

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 113 (1962)

Heft: 5

Artikel: Anforderungen an Holzschutzimprägnierungen zur Bekämpfung von Pilz- und Insektenschäden

Autor: Wälchli, O.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-768029>

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: 17.01.2026

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal forestier suisse

113. Jahrgang

Mai 1962

Nummer 5

Anforderungen an Holzschutzimprägnierungen zur Bekämpfung von Pilz- und Insektenschäden

Von *O. Wälchli*, St. Gallen

(Aus der biologischen Abteilung der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt)

Oxf. 84

Einleitung

Holzabbauende Pilze und holzfressende Insekten verursachen unter geeigneten Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen an verbaute Holz aller Art große Schäden, die gesamthaft gesehen außerordentlich hohe Wertverluste zur Folge haben.

Die wirtschaftliche Bedeutung des Holzes ist, trotzdem es in vielen Anwendungsgebieten teilweise durch andere Werkstoffe, darunter vor allem Kunststoffe, verdrängt worden ist und noch wird, immer noch so groß, daß es sich lohnt, der Erforschung der Möglichkeiten des Schutzes vor Schädlingen volle Aufmerksamkeit zu widmen.

Der Effekt einer Schutzbehandlung ist nicht nur von der Qualität des Holzschutzmittels an sich, sondern ebenso sehr von der Art der Applikation abhängig. Auch die Holzauslese sowie geeignete konstruktive Maßnahmen im Holzbau spielen für den Schutz des Holzes eine wichtige Rolle.

Bei der Errichtung von Bauten werden heute den Schädlingen infolge oft ungeeigneter Auswahl des Holzes, anderem technischem Vorgehen u. a. oft Angriffsmöglichkeiten und damit gute Bedingungen für die Entwicklung geboten, die früher nicht bestanden. Die verringerten Querschnitte der Balken mit besonders kleinen Anteilen an widerstandsfähigem Kernholz führen dazu, daß zum Beispiel Hausbockschäden, die früher infolge der Überdimensionierung des Holzes bloß zu Schönheitsfehlern führten, die Standhaftigkeit von Bauwerken ernsthaft gefährden können.

Holzschädlinge

Das Holz wird durch eine große Zahl von Pilzen und Insekten bedroht. Unter den Pilzen sind es Basidiomyceten (Abb. 1 und 2), verschiedene Ascomyceten und andere niedere Pilze (*Fungi imperfecti*), die als Holzschädlinge auftreten. Zu den zuerst genannten gehören die allgemein bekannten Holzzerstörer (*Merulius lacrimans*, *Coniophora cerebella*, *Lenzites abietina*, *Poria*

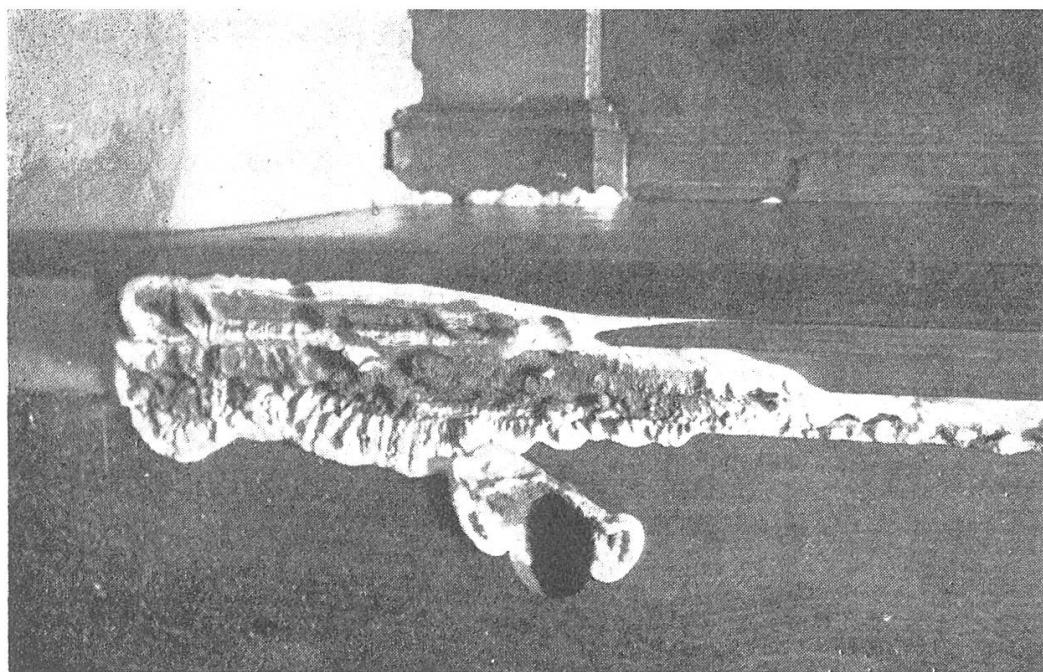


Abb. 1

Befall durch den echten Hausschwamm (*Merulius lacrimans*), mit Fruchtkörperbildung.
(Aufn. Fa. A. Benz & Cie., Zürich)

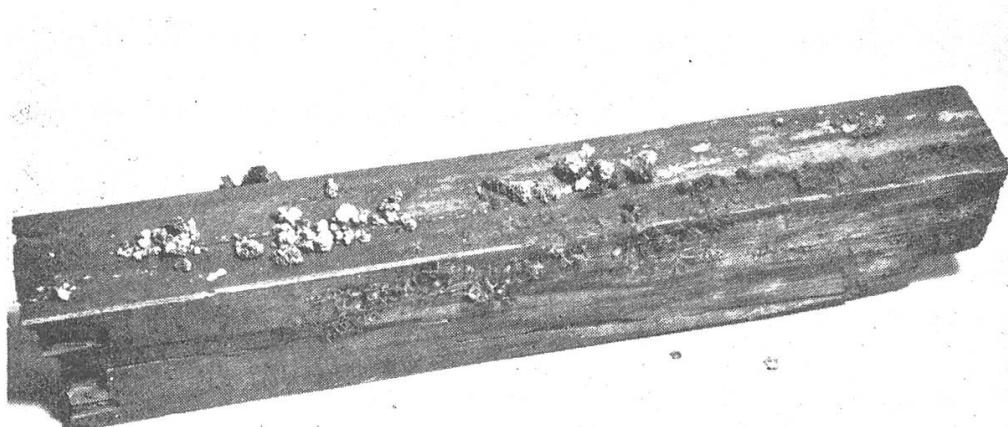


Abb. 2

Zerstörter Riegelbalken mit korallenartigen Oberflächenwucherungen von *Lenzites abietina* und weißen, knolligen Fruchtkörpern von *Trametes seralis*. (Aufn. EMPA-C, St. Gallen)

vaporaria u. a.). Vertreter der beiden letzten Gruppen treten als Moderfäuleerreger (*Chaetomium globosum* u. a.) oder als holzverfärbende (*Ophiostoma pini*, *Pullularia pullulans*, *Scopularia phycomyces* u. a. als bläueerregende) Pilze auf. Alle holzzerstörenden und holzverfärbenden Pilze benötigen zu ihrer Entwicklung erhöhte Holzfeuchtigkeit. Der gefürchtete echte Haus-

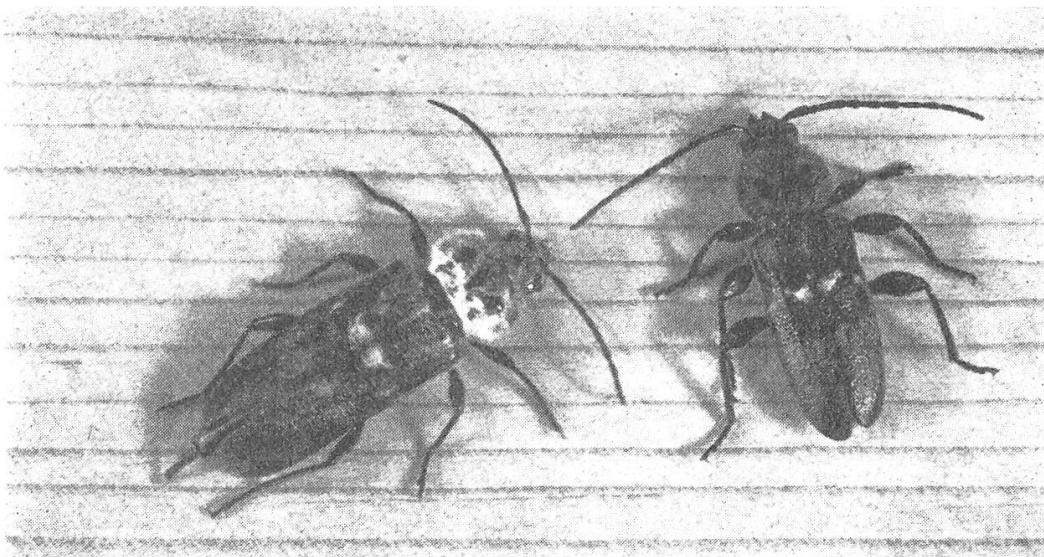


Abb. 3

Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus*), links Weibchen, rechts Männchen.
(Aufn. EMPA-C, St. Gallen)



Abb. 4

Balkenquerschnitte, deren Splintteile von Hausbocklarven stark zerfressen worden sind.
(Aufn. EMPA-C, St. Gallen)

schwamm (*Merulius lacrimans*) (Abb. 1) ist der einzige, der in feuchten Räumen und in starker Entwicklung begriffen auch auf lufttrockenes Holz übergreifen kann.

Auch die meisten einheimischen holzzerstörenden Insekten können sich nur in feuchtem Holz gut entwickeln. Nur wenige Arten, wie der Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus*), verschiedene Anobien-Arten (zum Beispiel *Anobium punctatum*) und *Lyctus*-Arten, können in trockenem Holz leben und sind deshalb wichtige Gebäudeschädlinge geworden (Abb. 3 und 4).

Schutzmittelprüfung

Es ist durchaus möglich, die Eignung eines Holzschutzmittels allein auf Grund seiner Wirkung in der praktischen Anwendung zu beurteilen, sofern für eine kritische Bewertung eine genügend große Zahl von Beobachtungen, die sich auf eine längere Beobachtungsdauer verteilen, zur Verfügung stehen. Da für die Bewertung eines Holzschutzmittels in der praktischen Anwendung eine lange Zeitdauer notwendig ist, und dabei zudem die den Ausfall der Resultate beeinflussenden Umweltbedingungen in weiten Grenzen variieren können, ist man für die Entwicklung und die Prüfung von Holzschutzmitteln und deren Applikation auf kürzer dauernde, laboratoriumsmäßig durchführbare Versuche angewiesen (17).

Zu einer eingehenden und sicheren Bewertung eines Schutzmittels genügen die biologischen Prüfungen allein nicht. Wie dies nach dem EMPA-Normalprüfprogramm (10) in den Prüfstufen A, B und C gehandhabt wird, sind bei der Beurteilung sowohl die chemischen Eigenschaften, die biologische Wirksamkeit und die technisch wichtigen Eigenschaften zu berücksichtigen.

Eine allgemein gültige Beurteilung ist auf Grund von Laboratoriumsversuchen, unter Berücksichtigung bestimmter Grenzen, meist mit großer Sicherheit möglich. Je mehr man sich aber mit dem Ziel einer Beschleunigung der Versuche und der Vereinheitlichung aller Prüfbedingungen von der Praxis entfernt, um so schwieriger wird es, von den Resultaten fehlerfrei auf die praktischen Bedingungen zurückzuschließen. Deshalb ist in bestimmten Fällen die Durchführung von praxisnahen oder wirklich der Praxis entsprechenden Versuchen notwendig, um die auf Grund von Laboratoriumsversuchen durchgeführte Bewertung zu sichern (3, 7, 14). Eine sinnvolle Auswertung solcher Versuche ist aber erst nach Jahren möglich, wie dies Feldversuche (Abb. 5) der Vereinigung schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) mit Leitungsstangen zur Prüfung verschiedener Imprägniermittel und Verfahren (13, 16) sowie Versuche an Lawinenverbauungen des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung gezeigt haben.

Bei der Prüfung der pilzwidrigen Wirkung ist die Übertragung der in den Laboratoriumsversuchen erhaltenen Resultate auf praktische Verhäl-



Abb. 5

Versuchsfeld des VSE zur Prüfung von Stangenimprägnierungen in Rathausen bei Emmenbrücke. (Aufn. CKW, Luzern).

nisse oft schwierig, weil die Zahl der in der Natur auftretenden Schädlinge wesentlich höher ist als die Zahl der verwendbaren Prüforganismen. Der Auswahl der Prüfpilze kommt deshalb große Bedeutung zu. Es müssen vor allem die häufigsten Schädlinge und unter diesen die gegen die zu prüfenden Präparate widerstandsfähigsten berücksichtigt werden (Tab. 1).

Nur die Verwendung mehrerer Pilzarten in geeigneter Auswahl ermöglicht eine sichere Bewertung der pilzwidrigen Wirkung eines Holzschutzmittels, die in der Regel als Hemm- oder Grenzwert in kg Schutzmittel/m³ Holz, resp. bei Oberflächenbehandlungen in g/m² angegeben wird. Die in Europa übliche Kolleschalenmethode ergibt gut reproduzierbare Resultate (5). Die gefundenen Hemmwerte sind von der Wirkung der Schutzmittel im praktischen Gebrauch wohl graduell verschieden, sie verlaufen aber meist gleichsinnig.

Vergleichsversuche mit der Kolleschalenmethode und der amerikanischen Erde-Klötzchen- oder Leutritz-Methode der ASTM zeigten (1), daß verschiedene Prüfmethoden nicht dieselben Resultate ergeben müssen, sondern daß eine Verschiebung der Hemmungswerte eintreten kann (Tab. 2). Die Erde-Klötzchen-Methode führt demnach zu einer strengeren Beurteilung und er-

Tabelle 1
Grenzwerte von Schutzstoffen

Schutzstoffe	Grenzwerte in kg/m ³ für die Pilze					
	<i>Coniophora cerebella</i>	<i>Poria vaporaria</i>	<i>Lenzites abietina</i>	<i>Lenzites trabea</i>	<i>Lentinus lepideus</i>	<i>Merulius lacrimans</i>
Kupfersulfat	3,2–4,1	25–50	0,4–0,8	—	0,4–0,8	1,7–3,1
Natriumfluorid	0,5–1	0,2–0,7	0,5–1	1–2,1	0,1–0,3	0,1–0,7
Natriumarsenat	0,05–0,2	1,0–2	0,2–0,5	2–6	0,4	0,2–1
Sublimat	0,4–0,7	0,2–0,4	0,05–0,1	0,1–0,3	0,05–0,1	0,2–0,5
Borsäure	0,6–1,2	< 0,3	0,4–0,5	0,5–0,7	0,6–1,4	0,4–0,6
Pentachlorphenol	0,7–1,4	0,7–1,1	0,5–1,1	—	0,3–0,5	0,7–1,5
Steinkohlenteeröl	3–10	7–20	6–10	7–10	15–35	4–15

Tabelle 2
Abhängigkeit der Resultate von der Prüfmethode
Prüfpilz: *Poria incarnata*

Prüfmethode	Grenzwerte in kg/m ³		
	Kupfer-Bor-haltiges Schutzmittel	UA-Salz	Pentachlorphenol
Kolleschalen-Methode	1,2–2,3	0,3–0,6	0,74–1,04
Erde-Klötzchen-Methode	2,7–7,1	2,6–3,6	1,24–1,74

scheint deshalb speziell für die Prüfung von Schutzmitteln, die für die Imprägnierung von in Erde verbautem Holz (Eisenbahnschwellen, Leitungsstangen, Pfähle usw.) verwendet werden, geeigneter zu sein als die Kolleschalenmethode.

Das gleiche Ziel wie mit unsren Feldversuchen wird mit den Schwammkellerversuchen, wie sie von der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin-Dahlem zur Prüfung von Schutzmitteln für den Holzschutz in Gebäuden durchgeführt werden, verfolgt (7). Auch da soll das Verhalten und die Wirkung von Schutzstoffen unter Bedingungen, wie sie in der Praxis tatsächlich vorliegen, geprüft werden. Die dabei festgestellten Grenzwerte von durch Streichen aufgebrachten fluorhaltigen Schutzmitteln liegen mit rund

20 g Schutzsalz je m² Holzoberfläche deutlich höher, als sie das Kolleschalen-Klötzchen-Verfahren ergibt.

Bei den Hausbockprüfungen ist die Übereinstimmung der Prüfbedingungen in den Laboratoriumsversuchen verhältnismäßig einfach zu erreichen. Wie Vergleichsversuche zur Prüfung der vorbeugenden Wirkung von Schutzmitteln gezeigt haben, können die an kleinen Versuchsproben erhaltenen Resultate, bei denen frisch aus dem Ei geschlüpfte Larven in einer künstlichen Spalte an das behandelte Holz herangebracht werden, ohne weiteres auf praktische Bedingungen übertragen werden (3). Dasselbe gilt auch für die Prüfung der bekämpfenden Wirkung von Schutzmitteln gegen Hausbocklarven, die an mit mittelgroßen Larven besiedelten Kantholzabschnitten durchgeführt werden.

Die Schutzmittel und ihre Anwendung

Wir unterscheiden folgende Gruppen von Holzschutzmitteln:

- Wasserlösliche Schutzmittel,
- ölige und in organischen Lösungsmitteln gelöste Schutzmittel,
- Öl-Salz-Gemische und
- Emulsionen.

Die Wirkung von Holzschutzbehandlungen wird durch drei wesentliche Umstände bedingt:

- Qualität und Eigenschaften des Holzschutzmittels,
- Art und physikalischer Zustand des Holzes (Feuchtigkeitsverhältnisse) und
- Art und Qualität der Schutzmitteleinbringung resp. des Imprägnierverfahrens.

Das beste Schutzmittel nützt nichts, wenn es nicht sachgemäß angewendet wird.

Je nachdem ob Leitungsstangen, Schwellen, Hölzer für Lawinenverbauung, dünne Pfähle, Rebstickel oder Holz, das für den Hausbau verwendet wird, gegen Pilze oder Insekten geschützt werden sollen, muß die Auswahl der Schutzmittel auf Grund ihrer biologischen Wirksamkeit, der physikalisch-technischen Eigenschaften und des anzuwendenden Imprägnierverfahrens verschieden, das heißt zweckmäßig erfolgen.

Soll sich ein Schutzmittel im praktischen Gebrauch bewähren, so müssen die folgenden Eigenschaften beachtet werden:

- *Chemisch-physikalische Eigenschaften:*

Löslichkeit, Lagerfähigkeit, Verdunstbarkeit, Diffusionsvermögen, Auswaschbarkeit resp. Fixierung, Verträglichkeit mit andern Schutzmitteln und Baustoffen (zum Beispiel Kalkmörtel, Metallen, Glas).

— *Biologische Wirkung:*

Wirksamkeit gegen Pilze und Insekten, Giftwirkung gegen Menschen, Tiere und Pflanzen. Geruchsbelästigung.

— *Technische Eigenschaften:*

Eindringvermögen, Anwendbarkeit und Anwendungsverfahren, Einfluß auf Holzfestigkeit, Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des Holzes, Metallkorrosion, Glasätzung, Wirkung auf Leime und Anstriche, wasserabweisende Wirkung, eventuelle Erhöhung der Brennbarkeit des Holzes.

Die Bewertung der biologischen Wirkung zur Bekämpfung von holzzerstörenden Pilzen erfolgt auf Grund der Hemm- oder Grenzwerte, die in der Regel in kg Schutzmittel je m³ Holz angegeben werden. Es sei ausdrücklich erwähnt, daß in der Prüfung die Hemmungswerte bestimmt werden und nicht die Mengen, die zur Abtötung der Pilze erforderlich sind. Der Hemmungswert und der Abtötungswert können miteinander übereinstimmen, sie müssen es aber nicht unbedingt. Bei der Prüfung der abtötenden Wirkung müßte eine ganz andere Prüfanordnung gewählt werden, und es müßte auch der Zeitfaktor berücksichtigt werden. Für den unmittelbaren Schutz des Holzes ist die pilzhemmende resp. pilzwidrige Wirkung ausschlaggebend. Die Hemmungswerte von einigen Grundsubstanzen, die mit verschiedenen Pilzen geprüft wurden, sind aus der Tabelle 1 ersichtlich.

Es fällt auf, daß Kupfersulfat zur Hemmung von *Poria vaporaria* in sehr großen Mengen von bis zu 50 kg/m³ ins Holz eingebracht werden muß, um der Entstehung von Schäden vorzubeugen.

Das ungünstige Verhalten von mit Kupfersulfat imprägnierten Stangen in Gebieten, die mit kupferresistenten Pilzen wie *Poria vaporaria*, *Poria vallantii*, *Poria incarnata* oder ähnlichen verseucht sind, ist deshalb verständlich. Die Abb. 6 zeigt eine von *Poria vallantii* befallene Stange mit charakteristischer Strangmycelbildung, und in Abb. 7 ist eine Leitungsstange, die mit etwa 10 kg/m³ Kupfersulfat imprägniert worden war, aber durch den kupferresistenten *Poria vaporaria* befallen und zerstört worden ist. Diese Beispiele zeigen eindeutig, daß die reine Kupfersulfatimprägnierung dort, wo kupferresistente Pilze auftreten, zu einem ausreichenden Schutz nicht mehr genügt (16), (siehe auch Tabelle 1).

Holzschutzmittel zur Bekämpfung resp. Verhütung von Insektenschäden weisen entweder nur

- vorbeugende Wirkung, oder aber
- vorbeugende und bekämpfende Wirkung auf.

An die biologische Wirkung vorbeugend und bekämpfend wirkender Schutzmittel werden grundsätzlich verschiedene Anforderungen gestellt. In beiden Fällen muß aber eine gute Wirkung gegen die Hauptschädlinge unter den Insekten, den Hausbockkäfer und die Anobien, gewährleistet sein.



Abb. 6

Leitungsstange aus den VSE-Feldversuchen in Rathausen, durch *Poria vallantii* befallen. Man beachte das weiße Strangmycel. (Aufn. Giovanon, Glattfelden)

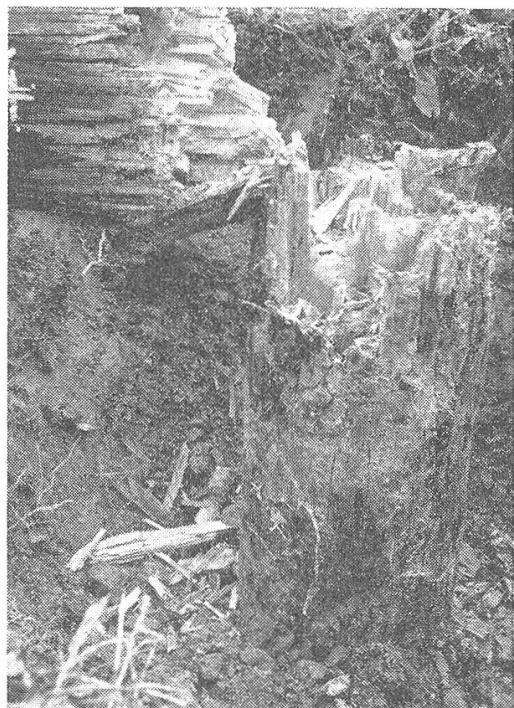


Abb. 7

Mit Kupfersulfat imprägnierte Leitungsstange, nach 6jähriger Standdauer durch den kupferresistenten *Poria vaporaria* zerstört. (Aufn. Giovanon, Glattfelden)

Für den vorbeugenden Holzschutz genügt es, wenn das Schutzmittel dem zu behandelnden Holz eine dauerhafte insektenwidrige resp. abstoßende Wirkung verleiht. Die meisten weisen allerdings eine Fraßgift- oder Kontaktgiftwirkung auf. Kontaktgifte wie DDT, Hexachlorcyclohexan (Lindan) oder Dieldrin, aber auch Chlorphenole haben sich dafür besonders bewährt. Wird eine ausreichende Eindringtiefe erreicht, so kann auch mit Salzen ein guter vorbeugender Schutz erzielt werden. Es ist zu beachten, daß auch im Holz vorhandene Schwindrisse behandelt werden, da diese die natürlichen Infektionsporten bei Hausbockbefall darstellen.

Schutzmittel für die Bekämpfung eines vorhandenen Insektenbefalles müssen eine für die Schädlingslarven giftige Komponente enthalten, die in Gasphase übergeht und beim Eindringen ins Holzinnere, was durch vorhandene Bohrgänge beschleunigt wird, die Larven über eine Atemgiftwirkung abtötet. Hierzu sind verschiedene der bekannten Kontaktinsektizide und andere organische Substanzen mit hohem Dampfdruck sowie auch die Fluorwasserstoff abspaltenden Bifluoride geeignet. Es ist einleuchtend, daß eine auf einer Verdunstung der Wirksubstanz beruhende bekämpfende Wirkung nur von beschränkter Dauer sein kann. Sie muß so lange an-

halten, bis der Bekämpfungserfolg gewährleistet ist. Zur Sicherung des Erfolges auf lange Sicht vor einem Neubefall werden die Hausbockbekämpfungsmittel zugleich auch mit einer vorbeugend wirkenden Komponente mit möglichst geringer Verdunstungsgeschwindigkeit ausgestattet.

Gerade das Beispiel der Hausbockbekämpfungsmittel mit bekämpfender und vorbeugender Wirkung zeigt, wie die Verdunstbarkeit resp. Dauerhaftigkeit der Wirksubstanzen je nach dem zu erreichenden Zweck ganz verschiedenen beurteilt werden müssen. Beim Schutz gegen Pilze, wie auch beim vorbeugenden Schutz gegen Hausbockbefall muß hohe Dauerhaftigkeit resp. geringe Verdunstbarkeit der Wirksubstanzen verlangt werden können, was bei der insektenbekämpfenden Wirkung nicht der Fall ist. Über das Ausmaß der zu verlangenden Dauerhaftigkeit z. B. von Hausbockvorbeugungsmitteln liegen mangels genügend langer Erfahrungen noch keine endgültigen Werte vor. Immerhin ergaben bisher über etwa 8 Jahre gelaufene Dauerprüfungen mit einzelnen vorbeugend wirkenden Hausbockmitteln auch nach 6- bis 8jähriger Lagerung der Proben unter Dach, d. h. unter praktischen Verhältnissen, immer noch gute biologische Wirkung, so daß in den geprüften Fällen mit einer Dauerhaftigkeit von wenigstens 10 Jahren gerechnet werden kann.

Die vom Holz aufgenommenen Schutzmittelmengen und die erreichten Eindringtiefen sind 1. von der Benetzbarekeit und der Rauigkeit der Holzoberfläche, 2. bei ölichen Mitteln von der Möglichkeit des Vordringens auf vorhandenen Wegen im Zellengefüge des Holzes durch Adhäsions- und Kapillarkräfte und 3. bei wasserlöslichen Mitteln vom Diffusionsvermögen der Schutzmittel abhängig. Diese Vorgänge werden durch verschiedene Faktoren beeinflußt. Die Art und Zusammensetzung des Schutzmittels spielt dabei

Tabelle 3

Eindringvermögen verschiedener Salzgemische in radialer Richtung bei Fichtensplintholz

Schutzmittel	Gemessene mittlere Eindringtiefen in mm nach Lagerung bei	
	65 % rel. Luftfeuchtigkeit	100 % rel. Luftfeuchtigkeit
Triolith	0,4	1,0
Wolmanit UA Originalrezept	0,9	1,2
Wolmanit UAP ohne Dinitrophenol	0,7	1,4
Cobra DFA	2,9	4,6
Wolmanit UASK	3,7	9,1
Wolmanit TSK	4,6	9,1
Wolmanit UA Reform	6,1	9,2
Natriumfluorid	1,5	3,0

eine Rolle. Nicht weniger wichtig ist der Feuchtigkeitsgehalt des zu behandelnden Holzes, die Temperatur und die Holzart selbst.

Es ist allgemein bekannt, daß ölige Schutzmittel nur auf trockenem Holz angewendet werden dürfen. Im Holz vorhandenes Wasser wirkt auf ölige Schutzmittel abstoßend, so daß diese nicht eindringen können.

Bei wasserlöslichen Schutzmitteln wird das Diffusions- oder Eindringungsvermögen mit zunehmendem Wassergehalt des Holzes immer besser.

Der Einfluß der Zusammensetzung auf das Eindringungsvermögen zeigt sich besonders deutlich bei verschiedenen Fluor-Arsen-Chrom-Salz-Gemischen vom Typ der U- und UA-Salze, deren Komponenten im Holz teilweise fixiert werden. Diejenigen Salzgemische mit saurer Reaktion, die zum Teil gewisse Anteile an Bifluoriden enthalten, zeigen besseres Eindringvermögen, weil die sauren Lösungen auf das Holz keine Quellungswirkung haben und die Diffusionswege deshalb ganz offen bleiben. Aus der Tabelle 3 ist die Abhängigkeit des Eindringvermögens von der Holzfeuchtigkeit und der Art des Schutzmittels ersichtlich. Die Werte gehen mit Beobachtungen bei Impfstichversuchen zur Nachpflege von Leitungsstangen mit einem UA-Salz nach Originalrezeptur einerseits und Cobra-DFA-Salz sowie andern neueren UA-Salztypen parallel (Abb. 8 und 9).

Die Salzdiffusion verläuft bei reinen Salzpастen, wie sie für die Nachpflege von Leitungsstangen in Bandagen verwendet werden, etwas rascher als bei Öl-Salz-Gemischen, ohne daß aber der Endwert der Tiefenverteilung

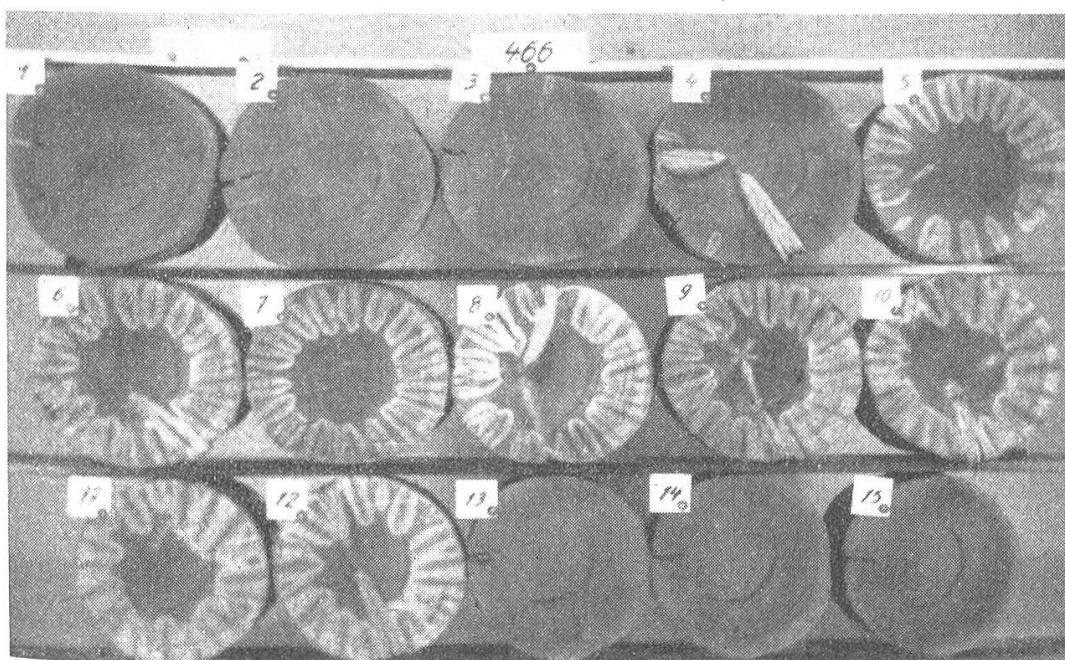


Abb. 8

Fluorsalzverteilung durch Diffusion bei einer mit UA-Salz geimpften Stange.
(Aufn. EMPA-C, St. Gallen)

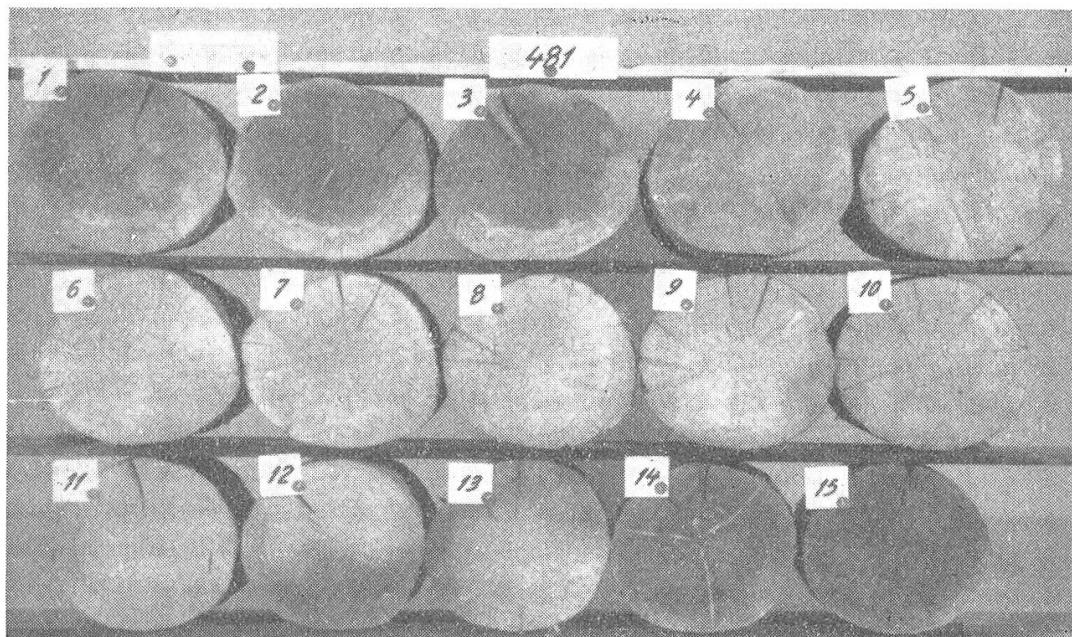


Abb. 9

Fluorsalzverteilung durch Diffusion bei einer mit Cobra DFA-Salz geimpften Stange.
(Aufn. EMPA-C, St. Gallen)

Tabelle 4

Eindringtiefen von Natriumfluorid bei mit Kupfersulfat imprägnierten und nachträglich mit UA-Salz-, resp. Öl-Salz-Emulsions-Bandagen nachbehandelten Stangen.

Nachbehandlungen	Anzahl Stangen	Mittlere Eindringtiefen in mm nach	
		6 Monaten	13 Monaten
UA-Salz-Bandage	10	41 ± 15	41 ± 10
Öl-Salz-Emulsion	10	32 ± 9	39 ± 9

wesentlich anders ausfällt. Die Ölkomponente bewirkt eine Verzögerung der Diffusion (Tab. 4).

Eine typische Anwendung des Diffusionsvermögens der Schutzsalze ist das Osmoseverfahren zur Imprägnierung saftfrischer Leitungsstangen, wobei der saftfrische Zustand durch Einpacken der mit Paste oberflächlich behandelten Stangen während der ganzen Dauer der Imprägnierung von etwa 3 Monaten erhalten bleibt (Abb. 10). Der Imprägnierungsvorgang verläuft in radialer Richtung und führt, bezüglich der Schutzsalzverteilung, zu einem ausgesprochenen Konzentrationsgefälle von außen nach innen.

Die Dauerhaftigkeit einer Schutzbehandlung wird durch die Auswaschbarkeit in Wasser resp. die Fixierung der Schutzstoffe am Holz ganz wesentlich beeinflußt.



Abb. 10

Imprägnierung im Osmoseverfahren: Mit Salzpaste gestrichene und gestapelte Stangen, die zur Erhaltung des saftfrischen Zustandes in wasserdichtes Papier eingepackt sind.
(Aufn. EMPA-C, St. Gallen)

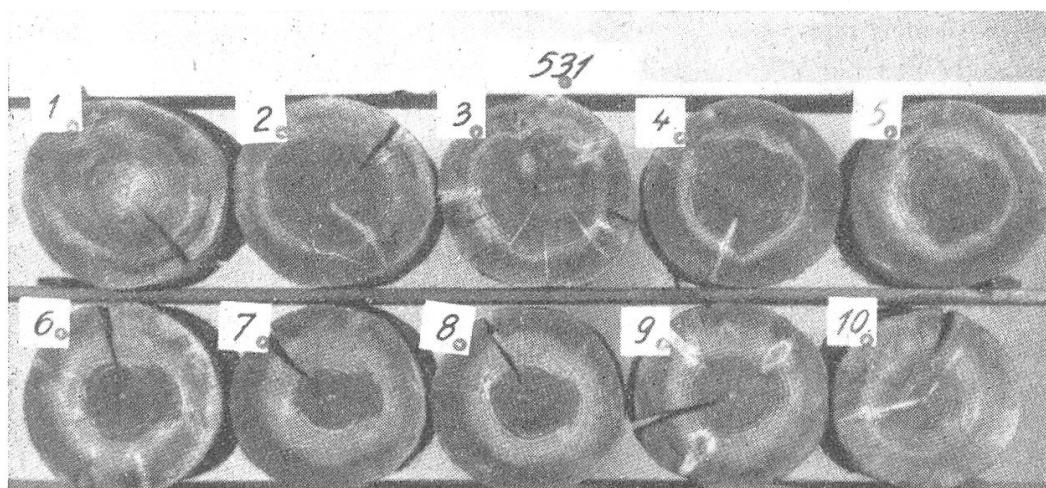


Abb. 11

Auslaugeffekt in der Einbauzone einer Leitungsstange nach 4jähriger Standdauer: Das nicht fixierte Natriumfluorid wurde aus den äußeren, dunklen Stangenpartien ausgelaugt. Die hellen Zonen enthalten noch Fluorsalz. (Aufn. EMPA-C, St. Gallen)

Ölige Mittel, denken wir an Steinkohlenteeröle, sind infolge ihrer Unlöslichkeit in Wasser weitgehend auswaschbeständig.

Bei den salzartigen, wasserlöslichen Schutzmitteln ist das Verhalten nicht einheitlich. Salze, die nicht an die Holzfaser fixiert werden oder deren Komponenten keine schwerlöslichen Reaktionsprodukte mit Bestandteilen des

Holzes oder unter sich bilden, sind deshalb für die Imprägnierung von im Freien verbaute Holz nicht geeignet, hingegen leisten sie gute Dienste bei vor Auslaugung durch Regen geschütztem Holz. Zinkchlorid und Natriumfluorid sind praktisch völlig auswaschbar (Abb. 11). Das Kupfersulfat wird zu etwa 1 bis 3 kg/m³ fixiert (18). Diese Mengen reichen bei Masten zu einem ausreichenden Schutz nicht mehr aus, vor allem nicht gegen kupferresistente Pilze. Im Auftrag des VSE, Zürich, durchgeführte Lagerversuche haben gezeigt, daß bei den mit Kupfersulfat behandelten Leitungsstangen schon während der normalen Lagerung, also bevor die Stangen überhaupt in die Leitungsnetze eingebaut werden, infolge Bewetterung resp. Beregnung große Mengen Kupfersulfat ausgewaschen werden (15) (Tab. 5).

Tabelle 5
Auswaschbarkeit von Schutzsalzen

Schutzsalze	Geprüfte Komponenten	Auswaschbare Mengen nach Lagerung der Proben während		
		4	8	14 Wochen
Hochfixierendes UA-Salz {	Fluor	44,3 %	33,1 %	33,4 %
	Arsen	14,3 %	2,7 %	1,7 %
Kupfer-Arsen-Chrom-Salz-Gemisch	Kupfer	4,9 %	4,3 %	
	Arsen	9,3 %	10,5 %	
Kupfersulfat	Kupfer		81,3 %	82,1 %

Eine ausgezeichnete Fixierung am Holz kann bei Sublimat festgestellt werden. Sie ist so gut, daß das Diffusionsvermögen stark beeinträchtigt wird. Das Salz wird schon von den äußersten Holzschichten abgefangen, so daß nur geringe Eindringtiefen erreicht werden können.

Sehr gute Auslaugbeständigkeit zeigen bestimmte Gemische aus Arsen- und Chromverbindungen mit Kupfersulfat oder Zinkchlorid (z. B. Bolidensalze) (Tab. 5). Die Salzfixierung verläuft oft so rasch, daß ihre Anwendung auf relativ kurz dauernde Imprägnierverfahren (z. B. Kesseldrucktränkung und Wechseldruckverfahren) beschränkt werden muß. Für die lang dauernden Saftverdrängungs- und Osmoseverfahren sind sie nur teilweise oder überhaupt nicht geeignet.

Bei neuartigen hochfixierenden UA-Salzen kann gegenüber den UA-Salzen des alten Typus ebenfalls eine wesentlich bessere Fixierung und damit Widerstandsfähigkeit gegen Auswaschung festgestellt werden (12) (Tab. 5). Die Fixierungsgeschwindigkeit kann bei diesen Salzgemischen in gewissen Grenzen willkürlich eingestellt und je nach dem Imprägnierverfahren so gelenkt werden, daß auch das gute Eindringvermögen nicht beeinträchtigt

wird. Diese Lenkbarkeit der Fixierung ermöglicht deshalb auch eine Verwendung solcher Salze für die Imprägnierung von Leitungsstangen mittels verschiedener Saftverdrängungsverfahren (8).

Bei der Bekämpfung von Schwammschäden in Gebäuden, vor allem bei der Hausschwammbekämpfung, sind noch weitere Eigenschaften für die Wahl des Schutzmittels bestimmend. Für bewohnte Räume kommt die Verwendung von für Mensch und Tier giftigen Schutzmitteln oder solchen mit starkem, lang anhaltendem, unangenehmem Geruch nicht in Frage (9). Ebenso muß auch auf die Verträglichkeit der Präparate mit Baustoffen, z. B. Kalkmörtel, geachtet werden (4). Die Fluorwasserstoff abspaltenden Hausbockmittel auf der Basis von Bifluoriden sind infolge ihrer Giftigkeit und glasätzenden Wirkung mit großer Vorsicht anzuwenden.

Zum Schluß sei auch auf die Vielfalt in den Anwendungsverfahren hingewiesen. Die Wahl derselben hat sich vor allem nach der Holzbeschaffenheit, nach dem gewünschten Schutzerfolg, nach der Art des Schutzmittels und auch nach der zur Verfügung stehenden Ausführungszeit zu richten (Tab. 6). Je nachdem kann mit handwerklichen Verfahren nur ein Randschutz von wenigen Millimetern, ein Tiefschutz bis zu einigen Zentimetern oder sogar ein Vollschatz erzielt werden.

Streichen, Sprühen und Kurztauchen werden oft bei Bauholz angewendet und ergeben im allgemeinen einen Randschutz, der unter Dach vollauf ausreichen kann, bei im Freien verbautem Holz aber gänzlich ungenügende Wirkung ergibt. Bei nachträglich entstehenden, die imprägnierte Zone völlig durchsetzenden Schwindrissen, bilden sich neue Gefahrenstellen, die Infektionspforten für Pilze und Insekten darstellen. Bei öligen Mitteln kommt noch hinzu, daß das Holz nicht feucht sein darf, ansonst man sehr bald mit Schäden rechnen muß.

Ein sicherer Schutz wird unter Umständen schon durch eine Trogtränkung mit wässerigen und öligen Mitteln erreicht. Dieses Verfahren eignet sich wegen seiner Einfachheit vor allem für die Land- und Forstwirtschaft. Bei Verwendung geeigneter Holzarten sowie feuchten Holzes für die Tränkung mit wässerigen Lösungen und trockenen Holzes für die Tränkung mit öligen Mitteln, können bei Hölzern kleiner Abmessungen gute Schutzeffekte erzielt werden.

Die ausgesprochen hohen Anforderungen, wie sie bei Leitungsstangen oder Eisenbahnschwellen gestellt werden müssen, können nur mit Imprägnierverfahren, die mit Sicherheit einen Tiefschutz von einigen Zentimetern bis zu einem Vollschatz des Holzes ergeben, erfüllt werden. Unter den handwerklichen Verfahren eignet sich das Osmoseverfahren, das bei Leitungsstangen angewendet wird, und für dessen Anwendung aber völlig saftfrisches Holz und große Sorgfalt in der Ausführung Voraussetzung sind.

Unter den Verfahren, die maschinelle Einrichtungen benötigen, sind auch die Saftverdrängungsverfahren in ihren verschiedenen Ausführungen

Tabelle 6
Übersicht über Anwendung und Erfolg von Einbringverfahren für Holzschutzmittel (2)

Kennzeichnung	Verfahren	Ausführungszeit	Holzbeschaffenheit	Anwendbarkeit von Schutzmittelgruppen			Schutzerfolg
				wasserlösliche	ölige	Öl-Salz-Gemische	
Handwerkliche Verfahren	Streichen Sprühen Kurztauchen	Minuten	trocken bis halbtrocken	ja	ja	ja	Im allgemeinen Randschutz, selten Tiefschutz
	Trogränkung Einfach- } Tränk. Doppel- } Doppel-	Tag	trocken bis feucht	ja	ja	nein	selten Randschutz, meist Tiefschutz (bis Vollschutz)
	Diffusions-tränkung «Osmotierung»	Wochen	saftfrisch	ja	nein	ja	Tiefschutz (bis Vollschutz)
Maschinelle Verfahren	Saftverdrängung	Tag	saftfrisch	ja	nein	nein	Tiefschutz
	Wechseldruckverfahren	Stunden	saftfrisch	ja	nein	nein	Tiefschutz
	Kesseldruck-tränkung	Stunden	trocken, (Ausnahme halbtrocken)	ja	ja	nein	Tiefschutz (bis Vollschutz)
Verschiedene Verfahren zur verstärkten Behandlung von Gefahrenstellen		Minuten bis Tage	trocken bis feucht	ja	ja	ja	Tiefschutz (bis Vollschutz)

(Boucherie-, Trogsgaug-, Kesselsaug- sowie Wechseldruck-Verfahren) zu erwähnen (6, 8). Diese erlauben bei saftfrischem, gesundem Stangenholz eine praktisch vollständige Durchtränkung des Splintes von Fichte, Tanne, Föhre oder Lärche. Die Auswahl der geeigneten Schutzsalze ist durch ihre Eigenschaften, die Fixierungsgeschwindigkeit und die Holzquellung beschränkt. Neben dem Kupfersulfat, das im Boucherieverfahren verwendet wird, eignen sich sauer eingestellte UA-Salztypen, die relativ langsam aber doch weitgehend am Holz fixiert werden. Mit diesen Neuentwicklungen dürften die bei den Kupfersulfatstangen in den ersten 10 Jahren eintretenden vorzeitigen Ausfälle von Stangen zum größten Teil vermieden werden können.

Gute Erfahrungen wurden auch mit der Kesseldrucktränkung von trockenem Holz, sowohl mit Salzen wie auch mit Steinkohlenteeröl, gemacht. Die Kesseldrucktränkung mit Steinkohlenteeröl ist das einzige Verfahren, welches sich für die Imprägnierung von buchenen und eichenen Eisenbahnschwellen eignet. Während die Teerölprägnierung bei Föhrenstangen und Buchenschwellen leicht vor sich geht, ist sie bei Fichten- und Tannenstangen mit Schwierigkeiten verbunden, die teilweise in der Feinstruktur der Hoftüpfel begründet sind (11). Oft versucht man diese Schwierigkeiten durch das Anstechen oder Anbohren der Stangen zu umgehen.

Schließlich seien auch noch die Verfahren zur verstärkten Behandlung von Gefahrenstellen erwähnt. Diese spielen bei den Leitungsstangen und auch bei der Bekämpfung von örtlich beschränktem Hausbockbefall eine Rolle. Durch zusätzliche Imprägnierung der Stangen in der Einbauzone, sei es vor dem Stellen oder als periodisch zu wiederholende Nachpflege mit Hilfe des bei sachgemäßer Ausführung bewährten Impfstich- oder Cobra-Verfahrens, mit Salzbandagen oder Öl-Salz-Gemischen kann die Standdauer von Leitungsstangen ganz wesentlich verlängert werden. Durch lokale Imprägnierungen im Gebälk von Gebäuden mit Hilfe von Injektionspressern kann auch die Hausbockbekämpfung wirksamer gestaltet werden.

Neben der Qualität der Imprägnierung muß aber auch der Gesundheit des Holzes Beachtung geschenkt werden. Die Kernfäuleerscheinungen bei Leitungsstangen sind oft eine Folge von schon im Wald eingetretenem Pilzbefall. Eine sorgfältige Auslese und sorgfältige Behandlung im Wald kann deshalb für die Gebrauchsduer bei Stangen, Schwellen und Bauholz von entscheidender Bedeutung sein. Hier kann der Förster bei der Pflege und Erziehung des Holzes schon viel zu einem späteren Erfolg von Schutzbehandlungen beitragen.

Schlußbemerkungen

Durch die verschiedenartigen Möglichkeiten einer chemischen Behandlung unseres Holzes sind wir imstande, die natürliche Empfindlichkeit gegen holzzerstörende Organismen weitgehend auszuschalten und auch die Gefahren der sparsameren Dimensionierung abzuwenden und damit die Qualität des Holzes entscheidend zu verbessern.

In verschiedenen Zweigen der holzverarbeitenden Industrie, denken wir z. B. nur an die Schwellen- und Leitungsstangenfabrikation, ist der Holzschutz schon seit langem zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Wenn dasselbe auch einmal für das Holz als Baustoff gelten wird und so auch da mithelfen kann, Enttäuschungen zu verhüten, so wird das eine äußerst erwünschte Aufwertung des Holzes als Werkstoff bedeuten.

Ein Teil der verwendeten Resultate stammt aus Untersuchungen, die im Auftrag des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) durchgeführt wurden. Weitere Versuche, deren Resultate im vorliegenden Aufsatz verwendet wurden, sind durch die Schweizerische Gesellschaft für Holzkon servierung, Zofingen, gefördert worden.

Résumé

Les exigences imposées aux traitements de protection dans la lutte contre les dégâts par les champignons et les insectes ravageurs

Les destructeurs des bois mis en œuvre causent de si grands dégâts que leur protection devient une nécessité économique. L'auteur décrit les principaux groupes et quelques ravageurs typiques, appartenant au règne animal et au règne végétal. L'essai de l'efficacité des produits de préservation est indispensable pour leur perfectionnement. On juge de l'efficacité par des essais en laboratoire, complétés par des essais pratiques qui tiennent compte des conditions futures d'application. Car, suivant le genre des essais, certaines difficultés, dues aux circonstances d'essai et aux organismes étudiés, surgissent et doivent être surmontées. En général la concordance entre les résultats d'essai et l'application pratique joue mieux avec le capricorne des maisons qu'avec les champignons.

Les divers groupes de produits de préservation sont caractérisés par leurs propriétés. L'action de traitements protecteurs est influencée par la qualité des produits antiseptiques, l'état du bois et la qualité de l'exécution de l'imprégnation. A côté de l'action biologique des préparations, leurs propriétés physico-chimiques et techniques jouent un rôle important. Pour la protection des bois exposés aux intempéries, seules des substances résistant au lessivage, comme par exemple la créosote ou des mélanges de sels à pouvoir fixateur élevé, peuvent être utilisées. On distingue pour les insecticides contre le capricorne des maisons entre ceux appliqués pour protéger le bois d'une attaque et ceux employés pour détruire le ravageur; ces produits montrant des différences fondamentales dans leur action. Pour la préservation contre les champignons, l'exposition du bois est déterminante pour le choix du fongicide et de la méthode d'imprégnation. Suivant les cas, une application superficielle est suffisante, dans d'autres, une injection profonde ou totale est absolument nécessaire.

Literatur

- 1 *ASTM*: Tentative Method of Testing Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures. *ASTM Designation D 1413—56 T* (1956).
- 2 *Becker G.*: Aufgaben und Ergebnisse der Forschung über Holzschutz und Wohnungsbau. *Bundesbaublatt*, Heft 11 (1959).
- 3 — und *Körting A.*: Praxisnahe Nachprüfung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln gegen den Hausbockkäfer. *Holzschutz im Bauwesen*, Berlin (1957), S. 10 bis 14.
- 4 — und *Starfinger K.*: Laboratoriumsuntersuchungen über den Einfluß von Mörtel und Kalk auf die Wirkung Fluor enthaltender Holzschutzmittel. *Holzschutz im Bauwesen*, Berlin (1957), S. 17—24.
- 5 *DIN 52 176*: Prüfung von Holzschutzmitteln. Blatt 1: Mykologische Kurzprüfung (Klötzchen-Verfahren) (1939), sowie Blatt 2: Bestimmung der Auslaugbarkeit (1941).
- 6 *Gäumann E.*: Einige Erfahrungen mit boucherisierten Leitungsmasten. *Schweiz. Ztschr. für Forstwesen* (1950), Nr. 9.
- 7 *Gersonde M.* und *Becker G.*: Prüfung von Holzschutzmitteln für den Hochbau auf Wirksamkeit gegen Pilze an praxisgemäßen Holzproben («Schwammkeller»-Versuche). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 16 (1958), S. 346—357.
- 8 *Gewecke H.*: Die Frischimprägnierung von Masten aus Fichten- und Tannenholz nach dem Saftverdrängungsverfahren. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 15 (1957), S. 119—124.
- 9 *Körting A.*: Schädigung lagernden Saatgutes durch Holzschutzmittel. *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 12 (1960)), S. 70—74.
- 10 *Kühne H.*: Das Normalprüfprogramm der EMPA zur Untersuchung von Holzschutzmitteln und Spezialschutzanstrichen für Holz. *Schweizer Archiv*, 20 (1954), H. 3, S. 80—84.
- 11 *Liese W.* und *Fahnenbrock M.*: Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Bau der Hoftüpfel. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 10 (1952), S. 197—201.
- 12 *Schulz W. O.* und *Sippel E.*: Über die Beeinflußbarkeit der im Holz vor sich gehenden Fixierung von U- und UA-Salzen durch Säurezusätze. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 14 (1956), S. 257—267.
- 13 *VSE*: Fortschritte in der Imprägnierung von Leitungsmasten. *Bull. SEV*, 51 (1960), Nr. 7.
- 14 *Wälchli O.*: Über Anlage und Durchführung der Freilandversuche des VSE zur Prüfung von Stangenimprägnierungen. *Bull. SEV*, 45 (1954), Nr. 23.
- 15 — Lagerung und Kupfersulfatgehalte bei boucherisierten Leitungsstangen. *Bull. SEV*, 48 (1957), Nr. 7.
- 16 — Bericht über die Versuche des VSE zur Prüfung von Stangenimprägnierungen. *Bull. SEV*, 49 (1958), Nr. 13.
- 17 — Die biologische Prüfung von Holzschutzmitteln. *Chimia*, 14 (1960), S. 78—83.
- 18 *Zycha H.* und *Härtel W.*: Zur Frage der Holzimprägnierung mit Kupfersulfat. *Mitt. aus der Biolog. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. H. 86 (1956), S. 49—63.