damit sie die Pilze treffen und von diesen absorbiert werden können. Dies hat

den ökologischen Vorteil, dass bei der Energienutzung von Alt- und Abbruchholz in der Regel kaum mehr organische Wirkstoffe aus Oberflächenbehandlungen vorliegen (Graf, 1991 b).



Abbildung 4. Lawinverbauung im Aufwuchsgebiet.

5. Grenzen des chemischen Holzschutzes

Dem chemischen Holzschutz werden Grenzen gesetzt durch die Schutzmittel und ihre Wirkstoffe, durch die Holzart, die möglichen Applikationsverfahren sowie durch den Menschen und seine Gesetzgebung.

5.1 Wirkstoffe und Schutzmittel

Die Wirkstoffe gegen Organismen des Bauholzes haben heute sehr hohen und gegenläufigen Anforderungen zu genügen (*Tabelle 5*). Im Vergleich zu jenen der Land- und Forstwirtschaft, wo eine Wirkungsdauer von maximal sechs Monaten erwartet wird, müssen die Aktivsubstanzen im Bauwesen einen Schutz während mehrerer Jahre gewähren. Sie müssen einen niedrigen Dampfdruck aufweisen, damit sie nicht vorzeitig verdunsten. In direkt bewittertem Holz müssen sie gegen Auslaugung, Hydrolyse und photochemischen Abbau persistent sein. Andererseits sollten sie nach Abbruch der Holzkon-

struktion schnell biologisch abbaubar oder mindestens recyclierbar sein und bei der Energienutzung des behandelten Holzes zu möglichst keiner Belastung der Umwelt über Luft und Asche führen.

Tabelle 5. Anforderungen an den chemischen Holzschutz.

<i>Beanspruchung</i>	<i>Anforderung</i>
Temperatur	thermische Beständigkeit niedriger Dampfdruck
Wasser	Beständigkeit gegen Auslaugung und Hydrolyse
Licht	photochemische Beständigkeit
feuchte Erde	resistent gegen biologischen Abbau
holzbewohnende Organismen	Wirksamkeit
Mensch	geringe Humantoxizität
Natur	geringe Ökotoxizität gute Abbaubarkeit respektive Recyclierbarkeit

Sie dürfen keine Breitband-Wirkung aufweisen, sondern nur bestimmte Insekten- oder Pilzarten treffen. Dies führt dazu, dass heute die Aktivsubstanzen nach ihrem Wirkungsspektrum ausgewählt werden müssen. Daher hat die Lignum das Gütezeichen für Holzschutzmittel geschaffen (*Tabelle 6*), um dem Anwender und Konsumenten eine grössere Transparenz zum Einsatzbereich der Produkte zu verschaffen. Je nach Beständigkeit des Wirkstoffs verlangt die Lignum zusätzlich, dass auf der Etikette Anwendungseinschränkungen gemacht werden. Nach einer Standdauer von 46 Jahren kann in mit Kupfersulfat imprägnierten Leitungsmasten das Kupfer noch zu 25 bis 30% nachgewiesen werden. Andererseits kann nach einer freien Bewitterung von mit Borsalzen und Oocthlinone nach dem Oberflächenverfahren behandeltem Holz bereits nach einer zweimonatigen Bauphase kein genügender fungizider Schutz mehr erwartet werden. Daher dürfen diese Wirksubstanzen nur eingesetzt werden, wenn das behandelte Holz stets – auch während der Bauphase – durch eine Überdachung oder einen Deckanstrich gegen Auslaugung geschützt ist.

Die Wirkstoffe müssen für den Anwender von Schutzmitteln und den Verwender von geschütztem Holz, bei fachgerechtem Einsatz, unbedenklich sein. Sie dürfen weder zu einer Raumluftbelastung noch zu einer Kontamination von Lebens- und Futtermitteln führen. Nur beim BAG registrierte und nach Giftklassen eingeteilte sowie vom BUWAL nach ökotoxikologischer Bewertung zugelassene Produkte und Wirkstoffe dürfen im Holzschutz eingesetzt werden. Während der letzten 20 Jahre wurden in der Schweiz verschiedene

Stoffe gemäss Gift- und Umweltschutzgesetzgebung verboten. Für neue Aktivsubstanzen müssen heute wesentlich mehr human- und ökotoxikologische Daten für eine Registrierung respektive Bewilligung vorgelegt werden. Dies hat zur Folge, dass sich immer weniger Firmen um neue Wirkstoffe bemühen. Dadurch wird die Zahl der für die Praxis geeigneten Aktivsubstanzen immer kleiner. Dies kann zu einer höheren Gesamtbelastung durch einen einzelnen Wirkstoff oder eine Wirkstoffgruppe führen, weil sie dann gleichzeitig in den verschiedensten Bereichen eingesetzt werden, wie zum Beispiel die Verwendung der Pyrethroide im Pflanzen-, Forst-, Vorrats- und Materialschutz sowie im Hygiene- und Haushaltbereich.

Tabelle 6. Die Lignum-Gütezeichen und ihre Bedeutung.

Gütezeichen	Wirkung
<i>vorbeugend</i>	<i>gegen physikalische Einwirkungen:</i>
F	Feuchteschutz
W	Witterungsschutz
<i>vorbeugend</i>	<i>gegen Organismen:</i>
Bs	Primärbläue und Schimmel am Schnittholz
B	Sekundärbläue am Bauholz
Iv 1)	Werft- und Nutzholzborkenkäfer
Iv 2)	holzerstörende Insekten (Nennung der geprüften Insektenart)
Mo	holzerstörende Pilze (Moderfäule)
P	holzerstörende Pilze (Braunfäule)
<i>bekämpfend</i>	<i>gegen Organismen:</i>
Ib	holzerstörende Insekten (Nennung der geprüften Insektenart)
Pb	Hausschwamm im Mauerwerk

Die Wirkstoffe müssen heute gezielt nach anvisierter Organismengruppe und erwarteter Wirkungsdauer ausgewählt und dosiert werden. So sind die Wirkstoffe gegen Werft- und Nutzholzborkenkäfer für eine sechsmonatige Wirkung niedriger zu dosieren als gegen den Hausbock, dessen Angriff über mehrere Jahre verhindert werden muss. Nach mehrjährigen Versuchen konnte zum Beispiel die maximal zulässige Dosis von Permethrin gegen Werft- und Nutzholzborkenkäfer auf 2,25 g/m³ berindetes Rundholz festgelegt werden (*Abbildung 5*). Dies bedeutet, dass es nun Aufgabe der Schutzmittelhersteller ist, die optimale Schutzmittel-Formulierung zu finden, die diese Wirkstoffmenge während sechs Monaten genügend gegen die klimatischen Beanspruchungen schützt.

Gegen Primärbläue und Schimmel am Schnittholz sind für einen mehrmonatigen Schutz andere Wirkstoffe respektive tiefere Konzentrationen zu wählen als gegen Sekundärbläue und holzerstörende Pilze im Bauwesen. Die

hohen Anforderungen des Umweltschutzes erfordern besonders im Bereich der Oberflächenbehandlung gleichzeitig eine differenziertere Entwicklung von Schutzmittelformulierungen und -systemen. Die Persistenz der Wirkstoffe muss erhöht werden, indem diese durch geeignete Formulierungshilfsmittel tiefer ins Holz eingebracht und gegen Witterungseinflüsse besser geschützt werden.

Dosis-Wirkungskurve von Permethrin in Rundholzspritzmittel

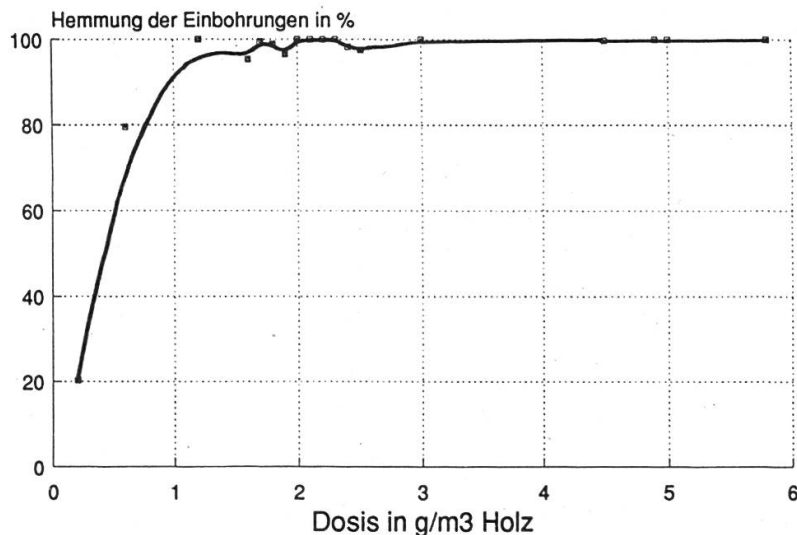


Abbildung 5. Dosisabhängige Wirkung von Permethrin gegen Werft- und Nutzholzborkenkäfer an sechs Monate im Wald gelagertem Rundholz.

Schwermetalle werden nur eingesetzt, wenn ein Schutz von mehr als 15 Jahren erwartet wird. Die fixierenden Salze haben dabei den Vorteil, dass in verschiedenen Einsatzbereichen kein Unterhalt und keine Nachpflege nötig ist, während bei einer Oberflächenbehandlung für einen adäquaten Schutz an Bauteilen in den Gefährdungsklassen 3 und 4 mindestens drei bis fünf Nachbehandlungen nötig sind. Damit kann die akute Umweltbelastung am Einsatzort des geschützten Holzes reduziert werden. Daher ist es in der Gewässerschutzzone S 2 erlaubt, imprägnierte Leitungsmasten zu stellen, aber nicht nachzubehandeln.

5.2 Holzart und Applikationsverfahren

Einen grossen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des chemisch veredelten Werkstoffs haben die Holzart und das Anwendungsverfahren der Schutzmittel. Bei einer Oberflächenbehandlung kann der Wirkstoff je nach Bindemittelgehalt des Schutzmittels und je nach Holzart nur an der Oberfläche

haften oder maximal 4 mm ins Holz eindringen (*Tabelle 7*). Wird das Holz nach einem Druckverfahren imprägniert, so wird eine höhere Schutzmittelmenge eingebracht, und der Wirkstoff dringt wesentlich tiefer ins Holz ein. Bei einer Druckimprägnierung, gemäss den Richtlinien zum Lignum-Gütezeichen «Druckimprägniertes Holz», beträgt bei Rundholz aus Fichte und Tanne die mittlere Eindringtiefe der Kupfer-Komponente etwa 22 mm. Beim Schnittholz liegen die mittleren Eindringtiefen bei 9 mm (Fichte) bis 28 mm (Tanne). Bei Druckverfahren kann das Holz mit wässrigen Produkten tiefer imprägniert werden als bei mit Lösemittel basierten Schutzmitteln (*Bör, 1991*).

Tabelle 7. Einfluss des Applikationsverfahrens auf die Eindringtiefe der wirksamen Konzentration einer Aktivsubstanz.

<i>Verfahren</i>	<i>Eindringtiefe</i>
<i>Oberflächenverfahren</i> (150 g/m ²):	
– Bindemittelanteil > 20 %	max. 1 mm
– Bindemittelanteil < 10 %	max. 4 mm
<i>Druckimprägnierung</i> (bezüglich Kupfer):	
– Rundholz (Wechseldruck) (Fichte, Tanne)	22 ± 11 mm
– Schnittholz:	
– Fichte (Kesseldruck)	9 ± 10 mm
– Tanne (Doppelvakuum)	10 ± 5 mm
– Tanne (Kesseldruck)	23 ± 20 mm
– Tanne (Nasskern) (Kesseldruck)	28 ± 8 mm

Je tiefer der Wirkstoff in das Holz eindringt, um so besser ist er gegen die verschiedenen Witterungseinflüsse geschützt. Eine längere Standdauer und weniger Kontroll- und Unterhaltsarbeiten sind die Folge, was wiederum zu einer geringeren lokalen Umweltbelastung führt.

5.3 Produzenten und Anwender

Die Qualität des chemischen Holzschutzes wird wesentlich beeinflusst durch Produzenten von chemischen Holzschutzmitteln und geschütztem Holz sowie durch deren Anwender.

Die Schutzmittel sind nach der Gefährdung des Holzes im Einsatzbereich auszuwählen (Kapitel 5.1). Dabei sollen in den Produkten nur jene Wirkstoffe vorliegen, die der effektiven Gefährdung des Holzes entsprechen. So ist es zum Beispiel nicht sinnvoll, Fassadenbauteile mit einer Dicke von weniger als 25 mm mit Anstrichstoffen zu behandeln, die Wirkstoffe gegen holzerstörende Pilze und Insekten enthalten. Hier genügt eine gute bläuewidrige

Grundierung und ein gegen Schimmel und Bläue geschützter Deckanstrich. Gemäss der Verordnung zum forstlichen Pflanzenschutz dürfen die Schutzmittelhersteller der Forstwirtschaft für die Anwendung im Wald keine Produkte mit Wirkstoff-Kombinationen anbieten.

Grosse Beachtung muss der Holzsortierung geschenkt werden. Soll die Dauerhaftigkeit von mit einer fungizidhaltigen Lasur oder mit einem filmbildenden Produkt gestrichenem Holz grösser sein als von unbehandeltem, so darf die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Oberflächenbehandlung bei einseitig behandeltem Holz, zum Beispiel Fassadentäfer, nicht über 18% liegen. Werden Holzbauteile wie zum Beispiel Fenster, Fensterläden und bewitterte tragende Holzkonstruktionen allseitig gestrichen, so darf die Holzfeuchte zum Zeitpunkt der Behandlung 15% nicht überschreiten. Bei höheren Werten ist bei grossen Temperaturschwankungen infolge eines Feuchtestaus mit beschleunigtem Verfaulen des Holzes zu rechnen (*Abbildung 6*).



Abbildung 6. Durch Feuchtestau bedingter Pilzschaden (*Gloeophyllum ssp.*) an einem tragenden, bewitterten Holzbauteil.

Eine optimale Imprägnierung von Rundholz im Wecheldruckverfahren ist nur möglich, wenn die Forstwirtschaft dem Imprägneur gesundes, saftfrisches Holz anbietet. Absterbende Bäume sind für dieses Verfahren nicht geeignet, da die Eindringtiefe der Wirksubstanzen um 35 bis 45% und damit die imprägnierte Splint-Querschnittsfläche um rund 30% reduziert wird

(Tabelle 8) (Graf, 1987). Die Standdauer wird auch verkürzt durch Rundfräsen der Rundhölzer, durch Verminderung des imprägnierbaren Splintanteils auf eine einheitliche Dimension vor der Imprägnierung.

Für die Imprägnierung von Schnittholz empfiehlt es sich, die gefällten Bäume im Wald nach Holzarten zu sortieren. Das Schnittholz der Tanne ist zum Beispiel wesentlich besser imprägnierbar als jenes der Fichte. Mit Tanne kann die Qualität zusätzlich verbessert werden, wenn dem Imprägneur spezifische Nasskern-Sortimente angeboten werden (Bör, 1991). Diese erlauben homogenere Tränkresultate und eine bessere Schutzmittelverteilung (Tabelle 8).

Tabelle 8. Einfluss der Sortierung des Holzes auf die Imprägnier-Qualität.

Holzart	Qualität	Anzahl Proben	imprägnierte Fläche in % ¹
<i>Rundholz:</i>		<i>Wechseldruckverfahren</i>	Splintfläche ²
Fichte	gesund	59	45 ± 12
Fichte	absterbend	60	31 ± 12
Tanne	gesund	15	43 ± 9
Tanne	absterbend	15	29 ± 13
<i>Schnittholz:</i>		<i>Kesseldruckverfahren</i>	Gesamtfläche ³
Tanne	gesund	63	31 ± 12
Tanne	Nasskern	22	77 ± 15

¹ bezogen auf die Kupfer-Komponente des Salzes Basilit CFK

² Mittler Rundholz-Durchmesser: 180 mm

³ Kantholz-Querschnitt: 100 x 140 mm

Anwender von geschütztem Holz können zu einer wesentlichen Verlängerung der Standdauer und zu einer Minimierung der Wirkstoffmengen beitragen, wenn sie durch konstruktive Massnahmen die Fristen mit Holzfeuchten von über 20 % verkürzen und dadurch bestimmte Holzbauteile eventuell von der Gefährdungsklasse 3 in die Klasse 2 zurückgestuft werden können. Dadurch wird die Beanspruchung der Wirkstoffe durch Auslaugung, Hydrolyse und photochemischen Abbau reduziert. Bei bereits vorliegenden Pilzschäden kann eine Sanierungsfirma wesentlich zur Reduktion des Chemikalien-Einsatzes beitragen, wenn vor der Renovation der Pilz bestimmt, beim Hausschwamm das aktiv befallene Holz sauber ausgeräumt und das gefährdete Areal dauerhaft trocken gelegt wird. Dann muss nur noch an jenen Stellen ein fungizides Holzschutzmittel eingesetzt werden, wo der Echte Hausschwamm, ausgehend von nicht zugänglichem Holz oder toten Wurzeln, Mauerwerk oder Bodenmaterial durchbrechen und die Holzkonstruktion angreifen kann.

5.4 Gesetzgebung und Normierung

Die statische Sicherheit eines Holzbauwerks wird durch das Einhalten nationaler und heute vermehrt europäischer Bau- und Holzschutznormen gewährleistet. Gerade bei den Holzschutznormen bedingt es eine aktive Mitarbeit der Schweiz, damit nicht Normen geschaffen werden, die neuere Entwicklungen im Sinne eines integrierten Holzschutzes hemmen. Die europäischen Normen müssen in ihren Forderungen soweit flexibel sein, dass neue Schutzmittel und -konzepte kurzfristig anerkannt werden können, auch wenn sie nicht nach den herkömmlichen Methoden auf ihre Wirksamkeit überprüft werden können.

Human- und ökotoxikologische Aspekte werden in den verschiedenen nationalen Gesetzen und Verordnungen berücksichtigt. Diese schränken zum Schutz des Menschen und der Umwelt die Möglichkeiten der chemischen Veredlung des Holzes in verschiedenen Bereichen wesentlich ein und machen hohe Auflagen bezüglich Umweltschutz. Dies erfordert eine gute fachliche Ausbildung der Anwender von Holzschutzmitteln, damit das Holz auch weiterhin chemisch vergütet werden kann und mit andern Materialien konkurrenzfähig ist. Hier leisten die Giftkurse, die Kurse für die Fachbewilligung gemäss Stoffverordnung und die Lignum-Holzschutzfachkurse einen wesentlichen Beitrag.

6. Schlussfolgerungen

Bei Konstruktionen und statisch belasteten Bauteilen mit langfristig hoher Materialfeuchte (Gefährdungsklassen 3 und 4) kann nur der chemische, fungizide Schutz unserem einheimischen, wieder erneuerbaren Rohstoff Holz bestehende Absatzmärkte erhalten und neue erschliessen. Erst durch die Dauerhaftigkeit können Holzbauteile in diesen Bereichen aus ökonomischer und ökologischer Sicht mit andern Materialien konkurrenzfähig sein.

Der chemische Holzschutz erlaubt auch mit einem vertretbaren Aufwand eine Sanierung von Hausschwamm-Schäden ohne Abbruch von Gebäuden.

Prüfanstalten und Zulassungsbehörden tragen heute eine grosse Verantwortung bei der Festlegung zulässiger Wirkstoffe und Dosierungen. Es muss der Punkt gefunden werden, wo sowohl die toxikologischen, ökologischen, statischen und ökonomischen Risiken am geringsten sind. Im Sinne eines integrierten Holzschutzes sind daher alle Möglichkeiten eines minimalen aber wirksamen Chemie-Einsatzes auszuschöpfen. Dies bedingt vertiefte Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen den Lebensansprüchen der Organismen, den verschiedenen Holzarten und ihren technologischen Möglichkeiten, den chemischen Stoffen zum Schutz gegen biogene und klimatische Einflüsse, den physikalischen und biotechnischen Schutzmassnahmen sowie

den Biotopen, wo Holz eingesetzt wird, und den verschiedenen Stoffflüssen. Es sind heute neue Schutzkonzepte zu entwickeln und in der Praxis zu fördern, auch wenn sie noch nicht nach bestehenden europäischen Normen auf ihre Eignung geprüft werden können.

Um nicht durch ein falsches Chemieverständnis dem veredelten Holz ein Marktgebiet zu verwehren, sind vermehrt vergleichende Ökostudien und -bilanzen zu alternativen Konstruktionsmaterialien anzustreben. Diese sind generell den gleichen Beurteilungskriterien zu unterwerfen; denn auch Konkurrenzmaterialien, ihre Produktion, Verarbeitung, Veredlung, Einsatz, Unterhalt und ihre Entsorgung sind nicht risikofrei. Auch bei ihnen handelt es sich um chemische Produkte, die je nach Werkstoff Stabilisatoren, Alterungs- oder Korrosionsschutzmittel und in der Regel einer hohen Erzeugungs- und Entsorgungsenergie bedürfen. Ebenfalls muss in Betracht gezogen werden, ob es sich um wieder erneuerbare Rohstoffe handelt.

Résumé

Préservation chimique du bois contre les champignons

La préservation chimique permet d'augmenter la solidité et la durée de vie des éléments de support en bois et, partant, leur utilisation à l'extérieur et dans des endroits où l'humidité du bois est particulièrement élevée. Le bois du pays atteindra ainsi une qualité égale à celle d'autres matériaux et espèces de bois des régions tropicales, préférés jusqu'ici à cause de leur plus grande résistance. Ainsi, l'exploitation de matières non renouvelables, par exemple, pourra être réduite dans le domaine de la construction. D'autre part, la préservation chimique sera délimitée par les exigences sévères, auxquelles doivent correspondre les substances actives, les espèces de bois disponibles, les procédés de traitement admis, les utilisateurs et la législation pour la protection de l'homme et de l'environnement.

Literatur

- Anonym* (1988): Aktuelle Entwicklungen des technischen Holzschutzes. Impulsprogramm Holz. Ed.: Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern: No 982/5, 91 S.
- Anonym* (1989): Holzkonstruktionen im Landschaftsbau: Sicht- und Schallschutzwände. Impulsprogramm Holz. Ed.: Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern: No 986, 81 S.
- Anonym* (1991): Äussere Bauteile in Holz. Impulsprogramm Holz. Ed.: Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern: No 813 d, 132 S.
- Bör, Th.* (1991): Imprägnierung von Schnittholz der Tanne (*Abies alba* Mill.) – Streuung der Tränkbarkeit und Diagnose-Methode zur Imprägnierqualität. Schlussbericht zum NFP 12. EMPA-St. Gallen. Interner Bericht 23 009, 98 S.
- Graf, E.* (1980): Wetterexponierte Holzbauteile – Möglichkeiten des bioziden Holzschutzes. *Applika*, 87 (7), 6-10.
- Graf, E.* (1987): Analyse des Einflusses des Gesundheitszustandes der Bäume auf die Imprägnierqualität des Rundholzes im Wechseldruck-Verfahren. EMPA St. Gallen. Bericht Nr. 23 1365/1, 26 S.

- Graf, E. (1989): Ökologische Aspekte des technischen Holzschutzes. Bull. SEV/VSE, 4, 170–172.
- Graf, E. (1990): Holzschutz im Rahmen der EG 1992 (CEN/ TC 38). SAH-Bulletin 18 (1), 44–53.
- Graf, E. (1991 a): Biologischer und biotechnischer Holzschutz. EMPA St. Gallen. Interner Bericht Nr. 23 017, 49 S. (im Druck)
- Graf, E. (1991 b): Zur Problematik der Verbrennung von mit Schutzmitteln behandeltem Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 49, 291–297.
- Hill, W., Meierhofer L. (1984): Die Holzschwelle im Eisenbahnoberbau – Vergleichsstudie zwischen Holz- und Betonschwelle (B 70) bei den SBB. SAH-Bull. 12 (1), 3–36.
- Wälchli, O., Graf, E., In der Gand, H. (1986): Holzschutz im temporären Lawinenverbau. Mitt. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung, Davos. Nr. 40, 76 S.
- Zingg, R. (1989): Wirtschaftlichkeit des technischen Holzschutzes im Leitungsbau. Bull. SEV/VSE, 4, 173–176.

Normen und Richtlinien

- prEN 335.1: Definition der Gefährdungsklassen für einen biologischen Befall – Vollholz (April 1990). Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel: 15 S.
- prEN 350.2: Natürliche Dauerhaftigkeit von Holz – Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten, die für Europa von Bedeutung sind (Oktober 1990). Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel: 33 S.
- prEN 351.1: Mit Holzschutzmitteln behandeltes Vollholz – Anforderungen an mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz in Abhängigkeit von den Gefährdungsklassen (Oktober 1991). Europäisches Komitee für Normung (CEN), Brüssel: 10 S.
- CEN/TC 38 N 552: Holzschutzmittel – Anforderungen an Holzschutzmittel bezüglich Biotests. Teil 3: Spezifikationen. Arbeitsgruppe 3 des Europäischen Komitees für Normung (CEN), Brüssel: 10 S.
- DIN 68 800, Teil 3 (1990): Holzschutz – vorbeugender chemischer Holzschutz. Beuth Verlag GmbH, Berlin: 9 S.
- EMPA/Lignum (1987): Richtlinie – Holzschutz im Bauwesen. LIGNUM, Zürich: 12 S.
- EMPA/Lignum (1985): Der Echte Hausschwamm und seine Bekämpfung. Lignum, Zürich: 4 S.
- EMPA/Lignum (1986): Holzzerstörende Insekten und ihre Bekämpfung. Lignum, Zürich: 10 S.
- EMPA/Lignum (1988): Umgang mit Holzschutzmitteln und Gebinden. Lignum, Zürich: 5 S.
- SIA 164: Holzbau. Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein, Zürich: 79 S. (= Schweizer Norm SN 553 164).
- VSE/PTT: Richtlinien für die Imprägnierung von Leitungsmasten aus Holz nach dem Wechsel-druckverfahren. Verband Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich, und Generaldirektion der PTT, Bern. Nr. 2.53 (1986), 6 S.

Verordnungen

- Giftverordnung. Bern, EDMZ 814.081.
- Verordnung über verbotene giftige Stoffe. Bern, EDMZ 814.839.
- Verordnung über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelverordnung). Bern, EDMZ 817.02.
- Verordnung des EDI über Rückstände von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln. Bern, EDMZ 817.022.
- Verordnung über den Verkehr mit landwirtschaftlichen Hilfsstoffen. Bern, EDMZ 916.051.
- Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung). Bern, EDMZ 814.013.
- Verordnung über den forstlichen Pflanzenschutz. Bern, EDMZ 921.541.
- Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Bern, EDMZ 814.013.
- Verordnung über Schadstoffe im Boden. Bern, EDMZ 814.12.
- Allgemeine Gewässerschutz-Verordnung. Bern, EDMZ 814.201.

Verfasser: Dr. Erwin Graf, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Abt. Biologie, Unterstrasse 11, CH-9001 St. Gallen.