

Untersuchungen zur Wirksamkeitsdauer von Holzschutzmitteln in Bauholz unter Dach

T 2197

T 2197

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Untersuchungen zur Wirksamkeitsdauer von Holzschutzmitteln in Bauholz unter Dach

Schlußbericht

Berichterstatter: Prof. Dr. Martin Gersonde

1. Anlaß und Ziel

Von den vielfältigen Anforderungen, die an Holzschutzmittel gestellt werden, ist die Dauer ihrer Wirksamkeit in dem behandelten Holz für eine Beurteilung der Eignung für die verschiedenen Anwendungsbereiche von entscheidender Bedeutung. So wurde bereits vor Jahrzehnten versucht, bei Holzmasten und -schwelen durch statistische Erhebungen eine Aussage über die Beständigkeit der Schutzdauer der angewendeten Holzschutzmittel und -verfahren zu machen. Die dafür erforderliche Zeitdauer und das besonders bei dem Einsatz neuer Holzschutzmittel gegebene Risiko waren einige der Gründe für die Entwicklung von zeitraffenden Freilandversuchen mit Holzstäben (Stake-Tests). Sie haben in Deutschland - im Gegensatz zu anderen Ländern, wie z.B. Schweden, USA, Kanada - nicht die ihnen sicherlich zukommende Bedeutung erlangt, obwohl sie 1972 Gegenstand einer ersten internationalen Prüfrichtlinie durch die IUFRO (Becker, 1972) waren und nunmehr durch das Europäische Normenkomitee in der EN 252 als Prüfnorm (DIN, 1988) erarbeitet worden ist. Für Holzschutzmittel in dem Anwendungsbereich mit Erdkontakt wird diese Methode - gleich ob im Freiland oder im zeitraffenden Schwammkeller-Versuch - für eine Erprobung oder Zulassung unerlässlich bleiben, da die Wechselwirkungen zwischen Schutzstoffen, Mikroflora, Bodenchemikalien und Bewitterung im Laborversuch nicht simuliert werden können und daher die Übertragbarkeit der Laborergebnisse erschwert wird.

Im Vergleich zu den Holzschutzmitteln für den Anwendungsbereich mit Erdkontakt liegen für den Anwendungsbereich des freiverbauten Holzes ohne Erdkontakt - der Gefährdungsklasse 3 - nur wenige Ergebnisse aus experimentellen Langzeitversuchen vor. Die bisherigen Bemühungen waren hier überwiegend auf die Entwicklung von mehr oder weniger praxisgemäßen Untersuchungsmethoden gerichtet, von denen sich die meisten als nicht gut reproduzierbar oder ungeeignet für Routineprüfungen erwiesen haben. Die Ergebnisse und mehrjährigen Erfahrungen mit der Vorgehensweise, die entsprechend den Prüfgrundsätzen für Holzschutzmittel des Instituts für Bautechnik (IfBt, 1982) für den Nachweis der Wirksamkeitsdauer angewandt wird und deren Prinzip sich z.B. bei der Bläueprüfung nach DIN EN 152 (DIN, 1989) bewährt hat, lassen eine sichere Beurteilung der Wirksamkeitsdauer im Freien ohne Erdkontakt erwarten.

Für Holzschutzmittel des Anwendungsbereiches unter Dach, in dem Holz nicht den Niederschlägen ausgesetzt ist und durch bauliche Maßnahmen zwar in vielen Fällen eine Gefährdung durch holzerstörende Pilze, nicht jedoch durch holzerstörende Insekten verhindert werden kann, liegen umfangreiche Untersuchungsergebnisse über die Wirkungskdauer gegen Insekten von A.Körting (1960, 1962, 1965, 1978) und G.Becker (1961, 1964) vor. Obwohl die meisten ihrer nach 10-12jähriger Lagerung untersuchten organischen Schutzstoffe nicht mehr in Handelspräparaten eingesetzt werden, bleibt festzuhalten, daß sich allgemein eine unerwartete gute Beständigkeit im Holz ergab. Aus den von ihnen für Fluor-Verbindungen nach 1 bis 10jähriger Lagerung ermittelten Giftwerten wurde geschlossen, daß die SF- und BF-Salze nach Abschluß der Fluorwasserstoff-Abgabe auf Jahrzehnte in unverminderter Menge im Holz bleiben und zum Schutz gegen Hausbock-Eilarven ausreichen.

Im Vergleich dazu liegen über die Wirksamkeitsdauer gegenüber Pilzen nur wenige Ergebnisse aus Schwammkeller-Versuchen der BAM nach 3 und 10 Jahren Dachbodenlagerung mit Brettabschnitten vor, die mit verschiedenen wasserlöslichen und öligen Präparaten des Handels entsprechend der 1962 gültigen Norm DIN 68800 (DIN, 1956) gestrichen worden waren (Gersonde, 1967). Sie bestätigen, daß für den vorbeugenden Schutz gegen holzerstörende Pilze größere Einbringmengen als gegenüber holzerstörenden Insekten erforderlich sind. Weiterhin lassen sie erkennen, daß bei schlechter eindringenden CF- und SF-Salzen mit 40 g/m² kein sicherer Schutz gegen holzerstörende Pilze erreicht wird.

Da ohne experimentelle Nachweise keine sichere Aussage über eine längere Dauer der Wirksamkeit von Holzschutzmitteln in Holz unter Dach gemacht werden kann, wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens für das Institut für Bautechnik Untersuchungen an behandelten Kiefern- und Fichten-Kanthölzern nach 23 - 25jähriger Dachbodenlagerung durchgeführt. Über die Durchführung der Untersuchungen und der dabei erzielten Ergebnisse wird in den folgenden Teilen berichtet.

Dem Institut für Bautechnik wird für die finanzielle Förderung des Forschungsvorhabens und den Mitarbeitern der Fachgruppe "Biologische Materialprüfung" der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Frau I.Loebe, Frau Dr. W.Kerner-Gang und Frau Ch.Hoffmann für die sorgfältige Durchführung der Insekten- und Pilzprüfungen bzw. chemischen Analysen gedankt.

2. Durchführung der Untersuchungen

2.1 Versuchsmaterial

Für die Untersuchungen standen 40 cm lange Abschnitte von sägerauhen Kiefern- und Fichten-Kanthölzern mit dem Querschnitt von 8 x 8 cm zur Verfügung, die in den Jahren 1959/60 in der BAM im Rahmen einer größeren Versuchsreihe über die Abhängigkeit der Schutzmittel-Aufnahmemengen von der Tauchdauer behandelt worden waren. Dabei wurden die Kantholzabschnitte, deren Hirnflächen gegen ein Eindringen von Flüssigkeiten abgedichtet waren, in 15 %igen Lösungen von je 3 SF-, BF- und leichtlöslichen CF-Salzen sowie in 2 öligen Handelspräparaten verschieden lange zwischen 15 Sekunden und 16 Stunden untergetaucht.

Je Schutzmittel, Tauchdauer und Holzart wurden 12 Parallelproben verwendet, die je Schutzmittel so verteilt worden waren, daß die Probenreihen der verschiedenen Tauchdauern unmittelbar verglichen werden konnten. Die von jedem Abschnitt während der Tauchdauer aufgenommene Lösungs- bzw. Schutzmittelmenge wurde gravimetrisch bestimmt. Nach einer vierwöchigen Zwischenlagerung wurden an Querschnitten die Schutzmittel-Eindringtiefen und bei einem Teil der Fluorid-Gehalt durch quantitative Analysen ermittelt. Anschliessend wurden die Abschnitte getrennt nach Schutzmitteln und Tauchserien luftig gestapelt auf einem BAM-Dachboden unter der SW-Seite eines Walmdaches - mit Eternit-Dachpfannen, ohne Wärmedämmung und Dampfsperren - gelagert. Aus den an 1320 Kantholz-Abschnitten gewonnenen Ergebnissen (Gersonde, 1973) sind in den Bildern 1 und 2 die Aufnahmemengen an Schutzsalz-Lösungen bzw. öligen Holzschutzmitteln in Abhängigkeit von der Tauchdauer wiedergegeben.

Aus diesem Probenmaterial wurden nach 25jähriger Dachbodenlagerung für die Untersuchungen der noch gegebenen Wirksamkeit gegen holzzerstörende Insekten und Basidiomyceten Serien mit mittleren Aufnahmemengen von etwa 30 bis 60 g Salz/m² bzw. 240 bis 270 g Öl/m² gewählt. Je nach Holzart und Schutzmittel waren diese Mengen durch Tauchen von 15 Sekunden bis 2 Stunden eingebracht worden. In der Normvorschrift DIN 68800, Teil 3 (DIN, 1981) werden für vorbeugende Holzschutzmaßnahmen gegen Pilze und Insekten bei Hölzern von 8 cm Holzdicke, die nicht den Niederschlägen ausgesetzt sind, Mindest-Einbringmengen von 60 g Salze je m² oder 250 ml Öle je m² angegeben.

2.2 Probennahme

Aus jedem der 12 Kantholzabschnitte, die als Probenkollektiv je Holzart, Schutzmittel und Tauchdauer zur Verfügung standen, wurde zunächst aus der Mitte ihrer 40 cm Länge eine 10 mm starke Querschnittsscheibe für den Nachweis der Schutzmittel-Eindringung und den Kiefernholz-Abschnitte auch zur Bestimmung des Kernholzes entnommen (s. Bild 3).

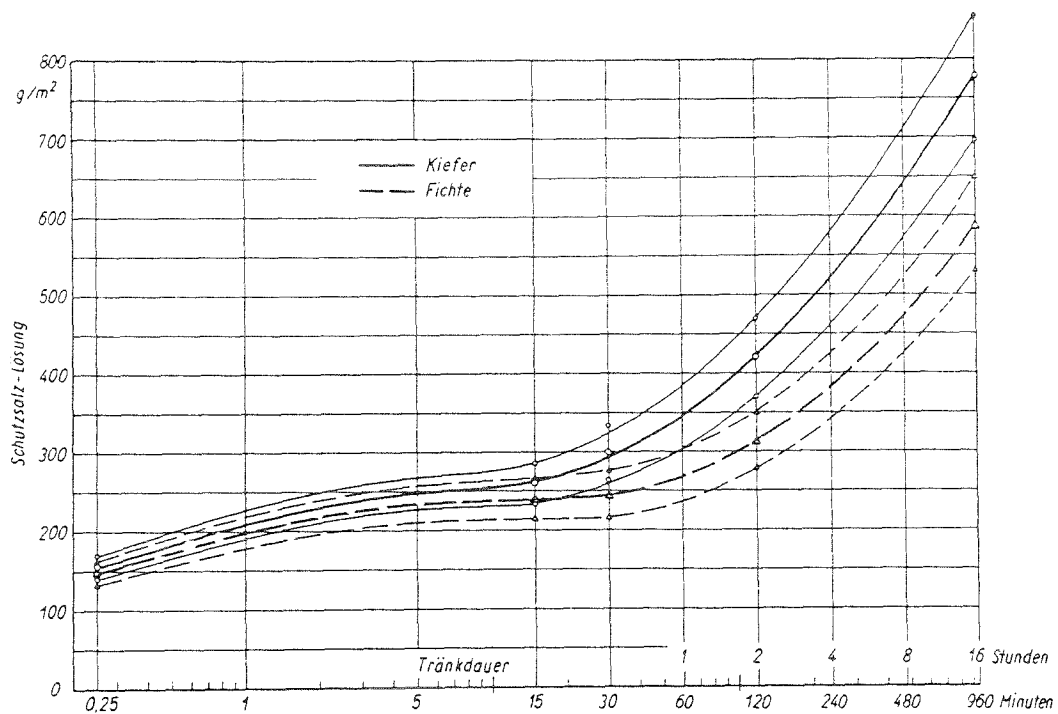


Bild 1: Aufnahmemengen an Schuttsalz-Lösungen beim Tauchen lufttrockener Kiefern- und Fichten-Kanthölzer (Gersonde, 1973)

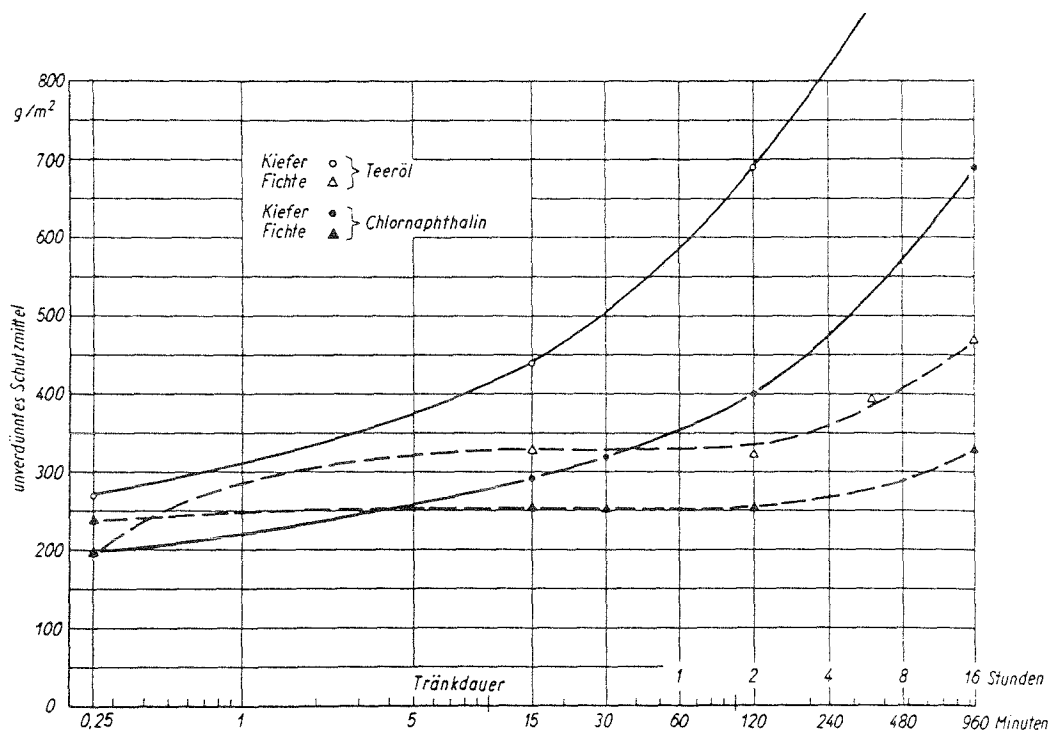


Bild 2: Aufnahmemengen an öligem Holzschutzmitteln beim Tauchen lufttrockener Kiefern- und Fichten-Kanthölzer (Gersonde, 1973)

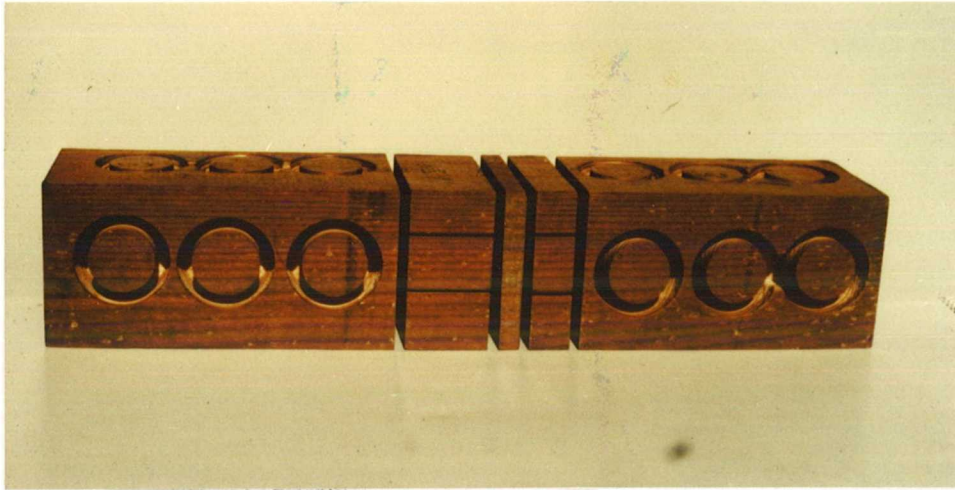


Bild 3: Aufteilung der Kantholzabschnitte (8 x 8 x 40 cm) und Entnahme von Proben für chemische Analysen und biologische Prüfungen

Unter Berücksichtigung der Schutzmittel-Tiefenverteilung, Splintholzbreiten und Jahrringrichtungen wurden - wenn möglich - an 2 Kantholzseiten die Entnahmestellen festgelegt, an denen in Faserrichtung aus dem Kantholzabschnitt die Proben für die chemischen und biologischen Prüfungen entnommen wurden. Beispiele dafür sind in den Bildern 4 bis 6 wiedergegeben.



Bild 4: Querschnitte von Ki-Kanthölzern mit 41...48 g CF-Salz/m² durch Tauchen von 2 Stunden Dauer; Splint-/Kernholz, Fluor-Eindringtiefen und Proben-Entnahmestellen



Bild 5: Querschnitte von Fi-Kanthölzern mit 32...54 g CF-Salz/m²
durch Tauchen von 2 Stunden Dauer;
Fluor-Verteilung und Proben-Entnahmestellen



Bild 6: Querschnitte von Fi-Kanthölzern mit 201...257 g/m²
Carbolineum durch 15 Sekunden Tauchen;
Proben-Entnahmestellen

Unmittelbar der Querschnittsscheibe für die Bestimmung der Schutzmittel-Eindringtiefen wurden ein 30 mm breiter Abschnitt für die Entnahme der Proben zur Bestimmung des Fluor-, Chrom- oder Teeröl-Gehaltes sowie ein 50 mm breiter Abschnitt für die Proben zur Prüfung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen Insekten entnommen.

Aus den den beiden restlichen Abschnittshälften von 15 bzw. 16 cm Länge wurden mit einem Zapfenfräser - unter Vermeidung von Astbereichen - zylinderrförmige Proben mit einem Durchmesser von 30 mm und einer Länge von 20 mm für die Prüfungen mit holzerstörenden Pilzen entnommen. (Bild 3).

2.3 Chemische Untersuchungen

Die Bestimmung der Fluorid-Eindringtiefen an den entnommenen Querschnittsscheiben aus den mit SF-, BF- oder CF-Salzen behandelten Kanthölzern erfolgte mit dem dem Zirkon-Alizarin-Reagenz entsprechend der DIN 52 161-T03-79 (DIN, 1979).

Für die quantitativen Analysen wurden aus dem 30 mm breiten Abschnitt an den gekennzeichneten Entnahmestellen 25 mm breite Proben (s.Bild 3) entnommen und nach Aufteilung in 5 mm dicke Schichten ihr Gehalt an Fluor oder Chrom entsprechend der DIN 52 161-T04-79 (DIN, 1979) bzw. DIN 52 161-07-C (DIN, 1985) bestimmt.

Aus den mit Carbolineum behandelten Hölzern wurde an entsprechend entnommenen Proben das Teeröl mittels Chloroform extrahiert und nach Abdampfen des Lösemittels gravimetrisch bestimmt.

2.4 Prüfung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen Insekten

Die Prüfung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen Insekten wurde an Proben, die aus dem 50 mm breiten Abschnitt (s.Bild 3) entnommen worden waren, an einer ursprünglichen bzw. behandelten Oberfläche von 25 x 50 mm mit Hausbock-Eilarven entsprechend der DIN EN 46 (DIN, 1977) durchgeführt.

Um den Verbrauch an Eilarven zu verringern, wurden in den letzten Versuchsreihen jeweils 8 Eilarven an einer 25 x 40 mm großen Oberfläche angesetzt.

2.5 Prüfung der Wirksamkeit gegen holzerstörende Pilze

Für die Untersuchungen der Wirksamkeit der Holzschutzmittel, die durch Tauchen in die Randzone der Kanthölzer eingebracht und danach etwa 25 Jahre unter Dachbodenbedingungen gelagert worden waren, stand kein genormtes

Prüfverfahren - wie bei den chemischen Untersuchungen und den Prüfungen mit Insekten - zur Verfügung.

Es wurde daher zunächst versucht, die Pilz-Prüfungen an Klötzchen aus der behandelten Randzone in Anlehnung an die bewährte und damals gültige Prüfnorm DIN 52 176 durchzuführen. Die Klötzchen mit normgemäßen Abmessungen wurden aus Kiefer- und Fichten-Kanthölzern entnommen, die während des Tauchen von 30 Minuten bzw. 2 Stunden im Mittel 59,5 g/m² bzw. 49,8 g/m² eines BF-Schutzsalzes aufgenommen hatten (s.Tabellen 5a und 6a). Eine der Breitflächen dieser Klötzchen enthielt die ursprüngliche Kantholzoberfläche.

In den Kolleschalen wurden die auf Glasbänkchen eingebauten Klötzchen von den Prüfpilzen unterschiedlich schnell teilweise oder ganz bewachsen. Nach einer Versuchsdauer von 12 Wochen wiesen die Klötzchen einen sehr uneinheitlichen Befall auch in den ursprünglichen Randzonen auf, der eine sichere Aussage über einen noch geschützten Randbereich nicht zuließ. Dieser war bei der gewählten Probenserie mit Schutzmittel-Aufnahmen von 60 bzw. 50 g/m² und der bei einer Tauchbehandlung eintretenden Schutzstoff-Anreicherung in der oberflächennahen Schicht jedoch erwartet worden.

Ähnlich erfolglos waren die Bemühungen in einer weiteren Versuchsreihe, in der Holzproben von 20 mm Länge aus den Randzonen der zuvor genannten Kanthölzer entnommen, parallel zur ursprünglichen Oberfläche mit Hilfe eines Mikrotoms in 2 mm dicke Scheiben unterteilt und auf Kunststoffbänkchen in Petrischalen dem Pilzangriff ausgesetzt wurden. Bei Versuchsende war an den unterschiedlich befallenen Scheiben weder eine Differenzierung entsprechend ihrer ursprünglichen Lage im behandelten Randbereich noch eine eindeutige Entscheidung darüber möglich, in welchen Scheiben ein ausreichender Schutz gegenüber holzerstörenden Pilzen gegeben ist.

Mit dem Ziel, einen Pilzangriff nur über die ursprüngliche Oberfläche zuzulassen, wurde eine Prüfmethode entwickelt, bei der die schutzmittelfreien Seiten der Holzproben mit Hilfe eines Schrumpfschlauches gegen einen Pilzangriff abgedichtet werden.

Die Anwendung eines Schrumpfschlauches erfordert zylinderförmige Holzproben, die mit einem Zapfenfräser aus den Kanthölzern entnommen wurden und einen Durchmesser von 30 mm und eine Länge von 20 mm haben (s.Bild 3). Bei der gewählten Probenlänge von 20 mm und einem Randschutz mit Schutzmittel-Eindringtiefen bis zu 10 mm ist ein genügend großer, ungeschützter Probenanteil vorhanden, der im Fall eines nicht mehr ausreichenden Randschutzes von den Prüfpilzen befallen werden kann und eine Auswertung erleichtert. Auf der Zylindermantelfläche der Holzproben wurde im oberflächennahen Bereich eine elastische Fugendichtungsmasse in der Form eines "Regenwurmes" aufgetragen. Unter dem Druck des schrumpfenden Kunststoffschlauches verteilt sie sich als dünne Schicht zwischen Schlauch und Holzoberfläche, wobei auch kleine

Vertiefungen in der Zylindermantelfläche ausgefüllt werden und eine sichere Abdichtung gegen ein Durchwachsen der Pilzhypen erreicht wird. Die Fugendichtungsmasse hatte sich in Vorversuchen als indifferent gegenüber den Prüfpilzen erwiesen. Anschließend wurden die Holzproben mit einer geeigneten Zylinderschalenzange in einen etwa 8 cm langen Abschnitt eines transparenten Schrumpfschlauches, der eine lichte Weite von etwa 38 mm hatte, geführt und dieser durch ein kurzes Einwirken von Heißluft eingeschrumpft. Das offene Ende des eingeschrumpften Schlauches wurde schließlich mit Hilfe einer Heißluftzange zugeschweißt (s. Bild 7).



Bild 7 : Zylinderförmige Holzprobe (30 mm Durchmesser, 20 mm Länge) im eingeschrumpften Kunststoffschlauch mit Dichtungsmasse zwischen Schlauch und Zylindermantelfläche für Prüfungen mit holzerstörenden Pilzen.

Die in dieser Weise bis auf die ursprüngliche Kantholzoberfläche abgedichteten lufttrockenen Holzproben wurden mittels Ethylenoxid sterilisiert und anschließend für die Dauer von 2 Wochen in Aquarien über Wasser konditioniert, um für die Pilzversuche bessere Befallsbedingungen zu schaffen. Die während dieser Feuchtlagerung vorgenommenen Kontrollwägungen ergaben, daß die lufttrockenen Proben mit einer Anfangsfeuchte von 8 bis 10 % auffallend langsamer als frische Holzproben Feuchtigkeit aufnahmen. Dieses veränderte Verhalten des etwa 25 Jahre unter Dach gelagerten Holzes wurde ebenso bei vergleichbaren Proben bei der Behandlung für die chemischen Analysen festgestellt und auch durch Untersuchungen ihres Sorptionsvermögen bestätigt. Da zu erwarten war, daß nach dem Einbau der abgedichteten Proben in die Pilz-Versuchsgefäße die Wasserdampfaufnahme eher noch langsamer erfolgt, wurden

durch das verschweißte Schlauchende mit Hilfe einer Impfkanüle jeweils 1,5 ml sterilisiertes Wasser eingebracht und danach die Einstichlöcher mit einem geeigneten Kleber verschlossen. Die zugesetzte Wassermenge war zu klein, um ein Einwirken auf die Schutzstoffe in der ursprünglichen Randschutzzone zu befürchten.

Die Pilzversuche konnten wegen der Abmessungen der eingeschweißten Proben nicht in Kolleschalen durchgeführt werden. Es wurde daher eine von W.Kerner-Gang (1984) entwickelte Prüfanordnung unter Verwendung von Einweg-Kunststoffbechern mit Vermiculit als Feuchtigkeits- und Nährstoffträger gewählt. In jeden Kunststoffbecher mit den Abmessungen von 70 mm x 110 mm, der Höhe von 65 mm und einem Inhalt von 500 ml wurden 11 g Vermiculit gefüllt und darauf an den Längs- und Querseiten unbehandelte Fichtenholzstäbe als "Futter-Hölzer" für die Prüfpilze gelegt.

Die so vorbereiteten und mit einem passenden Deckel versehenen Versuchsgefäße wurden mittels Ethylenoxid sterilisiert und nach einer fünftägigen Lagerung in einem belüfteten "Reinraum" wurden jeweils 70 ml einer zuvor sterilisierten Puffer-Malz-Lösung auf das Vermiculit gegeben. Danach wurden die "Futterhölzer" mit Impfflocken der Prüfpilze beimpft und die verschlossenen Becher in einem Klimaraum bei $(22 \pm 1) ^\circ\text{C}$ gelagert.

Nach 2 Wochen, in denen die "Futterhölzer" von den Prüfpilzen gut befallen werden, erfolgte unter keimfreien Bedingungen der Einbau der vorbereiteten Holzproben in die Versuchsgefäße. (Bild 8).

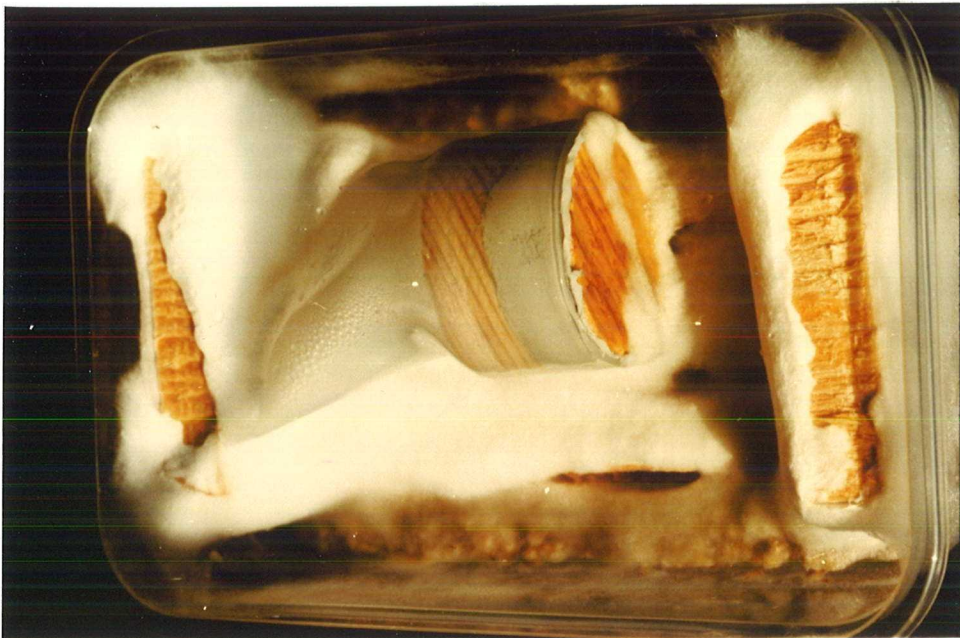


Bild 8 : Prüfanordnung für Pilzversuch in Kunststoffbecher mit zylinderförmiger Holzprobe (in Schrumpfschlauch) und Pilzmycel auf "Futterhölzern" und Vermiculit.

Die aus den einzelnen Kanthölzern entnommenen Parallelproben wurden auf
mindest drei der folgenden Prüfpilze bzw. deren Normstämme entsprechend der
DIN EN 113 verteilt:

Coniophora puteana (Schumacher ex Fries) Karsten

Poria placenta (Fries) Cooke sensu J.Eriksson

Gloeophyllum trabeum (Persoon ex Fries) Murrill

Serpula lacrymans (Schumacher ex Fries) S.F.Gray

Die Pilzprüfungen erfolgten in einem Klimaraum ohne Tageslicht bei einer
Lufttemperatur von (22 ± 1) °C für die Dauer von 16 Wochen.

Nach Versuchsende wurde der Schrumpfschlauch von den Holzproben entfernt,
der an den Oberflächen vorhandene Mycelbewuchs vermerkt und nach Aufspal-
ten der Proben die makroskopisch erkennbaren Zerstörungen nach Umfang und
Tiefe festgestellt.

Für die Auswertung der Pilzversuche wurden die nur in der ursprünglichen
Oberflächenschicht vorkommenden Zerstörungen bis ≤ 2 mm Tiefe als "geringe
Zerstörungen" eingestuft. Tiefer reichende Zerstörungen in der ursprüng-
lichen Randzone und in dem Probenteil, der aus dem inneren und Schutzmit-
tel-freien Bereich des Kantholzes stammt, wurden als "starke Zerstörungen"
gewertet.

In den Bildern 9 bis 11 sind Beispiele von geprüften Holzproben mit ver-
schiedenen Zerstörungsbildern wiedergegeben.

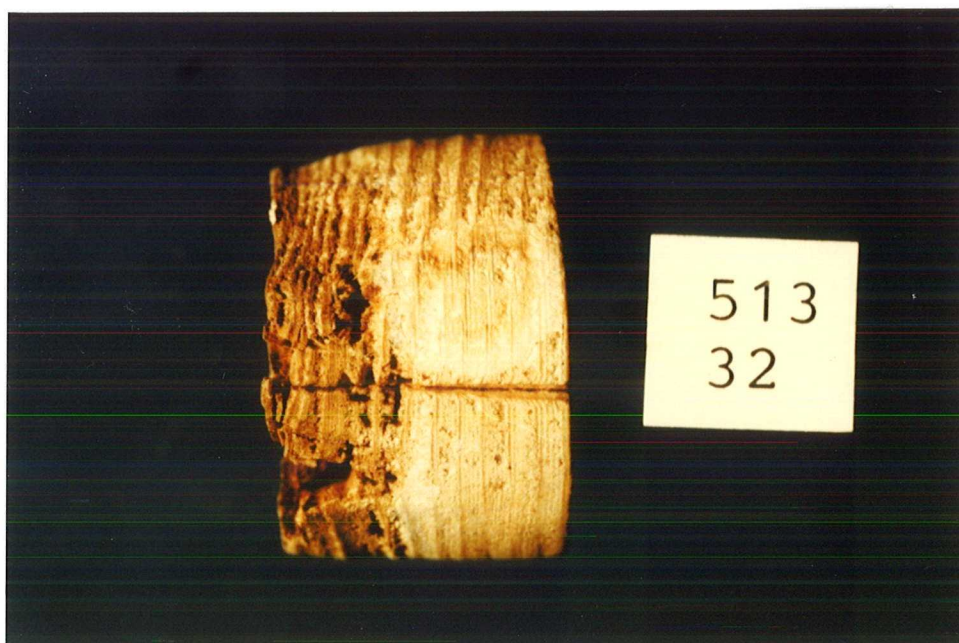


Bild 9 : Splintholzprobe aus Ki-Kantholz mit 20 g CF-Salz/m²
bis 8 mm tief durch *G. trabeum* stark zerstört

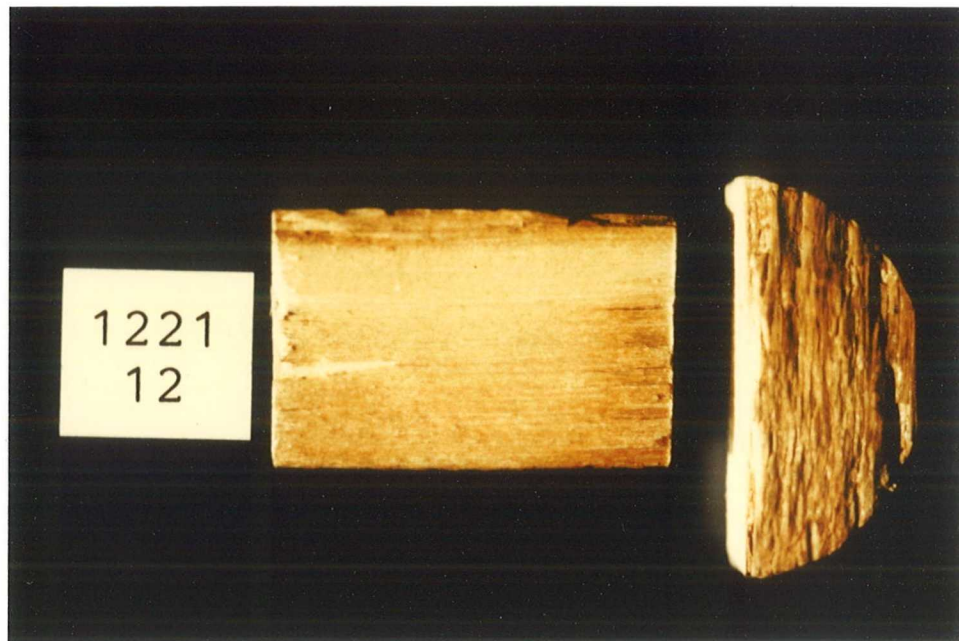


Bild 10: Probe aus Fi-Kantholz mit 36 g CF-Salz/m²
bis 3 mm tief und ab 7 mm Tiefe zerstört
durch *G. trabeum* (Probe aufgespaltet)

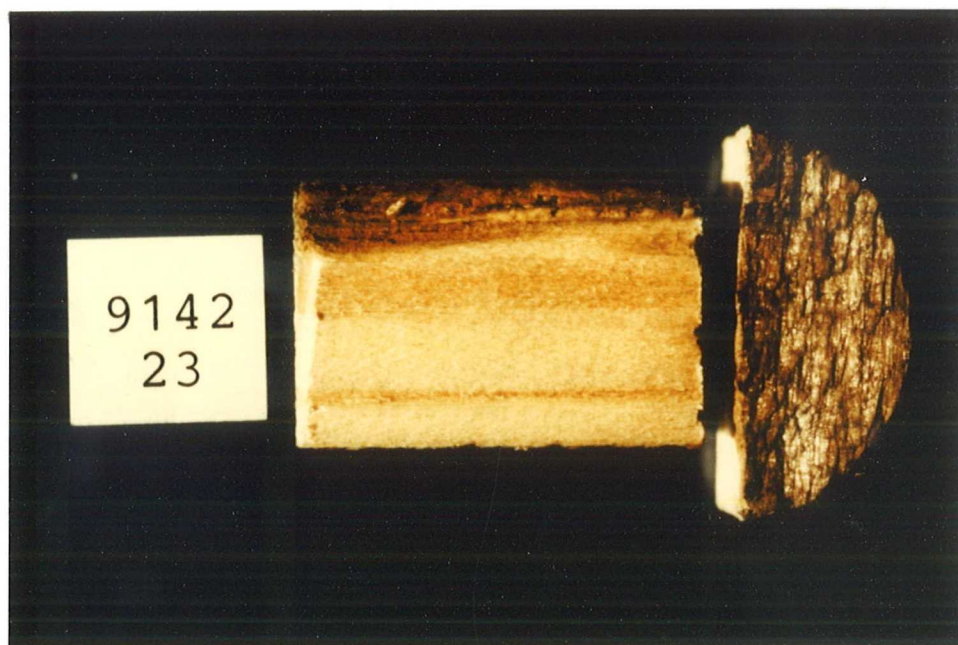


Bild 11: Probe aus Fi-Kantholz mit 257 g Carbolineum/m²
bis 6 mm tief stark zerstört durch *G. trabeum*
(Probe aufgespaltet)

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Die Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten getrennt nach den untersuchten Schutzmitteltypen in Tabellen dargestellt. Dabei werden für jede Versuchsserie in der Tabelle "a" neben der von jedem Kantholz-Abschnitt aufgenommenen Schutzmittelmenge die Ergebnisse der chemischen Analysen für den Zeitpunkt von etwa 4 Wochen nach dem Tauchen und nach der 23- bis 25-jährigen Dachbodenlagerung angegeben. Da alle verwendeten Kanthölzer handelsüblich als "Kreuzhölzer" eingeschnitten waren (s.Bilder 4 und 5), wird bei den Kiefernholzern zusätzlich der Splintholz-Anteil der 4 Längsflächen aufgeführt. In der entsprechenden Tabelle "b" sind die Ergebnisse der jeweils durchgeführten Versuche zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit gegen Insekten (Iv) und Pilze (P) zusammengestellt.

Bei der Auswertung ist allgemein zu beachten, daß die Werte der Aufnahmemengen für jedes Kantholz gravimetrisch kurz nach dem Tauchen ermittelt worden sind. Es ist nicht zu erwarten, daß diese Menge gleichmäßig in allen Längsflächen verteilt ist, sondern die Hölzer besonders in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Wegsamkeit im zufällig gegebenen Splint- und Kernholz sowie der Jahrringrichtung zur Oberfläche verschieden große Lösungsmengen aufgenommen haben. Andererseits sind alle chemischen Analysen und die Prüfungen mit Insekten und Pilzen bei den Kiefernholzern nur an Proben aus den Splintholzbereichen vorgenommen worden. Eine mögliche Vergleichbarkeit ist nur für die nach etwa 25jähriger Dachbodenlagerung gewonnenen Ergebnisse gegeben, da die Proben aus einer Längsseite in Faserrichtung unmittelbar nebeneinanderliegend entnommen wurden.

3.1 Fluorosilikat-Schutzsalze

Für den Holzschutzmittel-Typ der Fluorosilikat-Schutzsalze (SF-Salz) wurden Kantholzserien untersucht, die vor 25 Jahren durch Tauchen in 15 %-igen Lösungen von zwei Handelspräparaten (A und B) behandelt worden waren. Sie enthielten zu 98 % ein Gemisch aus Magnesium- und Zinkfluorosilikaten und waren durch den damaligen Prüfausschuß für Holzschutzmittel mit einem Prüfzeichen für eine Anwendung entsprechend der DIN 68 800 zugelassen.

3.1.1 SF-Salz A

Für das SF-Salz A wurde je eine Serie aus 12 Kiefern- und Fichten-Kantholzabschnitten gewählt, die 15 Sekunden in der Tränklösung getaucht worden waren. Die an ihnen gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefaßt.

Die Kiefernholzern hatten während des Tauchens im Mittel $27,3 \text{ g/m}^2$ aufgenommen, wobei die Standardabweichung (s) der Einzelwerte $\pm 3,0 \text{ g}$ bzw. ihr Variationskoeffizient (V) $\pm 11,0 \%$ betrug.

Tab. 1 a : Eindringtiefen und Mengen von SF-Holzschutzmittel A in Kiefern-splintholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung; eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab-schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 2111 | 31,2 | 52 | 2,1 | -- | 6 | 11,6 |
| 2112 | 31,4 | 75 | 2,0 | 29,1 | 8 5 | 8,1 9,1 |
| 2113 | 22,2 | 62 | 1,6 | 17,3 | 10 8 | 13,1 8,2 |
| 2114 | 23,6 | 38 | 3,2 | -- | 5 | 7,5 |
| 2115 | 28,7 | 43 | 2,1 | -- | 2 | 7,6 |
| 2116 | 24,9 | 37 | 1,6 | 20,0 | 3 | 7,1 |
| 2122 | 27,5 | 72 | 2,3 | 21,8 | 4 4 | 12,4 9,3 |
| 2123 | 29,8 | 59 | 2,5 | 22,4 | 6 4 | 8,0 11,4 |
| 2124 | 26,2 | 34 | 2,0 | -- | 3 4 | 7,0 8,3 |
| 2125 | 26,1 | 50 | 2,3 | -- | 5 | 9,2 |
| 2126 | 28,5 | 45 | 2,4 | 17,3 | 7 4 | 11,1 13,4 |
| \bar{x} | 27,3 | 52 | 2,2 | 21,3 | 5,2 | 9,6 |
| s ± | 3,0 | 14 | 0,4 | 4,4 | 2,1 | 2,2 |
| V ± | 11,0 | 27 | 20,3 | 20,6 | 40,4 | 22,6 |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 1 b : Biologische Wirksamkeit von SF-Holzschutzmittel A in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 2111 | 31,2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 2112 | 31,4 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 2113 | 22,2 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| | | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2115 | 28,7 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| 2122 | 27,5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| | | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2123 | 29,8 | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| | | 9 | 1 | 0 | 0 | - | - | - |
| 2125 | 26,1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| 2126 | 28,5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | 9 | 1 | 0 | 0 | - | - | - |
| \bar{x} | 27,3 | Σ 113 | 17 | 0 | 0 | 4 | 15 | 30 |
| 2112 | ohne | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 10 10 | 0 | 0 | 3 |
| 2113 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | - | - | - |
| 2122 | ohne | 1 | 0 | 0 | 9 | 0 | 2 | 2 |
| | | 0 | 0 | 0 | 10 | | | |
| 7 Kontrollen | | 1 | 0 | 0 | 69 | - | - | - |

Die Oberflächen der Kiefernholzr haben im Mittel einen Splintholz-Anteil von 52 % mit $s \pm 14$ %, der jedoch im Kollektiv zwischen 34 und 75 % streute und keine deutliche Beziehung zu der GröÙe der Aufnahmemengen erkennen läßt. Da aus den Kanthölzern mit einem Splintholz-Anteil von ≤ 40 % keine Proben für die Insekten- und Pilzversuche entnommen werden konnten, sind diese auch nicht in der Tabelle 1b aufgeführt.

Im Splintholzbereich wurde 4 Wochen nach dem Tauchen eine mittlere Eindringtiefe von 2,2 mm und nach der 23jährigen Dachbodenlagerung von 5,2 mm nachgewiesen, wobei die starke Streuung der Einzelwerte z.T. darauf zurückzuführen ist, daß sie aus einem kleineren Bereich stammen, aus dem die Analysenproben entnommen wurden.

Demgegenüber ergaben die quantitativen Fluor-Analysen eine Abnahme der mittleren Salzmenge von 21,3 auf 9,6 g/m². Bezogen auf die mittlere Aufnahme-Menge wurden somit 4 Wochen nach dem Tauchen 78 % und nach 23jähriger Dachbodenlagerung 35 % in der Randzone ermittelt. Da die vom Splintholz beim Tauchen aufgenommene Menge sehr wahrscheinlich größer als der gravimetrisch bestimmte Wert war (s.Hinweise auf Seite 13), sind auch die Fluor-Verluste entsprechend größer anzunehmen.

Die in der Tabelle 1b zusammengefaßten Ergebnisse der biologischen Prüfungen lassen erkennen, daß keine der angesetzten Hausbock-Eilarven sich in die Randzone einnagen konnte. Im Vergleich dazu hatten sich nahezu alle Eilarven in die Schutzsalz-freien Proben - die ebenfalls nach 23jähriger Dachbodenlagerung aus den Ki-Kanthölzern entnommen worden waren - und auch in die "frischen" Kontrollproben eingenagt und wurden bei Versuchsende lebend wiedergefunden. Nach diesem Befund ist der durch Tauchen erzielte Randschutz auch nach 25-jähriger Dachbodenlagerung noch gut vorbeugend wirksam gegen Insekten.

Gegenüber holzerstörenden Pilzen (Basidiomyceten) ist das jedoch nicht der Fall, da etwa 60 % der geprüften Proben starke Zerstörungen und weitere 30 % geringe Zerstörungen in der getränkten Oberflächenschicht aufwiesen.

In den Tabellen 2a und 2b sind die Ergebnisse an Fichten-Kanthölzern zusammengestellt, die ebenfalls 15 Sekunden in einer 15 %igen SF-Salzlösung getaucht worden waren.

Sie hatten dabei mit 23,7 g/m² etwas weniger SF-Salz A als die Kiefernholzr aufgenommen. Wie bei den Kiefernholzern weisen die Eindringtiefen eine deutliche Zunahme und die Schutzsalz-Mengen eine gleich große Abnahme während der 23jährigen Lagerung auf. Sie betrug 8,6 g/m² bzw. 35 % der mittleren Aufnahmemenge.

Auch die biologischen Prüfungen haben mit den Fichtenholzern einen gleichen Befund wie mit den Kiefernholzern erbracht. Während sie gegenüber Insekten nach 25jähriger Dachbodenlagerung noch sicher vorbeugend geschützt sind, ist eine Wirksamkeit gegenüber Basidiomyceten nicht mehr gegeben. Von den 113 Proben mit Randschutz waren 55 % stark und 40 % gering zerstört.

Tab. 2 a : Eindringtiefen und Mengen von SF-Holzschutzmittel A
in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 2131 | 20,0 | 2,1 | 16,8 15,9 | 8 5 | 12,5 9,6 |
| 2132 | 24,7 | 1,8 | -- | 5 8 | 10,0 9,0 |
| 2133 | 26,5 | 2,6 | 18,2 19,7 | 8 7 | 12,4 9,1 |
| 2134 | 20,1 | 2,5 | -- | 5 7 | 8,5 9,2 |
| 2135 | 22,4 | 1,6 | 13,4 22,4 | 4 4 | 9,1 7,9 |
| 2136 | 27,1 | 2,5 | -- | 8 5 | 10,1 6,1 |
| 2141 | 23,3 | 2,5 | 26,9 20,4 | 7 5 | 7,5 6,4 |
| 2142 | 19,9 | 2,4 | -- | 7 5 | 6,1 7,1 |
| 2143 | 24,8 | 2,4 | 18,0 27,8 | 7 5 | 7,7 5,5 |
| 2144 | 26,3 | 2,2 | -- | 6 6 | 5,3 8,0 |
| 2145 | 23,0 | 2,3 | 22,3 22,4 | 3 5 | 9,4 11,7 |
| 2146 | 26,5 | 2,6 | -- | 5 5 | 8,9 10,3 |
| \bar{x} | 23,7 | 2,3 | 20,4 | 5,8 | 8,6 |
| s \pm | 2,7 | 0,3 | 4,3 | 1,4 | 2,0 |
| V \pm | 11,3 | 13,9 | 21,1 | 24,6 | 23,1 |

¹⁾Mittelwerte von je 28 Meßstellen an den 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 2 b : Biologische Wirksamkeit von SF-Holzschutzmittel A in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 2131 | 20,0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2132 | 24,7 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 |
| | | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| 2133 | 26,5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2134 | 20,1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 |
| 2135 | 22,4 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| | | 7 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2136 | 27,1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 2141 | 23,3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| 2142 | 19,9 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2143 | 24,8 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| | | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2144 | 26,3 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 2145 | 23,0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| | | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 2146 | 26,5 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| \bar{x} | 23,7 | Σ 231 | 9 | 0 | 0 | Σ 5 | 46 | 62 |
| 2135 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 3 |
| 2136 | ohne | 1 | 0 | 0 | 9 | 0 | 2 | 4 |
| 2142 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 4 |
| 2144 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 4 |
| 2146 | ohne | 2 | 0 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 |
| 7 Kontrollen | | 1 | 0 | 0 | 69 | - | - | - |

3.1.2 SF-Salz B

Für das SF-Salz B wurde je eine Serie von 12 Kantholzabschnitten aus 15 Minuten lang getauchten Kiefernholzern und 30 Minuten lang getauchten Fichtenholzern gewählt. Die an ihnen gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengestellt.

In den Kiefernholzern wurden nach 23jähriger Dachbodenlagerung im Mittel 14,0 g/m² bzw. 37 % der beim Tauchen aufgenommenen Schutzsalzmenge nachgewiesen. Demgegenüber wurde etwa 4 Wochen nach dem Tränken in dem stichprobeweise untersuchten Splintholz in einigen Proben deutlich mehr Schutzsalz als die gravimetrisch bestimmte Aufnahmemenge gefunden. Wenn dieser Befund die bereits bei dem SF-Salz A beschriebene Annahme einer höheren Aufnahme im Splintholzbereich stützt, muß auch bei diesem Salz mit einem höheren Verlust während der langjährigen Lagerung gerechnet werden.

In Übereinstimmung mit dem SF-Salz A ist auch hier eine deutliche Zunahme der Eindringtiefen während der Dachbodenlagerung festzustellen. Offensichtlich reichen die Feuchtigkeiten, die sich über die Raumluft eines nicht isolierten Dachbodens im jahreszeitlichen Wechsel einstellen, für eine Diffusion der Silikofluoride aus. Sie könnte mit einer Erklärung für die gute Bewährung dieser Schutzsalze in der Praxis sein.

Die in der Tabelle 3 b wiedergegebenen Ergebnisse der biologischen Prüfungen entsprechen denen, die mit dem SF-Salz A erzielt worden sind.

Die Versuche mit Hausbock-Eilarven haben nach 23jähriger Dachbodenlagerung noch eine sichere vorbeugende Wirksamkeit gegen Insekten ergeben.

Gegen Basidiomyceten reichte der noch in der Randzone vorhandene Schutzstoff-Gehalt jedoch nicht mehr, da 53 % der Proben starke und weitere 26 % geringe Zerstörungen aufwiesen. Das trifft ebenso für die Kanthölzer zu, die beim Tauchen 42 bis 48 g/m² SF-Salz aufgenommen hatten und für deren Splintholzbereich eine Schutzsalzmenge von ≥ 50 g/m² angenommen werden kann.

Die Fichtenkantholz-Abschnitte (Tabelle 4 a) hatten während des Tauchens von 30 Minuten Dauer mit im Mittel 34,0 g/m² deutlich weniger SF-Salz B als die Kiefernholzern während des 15 Minuten langen Tauchens aufgenommen. Der Variationskoeffizient $V \pm 21,4$ % und die Streuung der Einzelwerte von 27,0 bis 53,2 g/m² lassen den Einfluß der holzanatomisch bedingten unterschiedlichen Wegsamkeit auf die Aufnahme der Tränklösung erkennen, die für Fichtenholz bekannt ist und sich besonders bei Tränkungen ohne Druckanwendung auswirkt.

Die Ergebnisse der chemischen Analysen entsprechen denen der zuvor dargestellten Versuchsserien. Während die Eindringtiefen, deren Werte in einer vergleichbaren Größenordnung liegen, wiederum eine Zunahme während der Dachbodenlagerung erkennen lassen, ist auch bei den Schutzmittelmengen der Randzone eine deutliche Abnahme festzustellen. Im Vergleich zu den Kiefernholzern wurden jedoch etwa 4 Wochen nach dem Tränken nur 60 % und nach

Tab. 3 a : Eindringtiefen und Mengen von SF-Holzschutzmittel B in Kiefern-splintholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 15 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-----------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 2211 | 39,7 | 58 | 2,0 | -- | 7 | 12,6 |
| 2212 | 32,4 | 51 | 1,4 | 34,0 | 4 | 15,3 |
| 2213 | 37,8 | 35 | 2,2 | 40,9 | - | -- |
| 2214 | 33,7 | 35 | 1,6 | -- | 6 | 21,4 |
| 2215 | 48,3 | 100 | 2,2 | -- | 7 7 | 16,5 11,7 |
| 2216 | 42,3 | 68 | 2,2 | 52,7 | 7 | 14,5 |
| 2221 | 37,0 | 45 | 3,3 | -- | 8 13 | 8,8 11,7 |
| 2222 | 32,6 | 64 | 2,4 | 42,8 | 7 | 10,6 |
| 2223 | 34,5 | 64 | 2,9 | 28,7 | 8 5 | 14,2 13,3 |
| 2224 | 34,2 | 57 | 2,9 | -- | 7 8 | 17,5 15,8 |
| 2225 | 40,4 | 92 | 2,8 | -- | 6 12 | 19,1 12,6 |
| 2226 | 42,1 | 65 | 2,4 | 47,9 | 6 6 | 15,2 6,4 |
| \bar{x} | 37,9 | 61 | 2,4 | 41,2 | 7,3 | 14,0 |
| s \pm | 4,8 | 20 | 0,6 | 8,8 | 2,2 | 3,7 |
| V \pm | 12,7 | 32 | 23,5 | 21,4 | 30,6 | 26,4 |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 3 b: Biologische Wirksamkeit von SF-Holzschutzmittel B in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 15 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 2211 | 39,7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 2212 | 32,4 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| 2214 | 33,7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2215 | 48,3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| 2216 | 42,3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 2221 | 37,0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2222 | 32,6 | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2223 | 34,5 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| | | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 2224 | 34,2 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 2225 | 40,4 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | 7 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 2226 | 42,1 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| \bar{x} | 37,9 | Σ 116 | 12 | 0 | 0 | 14 | 17 | 35 |
| 2215 | ohne | 2 | 0 | 0 | 6 | - | - | - |
| 2216 | ohne | 0 | 0 | 1 | 7 | - | - | - |
| 2225 | ohne | 0 | 0 | 0 | 8 | - | - | - |

Tab. 4 a : Eindringtiefen und Mengen von SF-Holzschutzmittel B
in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 30 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 2331 | 32,0 | 2,7 | -- | 7 8 | 9,1 10,5 |
| 2332 | 31,9 | 2,0 | 24,7 17,9 | 8 10 | 8,0 9,2 |
| 2333 | 27,0 | 2,0 | 21,2 23,5 | 4 5 | 6,5 8,5 |
| 2334 | 37,5 | 2,6 | -- | 7 10 | 11,0 10,6 |
| 2335 | 29,1 | 2,1 | 18,2 19,7 | 8 7 | 8,9 8,0 |
| 2336 | 27,1 | 2,5 | -- | 8 7 | 11,3 8,9 |
| 2341 | 34,7 | 2,9 | -- | 10 8 | 7,1 6,6 |
| 2342 | 33,7 | 2,9 | 23,4 20,2 | 10 10 | 5,2 6,3 |
| 2343 | 30,1 | 3,0 | 16,8 19,7 | 6 15 | 4,6 7,1 |
| 2344 | 40,6 | 2,6 | -- | 8 12 | 4,5 8,5 |
| 2345 | 30,7 | 2,3 | 20,4 17,5 | 7 11 | 7,9 9,1 |
| 2346 | 53,2 | 3,4 | -- | 12 9 | 21,0 12,6 |
| \bar{x} | 34,0 | 2,6 | 20,3 | 8,6 | 8,8 |
| s \pm | 7,3 | 0,4 | 2,5 | 2,4 | 3,3 |
| V \pm | 21,4 | 16,7 | 12,5 | 28,2 | 37,8 |

¹⁾ Mittelwerte von je 28 Meßstellen an den 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾ an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 4 b: Biologische Wirksamkeit von SF-Holzschutzmittel B in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 30 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 2331 | 32,0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| | | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2332 | 31,9 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| | | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| 2333 | 27,0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 2334 | 37,5 | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 5 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 2335 | 29,1 | 6 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2336 | 27,1 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 2341 | 34,7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| 2342 | 33,7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| 2343 | 30,1 | 7 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| | | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2344 | 40,6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2345 | 30,7 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 |
| | | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 2346 | 53,2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| | | 7 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| \bar{x} | 34,0 | Σ 165 | 26 | 1 | 0 | 24 | 26 | 46 |
| 2331 | ohne | 0 | 0 | 0 | 8 | - | - | - |
| 2334 | ohne | 1 | 0 | 0 | 7 | - | - | - |
| 2336 | ohne | 1 | 0 | 0 | 7 | - | - | - |
| 2344 | ohne | 0 | 1 | 0 | 6 | - | - | - |
| 2346 | ohne | 0 | 0 | 0 | 8 | - | - | - |

23jähriger Dachbodenlagerung nur 26 % der beim Tauchen aufgenommenen Salzmenge in der Randzone ermittelt. In welchem Umfang diese Verluste besonders in den ersten Wochen nach dem Tränken durch die holzartspezifische hohe Schutzsalz-Dichte in der Oberflächenschicht bedingt sind, kann aus den hier vorgenommenen chemischen Analysen nicht ausgesagt werden. Sie bestätigen die von G.Becker und W.Berghoff (1968) festgestellte stärkere Fluorwasserstoff-Abgabe aus Fichtenholz im Vergleich zu Kiefernholz als Folge einer unterschiedlichen quantitativen Verteilung des Salzes. Diese ist auch bei gleicher Eindringtiefe gegeben und führt bei der Fichte durch die höhere Salzkonzentration in der Nähe der Holzoberfläche zu einer vermehrten Fluorwasserstoff-Abspaltung.

Die in der Tabelle 4 b zusammengefaßten Ergebnisse der biologischen Prüfungen entsprechen denen der Kiefernholzer und mit dem SF-Salz A. Sie bestätigen eine gute vorbeugende Wirksamkeit des Randschutzes gegen Insekten auch nach 23jähriger Dachbodenlagerung. Die Befunde von vergleichbaren Proben, die aus dem inneren Bereich der Fichtenkanthölzer entnommen wurden und frei von Schutzstoffen waren, lassen erkennen, daß die Hausbock-Anfälligkeit noch unverändert ist.

Demgegenüber ist mit den Schutzsalzmengen, die noch in der Randzone vorhanden waren, eine ausreichende Wirksamkeit gegen Basidiomyceten nicht mehr gegeben. Von den geprüften 96 Proben wiesen 48 % starke und 27 % geringe Zerstörungen durch die Prüfpilze auf. Das gilt ebenso für den Fichtenkantholz-Abschnitt mit einer aufgenommenen SF-Salz-Menge von 53,2 g/m².

3.2 Hydrogenfluorid-Schutzsalze

Für den Holzschutzmittel-Typ der Hydrogenfluorid-Schutzsalze (HF-Salz) wurden die Serien von Kantholz-Abschnitten gewählt, die durch Tauchen in 15 %igen Lösungen von zwei Handelspräparaten getaucht und 23 - 25 Jahre auf einem Dachboden gelagert worden waren.

Von ihnen bestand das HF-Salz A zu 98 % aus Kaliumhydrogenfluorid und das HF-Salz B aus einem Gemisch von 60 % Kaliumhydrogenfluorid und 40 % Ammoniumhydrogenfluorid. Beide Präparate hatten ein Prüfzeichen des Prüfausschusses für Holzschutzmittel für eine Anwendung entsprechend der DIN 68 800.

3.2.1 HF-Salz A

Für die Untersuchungen wurde je eine Serie aus Kiefern- und Fichtenkantholz-Abschnitten gewählt, die durch Tauchen von 30 Minuten bzw. 2 Stunden behandelt worden waren.

Die an Ihnen gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 5 und 6 zusammengefaßt.

Tab. 5 a : Eindringtiefen und Mengen von BF-Holzschutzmittel A in Kiefern-splintholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 30 Minuten Tauchen

| Ab-schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 931 | 57,0 | 100 | 7,5 | 43,3 31,5 | 2 3 | 8,5 10,0 |
| 933 | 57,8 | 55 | 10,2 | -- | 3 | 17,0 |
| 934 | 49,2 | 70 | 9,0 | 50,6 | 3 3 | 11,6 12,1 |
| 935 | 61,3 | 20 | 10,0 | -- | 5 | 28,7 |
| 936 | 44,5 | 50 | 7,7 | -- | 3 | 10,6 |
| 941 | 78,9 | 100 | 15,9 | 34,4 28,6 | 2 5 | 9,6 14,5 |
| 944 | 60,9 | 70 | 16,8 | 44,2 34,2 | 4 5 | 18,1 13,5 |
| 945 | 66,4 | 35 | 19,0 | -- | 6 | 23,7 |
| 946 | 59,3 | 50 | 17,5 | -- | 3 | 10,4 |
| \bar{x} | 59,5 | 61 | 12,6 | 38,1 | 3,6 | 14,5 |
| s ± | 9,8 | 27 | 4,6 | 8,0 | 1,3 | 6,0 |
| V ± | 16,5 | 44 | 36,4 | 21,0 | 34,9 | 41,5 |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 5 b : Biologische Wirksamkeit von BF-Holzschutzmittel A in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 30 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt |
| 931 | 57,0 | 6 8 | 0 2 | 4 0 | 0 0 |
| 933 | 57,8 | 7 | 0 | 3 | 0 |
| 934 | 49,2 | 9 5 | 1 0 | 0 5 | 0 0 |
| 935 | 61,3 | 6 | 4 | 0 | 0 |
| 936 | 44,5 | 3 | 3 | 4 | 0 |
| 941 | 78,9 | 7 10 | 2 0 | 1 0 | 0 0 |
| 944 | 60,9 | 10 7 | 0 0 | 0 3 | 0 0 |
| 945 | 66,4 | 7 | 0 | 3 | 0 |
| 946 | 59,3 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| \bar{x} | 59,5 | Σ 95 | 12 | 23 | 0 |
| 610 | ohne | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 622 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 623 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 |

Die Kiefernkanthölzer (s. Tabelle 5 a) hatten während des 30 Minuten langen Tauchens im Mittel $59,5 \text{ g/m}^2$ HF-Salz bei einem Streuwert s von $\pm 9,8 \text{ g}$ aufgenommen, die der Forderung der damals gültigen DIN 68 800 genügt hätten. Ein Vergleich der Einzelwerte mit denen des Splintholz-Anteils läßt keine deutliche Beziehung erkennen oder diese wurde durch andere Faktoren verdeckt.

Die 4 Wochen nach dem Tränken nachgewiesenen Fluor-Eindringtiefen bestätigen die gute Diffusionsfähigkeit der HF-Salze. Die Werte der Kantholz-Abschnitte Nr. 941 bis 946 - die im Gegensatz zu den andern Abschnitten nach dem Tauchen eine Woche lang in Kunststoffsäcken gegen ein Austrocknen verschlossen und erst danach luftig gestapelt wurden - lassen die gute Wirkung einer "Feuchtlagerung" auf eine gesteigerte Tiefenverteilung erkennen.

Auffallend kleiner sind jedoch die nach 23jähriger Dachbodenlagerung nachgewiesenen Eindringtiefen. Sie können als Folge der Fluorwasserstoff-Verluste durch die damit verbundene Schutzstoff-Verdünnung und Unterschreitung der Nachweisgrenze der Zirkon-Alizarin-Reaktion erklärt werden.

Die chemischen Analysen haben die erwartete Abnahme der in der Randzone vorhandenen Schutzsalzmengen ergeben. Bezogen auf die mittlere Aufnahmemenge wurden 4 Wochen nach dem Tränken 64 % und nach 23jähriger Dachbodenlagerung 24 % im Holz gefunden. Während die Werte von 4 Wochen gut mit den von G.Becker und W.Berghoff (1968) erzielten Ergebnissen übereinstimmen, sind die nach 23 Jahren deutlich niedriger, als sie dort für Kaliumhydrogenfluorid-Präparate nach 38 Monaten als Endzustand angenommen wurden.

Von den durchgeführten biologischen Untersuchungen werden in der Tabelle 5 b nur die Ergebnisse der Prüfungen mit Hausbock-Eilarven wiedergegeben. Da in keiner der geprüften 13 Splintholzproben bei Versuchsende eine lebende Eilarve gefunden wurde, kann die vorbeugende Schutzwirkung auch nach 23jähriger Lagerung als sicher bewertet werden. Auffallend ist jedoch - und das besonders im Vergleich zu den in Abschnitt 3.1 besprochenen Silicofluorid-Präparaten -, daß sich etwa 18 % der angesetzten Eilarven bis zu 2-3 mm tief in die Oberflächenschicht einzunagen vermochten, bevor sie abstarben. Dieser Befund läßt zumindest in der Oberflächenschicht das Erreichen der Wirkungsgrenze als Folge der eingetretenen Fluorwasserstoff-Verluste erkennen.

Die für Pilz-Versuche vorgesehenen Parallelproben wurden in den Vorversuchen zur Erprobung einer Prüfanordnung verwendet, die bereits in Abschnitt 2.5 (s.Seite 8) gekennzeichnet wurden. Da weder eine sichere Bewertung der dabei benutzten verschiedenartigen Proben noch eine Vergleichbarkeit mit den danach verwendeten zylinderförmigen Proben möglich war, können für das HF-Salz A keine Aussagen über die vorbeugende Wirksamkeit in Kiefern- und Fichtenhölzern gegen Basidiomyceten nach 23 Jahren Dachbodenlagerung gemacht werden.

Die Fichtenkanthölzer (s. Tabelle 6 a) hatten während des Tauchens von 2 Stunden Dauer mit im Mittel $49,8 \text{ g/m}^2$ etwa 10 g weniger als die Kiefern-hölzer während des 30 Minuten langen Tauchens aufgenommen.

Ähnlich wie bei den Kiefernholzern hat die einwöchige "Feuchtlagerung" der Abschnitte Nr. 1063 bis 1066 eine deutliche Steigerung der Eindringtiefen während der ersten 4 Wochen bewirkt. Vergleichbar groß sind weiterhin der Rückgang der Eindringtiefen und die Abnahme HF-Salzmenge in der Randzone nach der 23jährigen Dachbodenlagerung. Wiederum bezogen auf die Aufnahme-menge wurden mit $11,2 \text{ g/m}^2$ noch 22 % im Fichtenholz gefunden.

Die Ergebnisse der Prüfungen mit Hausbock-Eilarven sind in der Tabelle 6 b zusammengefaßt.

Wie bei den Kiefernholzern haben sie eine vorbeugende Schutzwirkung noch nach 23 Jahren ergeben, da keine der angesetzten Eilarven lebend in den geprüften 16 Holzproben gefunden wurde. Da sich 30 % der Eilarven vor ihrem Absterben in die Oberflächenschicht auch der Fichtenhölzer einnagen konnten, ist anscheinend der Grenzbereich der Wirksamkeit erreicht.

Wie bei den Kiefernholzern sind auch hier in den Proben ohne Schutzsalz, die ab etwa 20 mm Tiefe aus dem inneren Bereich der Kanthölzer entnommen wurden, nahezu alle Eilarven eingesnagt und lebend gefunden worden.

Für die Pilz-Versuche trifft das gleiche zu, wie es bereits bei den Kiefern-hölzern auf der Seite 27 beschrieben wurde.

3.2.2 HF-Salz B

Aus den zur Verfügung stehenden Kantholz-Abschnitten wurden zwei Kiefern-holz-Serien mit einer Tauchdauer von 30 Minuten und 2 Stunden sowie eine Fichtenholz-Serie mit einer Tauchdauer von 2 Stunden untersucht. Die an ihnen gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 7 bis 9 zusammengestellt.

Die 30 Minuten lang getauchten Kiefernholzern (s. Tabelle 7 a) mit einem Splintholz-Anteil von 57 % hatten im Mittel $38,7 \text{ g/m}^2$ aufgenommen, wobei der Streuwert s nur $\pm 4,5 \text{ g}$ betrug.

Die etwa 4 Wochen nach dem Tränken durchgeführten chemischen Analysen ergaben im Splintholz - trotz der inzwischen eingetretenen Fluorwasserstoff-Verluste- bei den meisten der Stichproben eine etwas größere HF-Salzmenge als die gravimetrisch ermittelte Aufnahmemenge. Da nach 23jähriger Dach-bodenlagerung wegen eines Mißverständnisses keine Analysen-Proben entnommen wurden und keine chemischen Untersuchungen erfolgten, ist leider eine Aussage über die noch im Holz vorhandenen Schutzstoffe nicht möglich.

Die etwa 4 Wochen dem Tauchen bestimmten Eindringtiefen lassen bei den Kantholzabschnitten Nr. 4321 bis 4326 wiederum die Wirkung einer "Feucht-lagerung" auf die Tiefenverteilung erkennen.

Die Prüfungen mit Hausbock-Eilarven (s. Tabelle 7 b) ergaben auch nach 23-jähriger Dachbodenlagerung eine sichere vorbeugende Schutzwirkung.

Tab. 6 a : Eindringtiefen und Mengen von BF-Holzschutzmittel A
in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 1052 | 54,7 | 5,9 | -- | 3 3 | 16,4 8,4 |
| 1053 | 50,0 | 5,7 | -- | 4 3 | 14,1 9,0 |
| 1054 | 53,1 | 6,6 | 57,2 42,7 | 4 3 | 25,1 10,9 |
| 1055 | 45,3 | 5,8 | -- | 4 4 | 9,4 16,0 |
| 1056 | 45,3 | 5,0 | -- | 3 2 | 11,4 9,3 |
| 1063 | 50,8 | 12,0 | -- | 4 4 | 11,0 8,3 |
| 1064 | 58,6 | 15,0 | 86,7 40,1 | 3 5 | 7,4 11,0 |
| 1065 | 45,3 | 11,1 | -- | 1 4 | 7,2 11,2 |
| 1066 | 45,3 | 11,4 | -- | 4 3 | 8,8 6,6 |
| \bar{x} | 49,8 | 8,7 | | 3,4 | 11,2 |
| s \pm | 4,9 | 3,7 | | 0,9 | 4,5 |
| V \pm | 9,9 | 41,9 | | 27,0 | 39,8 |

¹⁾ Mittelwerte von je 28 Meßstellen an den 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾ an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 6 b : Biologische Wirksamkeit von BF-Holzschutzmittel A in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt |
| 1052 | 54,7 | 8 6 | 0 4 | 2 0 | 0 0 |
| 1053 | 50,0 | 5 7 | 2 3 | 3 0 | 0 0 |
| 1054 | 53,1 | 6 6 | 0 0 | 4 4 | 0 0 |
| 1055 | 45,3 | 7 0 | 3 3 | 0 7 | 0 0 |
| 1056 | 45,3 | 6 7 | 0 0 | 4 3 | 0 0 |
| 1063 | 50,8 | 9 4 | 1 0 | 0 6 | 0 0 |
| 1064 | 58,6 | 2 7 | 0 3 | 8 0 | 0 0 |
| 1066 | 45,3 | 3 10 | 0 0 | 7 0 | 0 0 |
| \bar{x} | 49,8 | Σ 93 | 19 | 48 | 0 |
| 603 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 604 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 605 | ohne | 1 | 0 | 0 | 9 |
| 608 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 |

Tab. 7 a : Eindringtiefen und Mengen von BF-Holzschutzmittel B in Kiefern-splintholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 30 Minuten Tauchen

| Ab-schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 4311 | 40,4 | 50 | 6,0 | -- | -- | -- |
| 4312 | 42,5 | 50 | 7,4 | -- | -- | -- |
| 4313 | 36,4 | 50 | 6,0 | 31,8 | -- | -- |
| 4314 | 33,5 | 50 | 6,3 | -- | -- | -- |
| 4315 | 46,5 | 50 | 7,1 | 56,7 | -- | -- |
| 4316 | 39,5 | 50 | 7,0 | 33,2 | -- | -- |
| 4321 | 42,2 | 100 | 10,9 | -- | -- | -- |
| 4322 | 38,1 | 50 | 12,1 | -- | -- | -- |
| 4323 | 33,4 | 50 | 9,6 | 35,1 | -- | -- |
| 4324 | 31,3 | 50 | 10,6 | -- | -- | -- |
| 4325 | 42,8 | 52 | 11,1 | 54,9 | -- | -- |
| 4326 | 38,1 | 85 | 11,3 | 32,6 | -- | -- |
| \bar{x} | 38,7 | 57 | 8,8 | 40,7 | -- | -- |
| s \pm | 4,5 | 17 | 2,3 | 11,7 | | |
| V \pm | 11,6 | 29 | 26,8 | 28,9 | | |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 7 b : Biologische Wirksamkeit von BF-Holzschutzmittel B in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 30 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 4311 | 40,4 | - | - | - | - | 2 | 1 | 2 |
| 4312 | 42,5 | - | - | - | - | 3 | 0 | 2 |
| 4313 | 36,4 | 5 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 4314 | 33,5 | 6 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| 4315 | 46,5 | 7 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 4316 | 39,5 | - | - | - | - | 2 | 1 | 2 |
| 4321 | 42,2 | 1 | 5 | 2 | 0 | 6 | 0 | 4 |
| 4322 | 38,1 | - | - | - | - | 3 | 0 | 2 |
| 4323 | 33,4 | 1 | 6 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 4324 | 31,3 | - | - | - | - | 2 | 1 | 2 |
| 4325 | 42,8 | 6 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| 4326 | 38,1 | - | - | - | - | 3 | 0 | 2 |
| \bar{x} 38,7 | | Σ 26 | 14 | 8 | 0 | 32 | 6 | 23 |

Ähnlich wie bei dem HF-Salz A hat sich auch hier ein Teil der angesetzten Eilarven - und zwar 17 % - in die Oberflächenschicht des Kiefern Splintholzes einnagen können, was sicherlich auf eine Schutzstoff-Verarmung zurückgeführt werden kann.

Gegenüber holzerstörenden Pilzen war jedoch keine ausreichende Schutzwirkung mehr vorhanden, da von den geprüften Splintholzproben 38 % starke und weitere 10 % geringe Zerstörungen aufwiesen.

Die Kantholzabschnitte der zweiten Kiefernholz-Serie, die 2 Stunden lang getaucht worden waren und deren Splintholz-Anteil 58 % betrug, hatten im Mittel $55,4 \text{ g/m}^2$ HF-Salz B aufgenommen.

Auch bei ihnen wurden 4 Wochen nach dem Tauchen in einigen der in kleinerer Anzahl untersuchten Splintholzproben größere Fluorid-Mengen gefunden als unmittelbar nach dem Tauchen gravimetrisch ermittelt worden waren. Sie bestätigen die ähnlichen Befunde in der zuvor beschriebenen Kiefernholz-Serie (Tab. 7 a) und mit dem SF-Salz B in Kiefernholz (Tab. 3 a).

Nach der 23jährigen Dachbodenlagerung wurden im Splintholz noch $14,0 \text{ g/m}^2$ HF-Salz bzw. 25 % der beim Tauchen aufgenommenen Menge im Holz bestimmt. Unter Berücksichtigung der 4 Wochen nach dem Tauchen erzielten Befunde sind die HF-Verluste sicherlich größer als 75 % anzunehmen.

Deutlicher als in der zuvor beschriebenen Kiefernholz-Serie sind die Eindringtiefen, die 4 Wochen nach dem Tauchen bestimmt wurden, durch die "Feuchtlagerung" der Kantholzabschnitte Nr. 4421 bis 4426 gesteigert worden. Nach 23-jähriger Dachbodenlagerung wurden jedoch - im Gegensatz zu den Ergebnissen mit dem HF-Salz A - Eindringtiefen von etwa 22 mm nachgewiesen, die etwa doppelt so groß wie die 4 Wochen nach dem Tauchen bestimmten Werte waren. Wenn ähnlich wie bei den SF-Salzen mit längerer Lagerzeit eine Zunahme der Tiefenverteilung erwartet werden kann, dann ist jedoch das abweichende Verhalten des HF-Salzes A nicht aus den vorliegenden Versuchsbedingungen zu erklären.

Die in der Tabelle 8 b zusammengefaßten Ergebnisse der biologischen Prüfungen sind denen der zuvor beschriebenen Kiefernholz-Serie sehr ähnlich.

Gegenüber Hausbock-Eilarven war nach der 23jährigen Dachbodenlagerung mit den noch im Splintholz vorhandenen Schutzstoffen eine vorbeugende Wirksamkeit gegeben. Wie in den andern Holzserien mit HF-Salzen hatten sich 28 % der angesetzten Eilarven in die Oberflächenschicht eingesnagt, wo sie bei Versuchsende tot wiedergefunden wurden.

In den Prüfungen mit Basidiomyceten sind etwa 66 % der Splintholzproben ohne Zerstörungen geblieben. Da jedoch 30 % der Proben starke Zerstörungen aufwiesen, kann die noch vorhandene pilzwidrige Wirksamkeit nur als unzureichend bewertet werden.

Die Abschnitte der Fichtenkanthölzer hatten während des Tauchens von 2 Stunden Dauer im Mittel $53,2 \text{ g/m}^2$ HF-Salz B aufgenommen und dabei mit einem Streuwert s von $\pm 20,8 \text{ g}$ eine vergleichsweise große Streuung gezeigt (Tab. 9a).

Tab. 8 a : Eindringtiefen und Mengen von BF-Holzschutzmittel B in Kiefern-splintholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab-schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 4411 | 59,5 | 60 | 7,0 | 37,8 | 16 17 | 8,8 11,7 |
| 4412 | 62,1 | 60 | 6,7 | -- | 18 | 12,0 |
| 4413 | 59,5 | 60 | 7,0 | -- | 22 18 | 14,9 13,6 |
| 4414 | 61,1 | 45 | 6,6 | -- | -- | -- |
| 4421 | 48,3 | 62 | 13,5 | 55,1 | 23 | 10,8 |
| 4422 | 46,8 | 58 | 12,5 | -- | 20 | 15,3 |
| 4423 | 46,0 | 56 | 11,7 | -- | 23 | 15,9 |
| 4424 | 51,0 | 42 | 12,7 | -- | 20 | 15,5 |
| 4425 | 61,9 | 65 | 13,8 | 85,5 | 24 27 | 14,6 19,0 |
| 4426 | 57,6 | 70 | 13,7 | 48,8 63,7 | 28 24 | 14,5 15,7 |
| \bar{x} | 55,4 | 58 | 10,5 | 58,2 | 21,5 | 14,0 |
| s ± | 6,6 | 8 | 3,2 | 18,0 | 3,8 | 2,6 |
| V ± | 11,9 | 15 | 30,8 | 30,9 | 17,4 | 18,8 |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 8 b : Biologische Wirksamkeit von BF-Holzschutzmittel B in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 4411 | 59,5 | 8 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 3 |
| 4412 | 62,1 | - | - | - | - | 4 | 0 | 1 |
| 4413 | 59,5 | 5 | 0 | 3 | 0 | 4 | 1 | 3 |
| 4421 | 48,3 | 1 | 3 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| 4422 | 46,8 | - | - | - | - | 4 | 0 | 2 |
| 4423 | 46,0 | - | - | - | - | 2 | 1 | 2 |
| 4425 | 61,9 | 4 | 2 | 2 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| 4426 | 57,6 | 3 | 3 | 2 | 0 | 5 | 0 | 3 |
| \bar{x} 55,4 | | Σ 21 | 8 | 11 | 0 | 51 | 4 | 22 |

Durch die quantitativen Analysen wurden 4 Wochen nach dem Tauchen 77 % und nach der 23jährigen Dachbodenlagerung 26 % der beim Tauchen aufgenommenen HF-Salz-Menge in den Fichtenhölzern bestimmt. Dabei ergaben sich bei den nach 4 Wochen gewonnenen Werten eine auffallend große Streuung mit einem Variationskoeffizienten (V) von $\pm 61,7$ % sowie Einzelwerte, die größer als die Aufnahmemenge waren.

Die Ergebnisse der Eindringtiefen-Nachweise sind denen in der zuvor beschriebenen Kiefernholz-Serie sehr ähnlich. Die nach 4 Wochen bestimmten Werte lassen die gute Diffusionsfähigkeit der HF-Salze und die steigernde Wirkung der "Feuchtlagerung" auf die Tiefenverteilung (Kantholz-Abschnitte Nr.4441 bis 4446) erkennen. Nach 23 Jahren war ebenso eine Zunahme der Eindringtiefen festzustellen, die bei der Mehrzahl der Proben zu einer Durchdringung der Querschnitte geführt hat.

Die Ergebnisse der biologischen Prüfungen (s.Tabelle 9 b) bestätigen die vorbeugende Wirksamkeit gegen Insekten auch nach 23jähriger Dachbodenlagerung. Ein Einnagen einzelner Eilarven in die Oberflächenschicht, wo sie bei Versuchs-ende tot gefunden wurden, war bei den Hölzern mit den kleinsten Aufnahmemengen festzustellen.

In den Pilzversuchen waren etwa 70 % der Proben ohne Zerstörung geblieben, 18 % hatten geringe Zerstörungen und nur 13 % wiesen starke Zerstörungen auf, die fast alle durch den Prüfpilz *Gloeophyllum trabeum* bewirkt worden waren. Diese Ergebnisse kennzeichnen offensichtlich den Grenzbereich der pilzwidrigen Wirksamkeit der nach 23jähriger Dachbodenlagerung noch im Holz vorhandenen Schutzstoffe. Dabei lassen Art und Umfang des Pilzbefalls annehmen, daß der Schutz sehr wahrscheinlich auch durch das veränderte Sorptionsverhalten des Holzes und die damit verbundene noch schlechtere Feuchte-Aufnahme mitbestimmt wurde. Dadurch ergaben sich für den Prüfpilz nicht nur sehr ungünstige Wachstumsbedingungen, sondern er reagierte bei verminderter Virulenz auch entsprechend empfindlicher auf Giftstoffe. Solche Gegebenheiten und Einflüsse sind sicherlich auch unter praktischen Bedingungen unter Dach zu erwarten.

3.3 Chrom-Fluor-Schutzsalze

Für den Holzschutzmittel-Typ der Chrom-Fluor-Schutzsalze (CF-Salze) wurden die Serien von Kantholz-Abschnitten gewählt, die durch Tauchen in 15 %igen Lösungen von zwei Handelspräparaten getaucht und 23 - 25 Jahre auf einem Dachboden gelagert worden waren.

Die Handelspräparate enthielten etwa 22 % Kaliumbichromat, 17 % Monofluorid und 28 % Hydrogenfluorid. Sie hatten ein Prüfzeichen des damaligen Prüfausschusses für Holzschutzmittel und waren für eine Anwendung nach DIN 68 800 zugelassen.

Tab. 9 a : Eindringtiefen und Mengen von BF-Holzschutzmittel B
in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge g/m ² |
| 4431 | 42,5 | 5,9 | 20,9 27,0 | 11 23 | 9,6 14,2 |
| 4432 | 84,1 | 8,2 | 57,8 99,6 | > 35 > 35 | 16,7 24,1 |
| 4433 | 96,6 | 8,2 | -- | > 35 > 35 | 22,4 17,8 |
| 4434 | 54,1 | 6,7 | -- | > 35 > 35 | 15,6 12,7 |
| 4435 | 41,3 | 6,1 | -- | 35 16 | 9,0 12,5 |
| 4436 | 41,6 | 6,5 | 22,6 16,6 | > 35 > 35 | 8,4 10,4 |
| 4441 | 33,0 | 11,4 | 31,4 24,9 | 28 16 | 7,9 9,5 |
| 4442 | 66,8 | 13,9 | 74,5 53,7 | > 35 > 35 | 11,2 8,4 |
| 4444 | 50,4 | 12,4 | -- | > 35 > 35 | 11,3 12,5 |
| 4445 | 36,7 | 10,9 | -- | 30 > 35 | 13,0 21,1 |
| 4446 | 38,1 | 10,4 | 33,6 30,3 | 22 -- | 18,1 -- |
| \bar{x} | 53,2 | 9,1 | 41,1 | 30,3 | 13,6 |
| s \pm | 20,8 | 2,8 | 25,3 | 7,8 | 4,8 |
| V \pm | 39,1 | 30,4 | 61,7 | 25,8 | 35,2 |

¹⁾Mittelwerte von je 28 Meßstellen an den 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab. 9 b : Biologische Wirksamkeit von BF-Holzschutzmittel B in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 4431 | 42,5 | 8 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 0 |
| 4432 | 84,1 | - | - | - | - | 9 | 1 | 0 |
| 4433 | 96,6 | - | - | - | - | 10 | 0 | 0 |
| 4434 | 54,1 | - | - | - | - | 4 | 3 | 1 |
| 4435 | 41,3 | - | - | - | - | 6 | 1 | 3 |
| 4436 | 41,6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 |
| 4441 | 33,0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 6 | 1 | 0 |
| 4442 | 66,8 | 7 | 1 | 0 | 0 | 6 | 2 | 0 |
| 4444 | 50,4 | 6 | 1 | 1 | 0 | 7 | 2 | 1 |
| 4445 | 36,7 | 5 | 1 | 2 | 0 | 6 | 3 | 1 |
| 4446 | 38,1 | - | - | - | - | 5 | 1 | 2 |
| \bar{x} | 53,2 | Σ 39 | 3 | 6 | 0 | 67 | 17 | 12 |

3.3.1 CF-Salz A

Mit dem CF-Salz A wurde je eine Serie von 12 Kantholzabschnitten aus Kiefernholz mit einer Tauchdauer von 15 Sekunden und aus Fichtenholz mit einer Tauchdauer von 15 Minuten untersucht.

Die an Ihnen gewonnenen Ergebnisse sind in den Tabellen 10 und 11 zusammengestellt.

Die Kiefernholzer mit einem Splintholz-Anteil von 70 % hatten während des 15 Sekunden langen Tauchens im Mittel $23,7 \text{ g/m}^2$ aufgenommen (s.Tab 10 a). 4 Wochen danach wurden durch Fluor-Analysen 89 % und nach 23 Jahren 70 % der Aufnahmemenge im Splintholz gefunden. Die nach 23 Jahren zusätzlich durchgeführten Chrom-Analysen ergaben eine mittlere CF-Salz-Menge von $27,7 \text{ g/m}^2$ und weisen deutliche Mehraufnahmen und eine starke Streuung im Splintholz nach. Dabei ist zu beachten, daß der Chromanteil in dem äußersten Millimeter bleibt.

Die Fluor-Eindringtiefen lassen ähnlich wie bei den SF-Salzen eine Abnahme von 6 mm auf 2 mm während der Dachbodenlagerung erkennen.

Die Prüfungen mit Hausbock-Eilarven haben eine sichere Wirksamkeit gegen Insekten ergeben, wobei jedoch - ähnlich wie bei den HF-Salzen - sich 24 % der angesetzten Eilarven in die Oberflächenschicht einnagen konnten (s.Tab. 10 b).

Gegen holzerstörende Pilze reichte die Wirksamkeit nicht mehr, da 37 % der geprüften Proben starke Zerstörungen und weitere 24 % geringe Zerstörungen aufwiesen.

Die 12 Fichtenholz-Abschnitte hatten während des Tauchen von 15 Minuten im Mittel $35,2 \text{ g/m}^2$ CF-Salz A aufgenommen (s.Tab. 11 a). Quantitative Analysen wurden leider nur nach der 23jährigen Dachbodenlagerung vorgenommen, wobei nach Fluor-Analysen 62 % der Aufnahmemenge bestimmt wurden. Nach Chrom-Analysen wurden wie zuvor bei den Kiefernholzern etwa 19 % mehr CF-Salz gefunden als bei der gravimetrisch bestimmten Aufnahme. Die vergleichsweise geringe Streuung der Einzelwerte läßt die Annahme einer stellenweise bevorzugten Aufnahme - etwa wie bei dem Splintholz der Kiefer - als unwahrscheinlich erscheinen.

Ähnlich wie bei den Kiefernholzern ist auch hier bei den Fluor-Eindringtiefen eine Abnahme von 4,3 mm auf 2,4 mm nach der Dachbodenlagerung festzustellen.

Die Prüfungen mit Hausbock-Eilarven haben auch in den Fichtenholzern eine gute vorbeugende Wirksamkeit gegen Insekten nach 23jähriger Dachbodenlagerung ergeben (s.Tab. 11 b). Wie bei den Kiefernholzern hat sich auch bei ihnen ein Teil der Eilarven - und zwar 13 % - vor dem Absterben in der Oberflächenschicht einnagen können, was sicherlich als Hinweis auf eine Schutzstoff-Verarmung gewertet werden kann.

Tab. 10 a : Eindringtiefen und Mengen von CF-Holzschutzmittel A in Kiefern Splintholz
nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 4 Wochen | | nach 23 Jahren | | |
|-----------------------|--|--|--|----------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge | |
| | | | | | | nach F g/m ² | nach Cr g/m ² |
| 511 | 24,6 | 85 | 4,4 | 17,8 | 3 2 | 24,1 13,3 | 31,5 19,5 |
| 512 | 19,9 | 51 | 4,8 | 24,3 | 3 | 20,2 | 21,7 |
| 513 | 19,9 | 75 | 4,8 | — | 2 1 | 17,6 9,0 | 23,5 19,4 |
| 514 | 26,9 | 63 | 4,4 | — | 3 1 | 17,4 16,5 | 21,1 44,7 |
| 515 | 28,1 | 64 | 5,7 | — | 3 3 | 24,9 30,3 | 38,5 62,5 |
| 516 | 32,8 | 100 | 5,6 | — | 1 2 | 9,6 23,5 | 15,6 45,9 |
| 521 | 22,2 | 78 | 6,1 | 15,2 | 2 2 | 16,8 16,2 | 30,8 22,2 |
| 522 | 18,7 | 53 | 6,8 | 20,0 | 2 2 | 15,6 15,6 | 23,6 24,2 |
| 523 | 19,9 | 78 | 6,1 | — | 2 1 | 18,6 8,8 | 32,2 13,6 |
| 524 | 21,1 | 55 | 6,6 | — | 2 2 | 14,7 14,2 | 29,7 19,8 |
| 525 | 23,4 | 37 | 6,9 | 28,4 | 2 | 18,3 | 26,0 |
| 526 | 26,9 | 100 | 7,1 | — | 1 1 | 6,3 11,2 | 17,4 26,4 |
| \bar{x} | 23,7 | 70 | 5,8 | 21,1 | 2,0 | 16,5 | 27,7 |
| s ± | 4,3 | 20 | 1,0 | 5,3 | 0,7 | 5,8 | 11,6 |
| V ± | 18,0 | 28 | 17,1 | 24,9 | 37,0 | 35,2 | 41,7 |

¹⁾ Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾ an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab.10 b : Biologische Wirksamkeit von CF-Holzschutzmittel A in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 511 | 24,6 | 0 4 | 7 1 | 3 5 | 0 0 | 2 0 | 1 2 | 1 2 |
| 512 | 19,9 | 2 | 4 | 4 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| 513 | 19,9 | 1 4 | 4 2 | 5 4 | 0 0 | 2 2 | 0 1 | 1 1 |
| 514 | 26,9 | 4 4 | 3 4 | 3 2 | 0 0 | 2 2 | 0 1 | 1 1 |
| 515 | 28,1 | 5 3 | 5 7 | 0 0 | 0 0 | 2 1 | 2 0 | 0 3 |
| 516 | 32,8 | 3 1 | 3 4 | 4 5 | 0 0 | 0 2 | 1 0 | 3 2 |
| 521 | 22,2 | 10 3 | 0 7 | 0 0 | 0 0 | 2 2 | 1 0 | 1 2 |
| 522 | 18,7 | 3 3 | 3 2 | 4 5 | 0 0 | 2 - | 1 - | 1 - |
| 523 | 19,9 | 7 8 | 1 2 | 2 0 | 0 0 | 2 0 | 1 2 | 1 1 |
| 524 | 21,1 | 3 3 | 5 7 | 2 0 | 0 0 | 3 - | 1 - | 0 - |
| 525 | 23,4 | 2 | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 526 | 26,9 | 6 8 | 4 2 | 0 0 | 0 0 | 0 1 | 1 0 | 2 3 |
| \bar{x} 23,7 | | Σ 87 | 81 | 52 | 0 | 30 | 18 | 28 |
| 511 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | - | - | - |
| 521 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | - | - | - |
| 5 Kontrollen | | 1 | 0 | 0 | 49 | - | - | - |

Tab. 11 a : Eindringtiefen und Mengen von CF-Holzschutzmittel A
in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung;
eingebracht durch 15 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | 4 Wochen | nach 23 Jahren | | |
|-----------------------|--|--|--|----------------------------|-----------------------------|
| | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge | |
| | | | | nach F g/m ² | nach Cr g/m ² |
| 1211 | 35,2 | 3,3 | 3,0 | 13,6 | 32,0 |
| 1212 | 34,4 | 3,6 | 2,0 2,0 | 12,5 23,9 | 35,8 44,7 |
| 1213 | 31,2 | 4,1 | 2,0 | 19,3 | 36,8 |
| 1214 | 42,2 | 4,2 | 2,0 | 20,4 | 39,3 |
| 1215 | 39,0 | 3,5 | 2,0 1,5 | 27,1 28,3 | 48,8 49,5 |
| 1216 | 28,9 | 3,0 | 1,5 1,5 | 20,6 20,1 | 40,7 43,8 |
| 1221 | 35,9 | 5,2 | 4,0 | 21,1 | 39,0 |
| 1222 | 34,4 | 5,0 | 2,0 | 23,0 | 35,1 |
| 1223 | 32,0 | 4,7 | 3,5 3,0 | -- -- | -- -- |
| 1224 | 42,2 | 5,4 | 3,0 | 29,6 | 41,1 |
| 1225 | 36,7 | 4,9 | 4,0 3,0 | 27,2 19,7 | 52,6 46,4 |
| 1226 | 29,7 | 4,9 | 3,0 | -- | -- |
| \bar{x} | 35,2 | 4,3 | 2,4 | 21,9 | 41,8 |
| s \pm | 4,4 | 0,8 | 0,9 | 5,1 | 6,1 |
| V \pm | 12,5 | 18,8 | 35,9 | 23,3 | 14,5 |

¹⁾ Mittelwerte von je 28 Meßstellen an den 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾ an den Entnahmestellen der Analysenproben einer Querschnittsscheibe

Tab.11 b: Biologische Wirksamkeit von CF-Holzschutzmittel A in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 15 Minuten Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 1211 | 35,2 | 5 | 4 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| | | 6 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 1212 | 34,4 | 6 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| | | 6 | 3 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 1213 | 31,2 | 2 | 4 | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | 4 | 2 | 4 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 1214 | 42,2 | 4 | 3 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | 7 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 1215 | 39,0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| | | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 1216 | 28,9 | 5 | 3 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| | | 3 | 7 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 1221 | 35,9 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | 4 | 6 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 1222 | 34,4 | 7 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| | | 5 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 1223 | 32,0 | 3 | 3 | 4 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| | | 6 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| 1224 | 42,2 | 6 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| | | 3 | 4 | 3 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 1225 | 36,7 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| 1226 | 29,7 | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | | 2 | 6 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| \bar{x} | 35,2 | Σ 140 | 68 | 32 | 0 | 53 | 18 | 18 |
| 1215 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | - | - | - |
| | | 1 | 0 | 0 | 9 | - | - | - |
| 1222 | ohne | 0 | 0 | 0 | 10 | - | - | - |
| 6 Kontrollen | | 3 | 0 | 0 | 57 | - | - | - |

Für einen Schutz gegen holzerstörende Pilze reichte der noch im Holz vorhandene Schutzstoff-Gehalt jedoch nicht mehr, da jeweils 20 % der Proben starke oder geringe Zerstörungen aufwiesen.

3.3.2 CF-Salz B

Mit dem CF-Salz B wurden je eine Serie von 12 Kantholzabschnitten aus Kiefern- und Fichtenholz untersucht, die durch Tauchen von 2 Stunden Dauer getränkt worden waren. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 12 a bis 12 c zusammengefaßt dargestellt.

Die Kiefernholzer, deren Oberflächen einen Splintholz-Anteil von 54 % hatten, haben während des Tauchens im Mittel $50,1 \text{ g/m}^2$ aufgenommen (s.Tab. 12 a). In Splintholzproben wurden etwa 4 Wochen nach dem Tauchen Fluor-Eindringtiefen von 4,1 mm und durch quantitative Fluor-Analysen eine CF-Salz-Menge von $39,3 \text{ g/m}^2$ bzw. 78 % der Aufnahmemenge nachgewiesen. Nach der 23jährigen Dachbodenlagerung sind entsprechende Analysen nicht durchgeführt worden.

Von den Fichtenhölzern sind während der gleichen Tauchdauer mit $40,4 \text{ g/m}^2$ etwa 20 % weniger CF-Salz als durch die Kiefernholzer aufgenommen worden. Etwa 4 Wochen nach dem Tauchen wurde eine mittlere Fluor-Eindringtiefe von 2,8 mm und durch Fluor-Analysen eine CF-Salz-Menge von $20,8 \text{ g/m}^2$ bzw. 51 % der Aufnahmemenge ermittelt. (s.Tab. 12 a). Auch bei den Fichtenhölzern sind nach der Dachbodenlagerung keine chemischen Untersuchungen vorgenommen worden.

Die Ergebnisse der biologischen Prüfungen in den Tabellen 12 b und 12 c lassen auch nach der 23 - 25jährigen Dachbodenlagerung eine vorbeugende Wirksamkeit in den Kiefern- und Fichtenhölzern gegen Insekten erkennen. In den Proben aus beiden Holzarten wurden keine lebenden Hausbock-Eilarven gefunden. Jedoch hat sich auch hier ein Teil der Eilarven vor dem Absterben in die Oberflächenschicht der Proben einnagen können und zwar 36 % in die Kiefernholzer und 16 % in die Fichtenholzer.

Im Vergleich mit allen andern Versuchsreihen war in den Holzproben, die aus dem "Schutzmittel-freien", inneren Bereich der Kanthölzer entnommen worden waren, die Sterberate von etwa 60 % der Eilarven unerwartet groß. Die Ursache dafür konnte nicht ermittelt und eine Schutzstoff-Kontamination der Holzproben kann nicht ausgeschlossen werden.

Durch holzerstörende Pilze waren an den Kiefernholz-Proben keine starken Zerstörungen und nur an 16 % geringe Zerstörungen bewirkt worden (s.Tab.12b). Für ihre Schutzbehandlung durch 2stündiges Tauchen mit einer mittleren CF-Salz-Aufnahme von 50 g/m^2 konnte damit eine 25jährige Wirksamkeitsdauer unter Dach nachgewiesen werden.

Tab. 12 a: Mengen und Eindringtiefen von CF-Holzschutzmittel B in Kiefern Splintholz-
Fichtenholz-Kantholzabschnitten; eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Kiefernholz | | | | | Fichtenholz | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|
| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | F- Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge nach F g/m ² | Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | F- Ein- dring- tiefen mm ²⁾ | HSM Menge nach F g/m ² |
| 7411 | 70,6 | 67 | 4,2 | — | 7431 | 42,0 | 2,9 | 12,2 26,8 |
| 7412 | 56,5 | 65 | 3,2 | 30,9 71,3 | 7432 | 35,5 | 2,4 | — |
| 7413 | 51,2 | 43 | 3,7 | — | 7433 | 55,0 | 2,5 | — |
| 7414 | 52,8 | 36 | 3,5 | — | 7434 | 36,5 | 2,3 | 19,2 20,3 |
| 7415 | 50,6 | 58 | 3,4 | 34,6 | 7435 | 44,2 | 2,7 | 11,8 18,0 |
| 7416 | 49,7 | 66 | 2,9 | 36,1 | 7436 | 30,7 | 2,3 | — |
| 7421 | 45,0 | 48 | 4,0 | 43,3 | 7441 | 39,3 | 2,6 | 22,5 16,5 |
| 7422 | 47,9 | 58 | 4,7 | 28,3 | 7442 | 38,5 | 2,9 | — |
| 7423 | 46,3 | 51 | 5,4 | — | 7443 | 53,6 | 3,3 | — |
| 7424 | 44,5 | 27 | 4,9 | — | 7444 | 38,5 | 3,3 | 30,6 17,1 |
| 7425 | 45,0 | 61 | 4,3 | 30,8 | 7445 | 39,9 | 3,0 | 38,2 15,9 |
| 7426 | 40,8 | 70 | 4,9 | — | 7446 | 32,3 | 2,8 | — |
| \bar{x} | 50,1 | 54 | 4,1 | 39,3 | \bar{x} | 40,4 | 2,8 | 20,8 |
| s ± | 7,7 | 13 | 0,8 | 14,9 | s ± | 7,5 | 0,3 | 7,7 |
| V ± | 15,5 | 25 | 19,0 | 37,9 | V ± | 18,5 | 12,6 | 37,3 |

¹⁾ Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

²⁾ Mittelwerte von je 28 Meßstellen an den 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

Tab.12 b : Biologische Wirksamkeit von CF-Holzschutzmittel B in Kiefernholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 7411 | 70,6 | 4 3 | 1 2 | 3 3 | 0 0 | 3 5 | 2 0 | 0 0 |
| 7412 | 56,5 | - - | - - | - - | - - | 3 2 | 1 2 | 0 0 |
| 7413 | 51,2 | 4 | 1 | 3 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 7415 | 50,6 | 3 3 | 1 0 | 4 5 | 0 0 | 6 - | 0 - | 0 - |
| 7416 | 49,7 | 2 4 | 2 1 | 4 3 | 0 0 | 4 4 | 2 0 | 0 0 |
| 7421 | 45,0 | 5 6 | 1 0 | 2 2 | 0 0 | 2 - | 1 - | 0 - |
| 7422 | 47,9 | 4 5 | 2 2 | 2 1 | 0 0 | 4 - | 0 - | 0 - |
| 7423 | 46,3 | 5 - | 1 - | 2 - | 0 - | 3 3 | 0 0 | 0 0 |
| 7425 | 45,0 | 3 | 2 | 3 | 0 | 3 | 2 | 0 |
| 7426 | 40,8 | 3 3 | 2 2 | 3 3 | 0 0 | 5 6 | 1 0 | 0 0 |
| \bar{x} | 50,1 | Σ 57 | 20 | 43 | 0 | 59 | 11 | 0 |
| 11;16 | ohne | 6 | 0 | 1 | 9 | - | - | - |
| 21;26 | ohne | 4 | 2 | 11 | 7 | - | - | - |

Tab. 12 c : Biologische Wirksamkeit von CF-Holzschutzmittel B in Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 2 Stunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 7431 | 42,0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| | | 2 | 2 | 4 | 0 | 3 | 2 | 0 |
| 7432 | 35,5 | 3 | 2 | 3 | 0 | 4 | 1 | 0 |
| | | 5 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 0 |
| 7433 | 55,0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| | | 4 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 7434 | 36,5 | 5 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| | | - | - | - | - | 5 | 0 | 0 |
| 7435 | 44,2 | - | - | - | - | 4 | 0 | 1 |
| | | - | - | - | - | 3 | 0 | 0 |
| 7436 | 30,7 | 4 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| | | 5 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 7441 | 39,3 | 4 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | 6 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 7442 | 38,5 | 3 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| | | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 7443 | 53,6 | 6 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| | | 5 | 3 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 |
| 7444 | 38,5 | - | - | - | - | 4 | 0 | 0 |
| | | - | - | - | - | 4 | 0 | 0 |
| 7445 | 39,9 | 3 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | | 5 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 7446 | 32,3 | 2 | 4 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| | | 5 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| \bar{x} | 40,4 | Σ 81 | 46 | 25 | 0 | 71 | 11 | 9 |
| 31;32 | ohne | 8 | 0 | 4 | 4 | - | - | - |
| 34;36 | ohne | 2 | 0 | 7 | 7 | - | - | - |
| 41;43 | ohne | 3 | 0 | 7 | 6 | - | - | - |
| 45;46 | ohne | 1 | 0 | 9 | 6 | - | - | - |

Die Prüfungen der Fichtenholz-Proben ergaben nur bei 10 % noch starke und bei 12 % geringe Zerstörungen durch die Prüfpilze (s.Tab. 12 c). Da ihre Kantholz-Abschnitte im Mittel 40 g/m² CF-Salz B aufgenommen hatten, lassen die an ihnen erzielten Ergebnisse den Grenzbereich der angestrebten Wirksamkeit erkennen, die sehr wahrscheinlich bei einer Aufnahmemenge von 50 g/m² ebenso wie bei den Kiefernholzern erreicht worden wäre.

3.4 Carbolineum

Aus den zur Verfügung stehenden Kantholz-Abschnitten wurde je eine Serie von Kiefern- und Fichtenholzern untersucht, die etwa 250 g/m² Carbolineum während des Tauchens aufgenommen hatten. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 13 und 14 zusammengefaßt dargestellt.

Das Carbolineum bestand aus 94 % Steinkohlenteeröl, 5 % Pentachlorphenol und 1 % Bitumen. Es war durch den damaligen Prüfausschuß für Holzschutzmittel für die Schutzbehandlung von Bauholz durch Tauchen nach DIN 68 800 zugelassen.

Die 12 Kiefernholz-Abschnitte hatten während des Tauchens von 15 Sekunden im Mittel 267 g/m² mit einem Streuwert s von $\pm 27,5$ g Carbolineum aufgenommen (s.Tab. 13 a). Eine deutliche Beziehung der Einzelwerte zu dem Splintholz-Anteil ihrer Oberflächen - der im Mittel 55 % betrug - ist nicht zu erkennen.

Nach der 24jährigen Dachbodenlagerung wurde im Splintholz eine mittlere Eindringtiefe des Carbolineums von 4,4 mm gemessen und durch die Teerölextraktion noch 175 g/m² bzw. 64 % der beim Tauchen aufgenommenen Menge im Holz bestimmt.

Die biologischen Prüfungen haben eine sichere Wirksamkeit auch nach 24-jähriger Dachbodenlagerung sowohl gegenüber Insekten als auch gegen holzzerstörenden Pilze ergeben.

Die Fichtenholz-Serie wurde mit Rücksicht auf die starke Streuung aus verschieden lange getauchten Kantholz-Abschnitten zusammengestellt, die im Mittel 242 g/m² Carbolineum aufgenommen haben (s.Tab. 14 a).

Nach der 24jährigen Dachbodenlagerung wurden Eindringtiefen von $\leq 0,5$ mm und Carbolineum-Mengen von 25,6 g/m² bzw. 11 % der aufgenommenen Menge in den Fichtenholzern ermittelt.

Die biologischen Prüfungen haben wie bei den Kiefernholzern eine sichere vorbeugende Wirksamkeit gegenüber Insekten nachgewiesen (s.Tab. 14 b).

Jedoch gegenüber holzzerstörenden Pilzen reichten die noch im Holz vorhandenen Mengen nicht mehr aus, um an 19 % der Proben starke Zerstörungen und an weiteren 31 % geringe Zerstörungen verhindern zu können.

Tab. 13 a: Mengen und Eindringtiefen von Carbolineum in Kiefern-splintholz nach 24jähriger Dachbodenlagerung; eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab-schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Ober- flächen- Splintholz Anteil % | nach 24 Jahren | | |
|-------------------|--|--|--|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | % der Auf- nahme- menge |
| 9111 | 306 | 56 | 4,0 | 247 | 81 |
| 9112 | 299 | 63 | 4,3 | 147 | 49 |
| 9113 | 259 | 60 | 3,4 | 137 | 53 |
| 9114 | 267 | 49 | 4,1 | 156 | 58 |
| 9115 | 237 | 51 | 2,4 | 151 | 64 |
| 9116 | 221 | 66 | 2,8 | 144 | 65 |
| 9121 | 242 | 47 | 3,9 | -- | -- |
| 9122 | 307 | 62 | 6,1 | 220 | 72 |
| 9123 | 259 | 56 | 4,8 | 163 | 63 |
| 9124 | 274 | 45 | 5,5 | -- | -- |
| 9125 | 280 | 55 | 4,5 | 208 | 74 |
| 9126 | 253 | 51 | 6,6 | -- | -- |
| \bar{x} | 267 | 55 | 4,4 | 175 | 64 |
| s ± | 27,5 | 7 | 1,2 | 37,4 | |
| V ± | 10,3 | 12 | 28,6 | 21,4 | |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes in der halben Kantholzlänge

Tab. 13 b : Biologische Wirksamkeit von Carbolineum in Kiefernspiltholz nach
23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch 15 Sekunden Tauchen

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 9111 | 306 | - | - | - | - | 4 | 1 | 0 |
| 9112 | 299 | 7 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 9113 | 259 | 6 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 9114 | 267 | 7 | 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 9115 | 237 | 9 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 9116 | 221 | 10 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| | | - | - | - | - | 2 | 1 | 0 |
| 9122 | 307 | 6 | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 9123 | 259 | 7 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 9125 | 280 | 7 | 3 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 9126 | 253 | 10 | 0 | 0 | 0 | - | - | - |
| \bar{x} 270 | Σ 69 | 21 | 0 | 0 | 0 | 32 | 6 | 0 |
| 9116 ohne | | 1 | 0 | 0 | 9 | - | - | - |
| 7 Kontrollen | | 1 | 0 | 0 | 69 | - | - | - |

Tab. 14a :Mengen und Eindringtiefen von Carbolineum in Fichtenholz
nach 24jähriger Dachbodenlagerung; eingebracht durch
Tauchen verschiedener Dauer

| Ab- schnitt Nr. | Tauch- dauer | HSM Auf- nahme- menge g/m ² | nach 24 Jahren | | |
|-----------------------|-----------------|--|--|----------------------------------|----------------------------------|
| | | | Ein- dring- tiefen mm ¹⁾ | HSM Menge g/m ² | % der Auf- nahme- menge |
| 9141 | 15 Sek | 210 | ≤ 0,5 | 37 12 | 18 6 |
| 9142 | 15 Sek | 257 | ≤ 0,5 | 27 5 | 11 2 |
| 9143 | 15 Sek | 239 | ≤ 0,5 | 14 | 6 |
| 9144 | 15 Sek | 211 | ≤ 0,5 | 16 | 8 |
| 9145 | 15 Sek | 201 | ≤ 0,5 | 42 16 | 21 8 |
| 9146 | 15 Sek | 225 | ≤ 0,5 | 33 | 15 |
| 9231 | 15 Min | 308 | ≤ 0,5 | 21 35 | 7 11 |
| 9235 | 15 Min | 216 | ≤ 0,5 | 49 23 | 23 11 |
| 9244 | 15 Min | 297 | ≤ 0,5 | -- | -- |
| 9334 | 2 Stdn | 229 | ≤ 0,5 | 37 | 16 |
| 9335 | 2 Stdn | 226 | ≤ 0,5 | 42 16 | 19 7 |
| 9336 | 2 Stdn | 288 | ≤ 0,5 | 19 16 | 7 6 |
| \bar{x} | | 242,3 | ≤ 0,5 | 25,6 | 11 |
| s ± | | 36,7 | | 12,5 | |
| V ± | | 15,1 | | 49,1 | |

¹⁾Mittelwerte im Splintholzbereich der 4 Seiten eines Querschnittes
in der halben Kantholzlänge

Tab. 14 b : Biologische Wirksamkeit von Carbolineum in Fichtensplintholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung, eingebracht durch Tauchen von 15 Sekunden (°), 15 Minuten (+) oder 2 Stunden (*)

| Ab- schnitt Nr. | HSM Auf- nahme- menge g/m² | Iv-Wirksamkeit Anzahl Hb-Eilarven | | | | P-Wirksamkeit Probenanzahl | | |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt | ohne Zerstörungen | geringe | starke |
| 9141 ° | 210 | 4 | 6 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| | | 9 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| 9142 ° | 257 | 8 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| | | 6 | 4 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| 9143 ° | 239 | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| | | - | - | - | - | 1 | 0 | 2 |
| 9144 ° | 211 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| | | 6 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 9145 ° | 201 | 9 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| | | 6 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 9146 ° | 225 | 7 | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| | | - | - | - | - | 1 | 2 | 1 |
| 9231 + | 308 | 7 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | 5 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 9235 + | 216 | 10 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| | | 6 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| 9244 + | 297 | 5 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 9334 * | 229 | 8 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| | | - | - | - | - | 2 | 0 | 1 |
| 9335 * | 226 | 6 | 4 | 0 | 0 | - | - | - |
| | | 5 | 5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 |
| 9336 * | 288 | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| | | 3 | 7 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| \bar{x} | 242 | Σ 136 | 62 | 2 | 0 | 40 | 25 | 15 |
| 9143 | ohne | 1 | 0 | 0 | 9 | - | - | - |
| 9146 | ohne | 0 | 0 | 1 | 9 | - | - | - |
| 7 Kontrollen | | 1 | 0 | 0 | 69 | - | - | - |

4. Zusammenfassung

Als Beitrag für eine bessere Beurteilung der Wirksamkeitsdauer von Holzschutzmitteln für den Anwendungsbereich unter Dach wurden im Rahmen eines Forschungsauftrages des Instituts für Bautechnik Untersuchungen an Kiefern- und Fichtenkanthölzern durchgeführt, die durch Tauchen mit Handelspräparaten behandelt und 23 bis 25 Jahre unter Dachbodenbedingungen gelagert worden waren.

Aus den Versuchsserien von jeweils 12 sägerauhen Kantholz-Abschnitten mit den Abmessungen von 8 x 8 x 40 cm und verschieden langer Tauchdauer von 15 Sekunden bis 16 Stunden wurden Serien von je 2 Fluorosilikat- (SF-), Hydrogenfluorid- (HF-) und Chrom-Fluor- (CF-) Schutzsalzen sowie einem Carbolineum mit insgesamt 180 Abschnitten für die Untersuchung gewählt. Die während des Tauchens aufgenommene Schutzmittelmenge war für jeden Kantholz-Abschnitt gravimetrisch ermittelt und etwa 4 Wochen nach dem Tauchen waren an Querschnitten die Eindringtiefen und stichprobenweise durch Fluor-Analysen die Schutzsalzmenge der Randzone bestimmt worden. Nach der Dachbodenlagerung wurden die Eindringtiefen und an Proben aus den Randzonen durch 503 Fluor-, 141 Chrom- und 27 Oel-Analysen die noch im Holz vorhandenen Schutzmittelmengen bestimmt.

Die Prüfung der vorbeugenden Wirkung gegen Insekten konnte in Anlehnung an die Norm DIN EN 46 vorgenommen werden, wobei die Hausbock-Eilarven auf der ursprünglichen Kantholz-Oberfläche von Holzproben mit normgemäßen Abmessungen angesetzt wurden. Die Prüfbedingungen und die Auswertung der Versuche an 232 Proben mit Randschutz, 35 Proben ohne Randschutz und 39 Kontrollproben entsprachen der Prüfnorm.

Für die Prüfung der Wirksamkeit gegenüber holzerstörenden Pilzen wurde ein Verfahren mit zylinderförmigen Holzproben, die einen Durchmesser von 30 mm und Länge von 20 mm hatten, entwickelt, bei dem ein Befall durch die Prüfpilze nur über die ursprüngliche Oberflächenschicht erfolgen konnte. Die Pilzversuche erfolgten in geeigneten Kunststoffbechern mit Normstämmen der DIN EN 113. Die Auswertung der untersuchten 1002 Proben mit Randschutz und 54 Proben ohne Randschutz wurde an makroskopisch erkennbaren Zerstörungen vorgenommen.

Die Ergebnisse der chemischen und biologischen Untersuchungen mit den verschiedenen Holzschutzmitteln in Kiefern- und Fichten-Kanthölzern nach 23 bis 25 Jahren Dachbodenlagerung sind für die einzelnen Versuchsserien in den Tabellen 1 a bis 14 b dargestellt.

In den Tabellen 15 und 16 sind die Ergebnisse über die vorbeugende Wirksamkeit gegenüber holzerstörenden Insekten und Pilzen aller untersuchten Holzschutzmittel zusammengefaßt worden.

Tab. 15 : Vorbeugende Wirkung verschiedener Holzschutzmittel in Kiefern- und Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung gegenüber Hausbock-Eilarven

| HSM Typ | Holz- art | mittl. Auf- nahme- menge g/m ² | Proben- anzahl | Anteil eingesetzter Eilarven (%) | | | |
|------------------|--------------|---|-------------------|----------------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|
| | | | | nicht genagt | tot an- genagt | ein- genagt | lebend ein- genagt |
| SF-A | Ki | 27,3 | 13 | 87 | 13 | 0 | 0 |
| | Fi | 23,7 | 24 | 96 | 4 | 0 | 0 |
| SF-B | Ki | 37,9 | 16 | 91 | 9 | 0 | 0 |
| | Fi | 34,0 | 24 | 86 | 14 | 0 | 0 |
| <hr/> | | | | | | | |
| BF-A | Ki | 59,5 | 13 | 73 | 9 | 18 | 0 |
| | Fi | 49,8 | 16 | 58 | 12 | 30 | 0 |
| BF-B | Ki | 38,7 | 6 | 54 | 29 | 17 | 0 |
| | Ki | 55,4 | 5 | 53 | 20 | 27 | 0 |
| | Fi | 53,2 | 6 | 81 | 6 | 13 | 0 |
| <hr/> | | | | | | | |
| CF-A | Ki | 23,7 | 22 | 40 | 36 | 24 | 0 |
| | Fi | 35,2 | 24 | 58 | 28 | 14 | 0 |
| CF-B | Ki | 50,1 | 15 | 47 | 17 | 36 | 0 |
| | Fi | 40,4 | 19 | 53 | 30 | 17 | 0 |
| <hr/> | | | | | | | |
| Carbo- lineum | Ki | 270 | 9 | 77 | 23 | 0 | 0 |
| | Fi | 242 | 20 | 68 | 31 | 1 | 0 |
| <hr/> | | | | | | | |
| ohne | Ki | - | 16 | 8 | 1 | 7 | 84 |
| | Fi | - | 19 | 4 | 1 | 1 | 94 |
| <hr/> | | | | | | | |
| Kontrollen | Ki | - | 39 | 2 | 0 | 0 | 98 |

Tab. 16 : Vorbeugende Wirksamkeit verschiedener Holzschutzmittel in Kiefern- und Fichtenholz nach 23-25jähriger Dachbodenlagerung gegenüber holzzerstörenden Pilzen

| HSM Typ | Holz- art | Tauch- dauer | mittl. Auf- nahme- menge g/m ² | Proben- anzahl | Anteil der Proben (%) | | |
|------------------|--------------|-----------------|---|-------------------|-----------------------|---------|--------|
| | | | | | ohne | geringe | starke |
| | | | | | Zerstörungen | | |
| SF-A | Ki | 15 s | 27,3 | 49 | 8 | 31 | 61 |
| | Fi | 15 s | 23,7 | 113 | 4 | 41 | 55 |
| SF-B | Ki | 15 min | 37,9 | 66 | 21 | 26 | 53 |
| | Fi | 30 min | 34,0 | 96 | 25 | 27 | 48 |
| ----- | | | | | ----- | | |
| BF-B | Ki | 30 min | 38,7 | 61 | 52 | 10 | 38 |
| | Ki | 2 h | 55,4 | 77 | 66 | 5 | 29 |
| | Fi | 2 h | 53,2 | 96 | 70 | 18 | 12 |
| ----- | | | | | ----- | | |
| CF-A | Ki | 15 s | 23,7 | 76 | 39 | 24 | 37 |
| | Fi | 15 min | 35,2 | 89 | 60 | 20 | 20 |
| CF-B | Ki | 2 h | 50,1 | 70 | 84 | 16 | 0 |
| | Fi | 2 h | 40,4 | 91 | 78 | 12 | 10 |
| ----- | | | | | ----- | | |
| Carbo- lineum | Ki | 15 s | 270 | 38 | 84 | 16 | 0 |
| | Fi | 15 s - 2 h | 242 | 80 | 50 | 31 | 19 |

Die chemischen Analysen haben nach der Dachbodenlagerung in den Hölzern mit den SF-Salzen und dem BF-Salz B deutlich größere Eindringtiefen als 4 Wochen nach dem Tauchen ergeben. Im Gegensatz dazu waren die Eindringtiefen bei den Präparaten BF-Salz A und CF-Salz A, die beide Kaliumhydrogenfluorid enthielten, deutlich kleiner. Ob und in welchem Umfang ihr abweichendes Verhalten auf eine stärkere Fluorwasserstoff-Abgabe zurückzuführen ist, kann nicht beurteilt werden.

Erwartungsgemäß war bei den untersuchten Präparaten eine Abnahme des Schutzmittel-Gehaltes festzustellen, die in Abhängigkeit vom Schutzmittel-Typ verschieden groß war. Bezogen auf die beim Tauchen aufgenommene Menge wurden nach der Dachbodenlagerung noch etwa 35 % bei den SF-Salzen, 25 % bei den BF-Salzen und 65 % bei den CF-Salzen gefunden. Die Abnahmen können zumindest bei den Kiefernholzern um etwa 10 % höher angenommen werden, da ihr Splintholz beim Tauchen mehr Tränklösung als gravimetrisch ermittelt aufnimmt, wie es die Ergebnisse mit dem SF-Salz B und BF-Salz B erkennen lassen. Demgegenüber sind die Unterschiede von etwa 18 % zwischen den Werten nach Fluor- und Chrom-Analysen bei dem CF-Salz A sehr wahrscheinlich auf eine größere Affinität der Chrom-Anteile zur Holzfaser zurückzuführen.

Die mit dem Carbolineum gewonnenen Ergebnisse zeigen sehr deutlich die Bedeutung der holzanatomisch bedingten Wegsamkeit und der von ihr abhängigen Tiefenverteilung der eingebrachten Schutzmittel auf den Schutzerfolg und seine Dauer. Während nach der 24jährigen Dachbodenlagerung im Kiefern-splintholz bei einer mittleren Eindringtiefe von 4,4 mm noch 64 % der aufgenommenen Menge bestimmt wurden, waren es im Fichtenholz bei Eindringtiefen von etwa 0,5 mm nur noch 11 %.

Mit den durchgeführten Prüfungen mit Hausbock-Eilarven konnte eine vorbeugende Wirkung des durch Tauchen in Kiefern- und Fichtenkanthölzern erzielten Randschutzes für alle untersuchten Schutzsalz-Typen mit mittleren Einbringmengen ab 24 g/m² sowie ab 240 g/m² Carbolineum für die Dauer von mindest 25 Jahren nachgewiesen werden.

Bei den BF-Salzen und den leichtlöslichen CF-Salzen war jedoch eine Schutzstoff-Verarmung in den oberflächennahen Holzschichten bemerkbar, die sich durch das häufige Einnagen der Eilarven in die Oberflächenschicht vor ihrem Absterben zeigte.

Die Holzproben ohne Schutzstoffe, die unter der Randschutzzone ab etwa 20 mm Tiefe entnommen worden waren, zeigten die gleiche Befallbarkeit wie die frischen Kontrollproben.

Gegenüber holzerstörenden Pilzen (Basidiomyceten) war nach 23- bis 25-jähriger Dachbodenlagerung eine ausreichende Wirksamkeit nur bei CF-Salzen mit Einbringmengen von 50 g/m² sowie bei 270 g/m² Carbolineum in Kiefernholzern festzustellen. Bei kleineren Aufnahmemengen von SF- und CF-Salzen und auch bei 55 g/m² von BF-Salzen reichen die noch in den Randzonen vorhandenen Schutzsalze nicht für einen Schutz gegen Pilze aus. Das gilt ebenso für 240 g/m² Carbolineum in Fichtenholz.

Eine vorbeugende Schutzbehandlung des unter Dach zu verwendenden Holzes gegen holzerstörende Pilze und die angestrebte lange Wirksamkeitsdauer erfordern - bei einer Anwendung durch Tauchen oder vergleichbare Tränkverfahren - Einbringmengen von mindest 60 g/m² bei SF- und BF-Schutzsalzen sowie 50 g/m² bei CF-Schutzsalzen.

Die mit dem Carbolineum-Präparat erzielten Ergebnisse können nicht auf andere ölige oder lösemittelhaltige Holzschutzmittel übertragen werden. Sie geben jedoch Anlaß für eine Prüfung ihres Langzeitverhaltens besonders bei der Anwendung für den dauerhaften Schutz von Fichtenholz.

M. Gunde
31.01.90

Schrifttum

- Becker, G. 1961: Wirksamkeit einiger Kontaktinsektizide gegen Hausbock-Ei-larven und Anobien-Larven nach zehnjähriger Lagerung des behandelten Holzes. Holz-Zbl. 87, p.2379-2380
- 1964: Wirksamkeit von Schutzmitteln gegen holzerstörende Käfer und ihre Beständigkeit. Anz.Schädlingskde. 37, p.177-183
 - 1972: Vereinheitlichung von Freilandversuchen mit Holzstäben. Holz-Zbl. 98, p.314
 - und W. Berghoff 1968: Fluorwasserstoff-Abgabe verschiedener Hydrogenfluorid-Präparate aus Kiefern- und Fichten-Bauholz zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Holz als Roh-u.Werkst. 26, p.328-335
- DIN Deutsches Institut für Normung 1956: Holzschutz im Hochbau. DIN 68 800 Sept.1956, 7 pp.
- 1972: Prüfung von Holzschutzmitteln; Bestimmung der vorbeugenden Wirkung von Holzschutzmitteln ; Prüfung mit holzerstörenden Basidiomyceten nach dem Klötzchen-Verfahren in Kolleschalen. DIN 52 176, Sept.1972, 4 pp.
 - 1977: Holzschutzmittel; Bestimmung der vorbeugenden Wirkung gegenüber Eilarven von *Hylotrupes bajulus* (Linnaeus). DIN EN 46, Feb.1977, 9 pp.
 - 1979: Prüfung von Holzschutzmitteln; Nachweis von Holzschutzmitteln im Holz; Bestimmung der Menge von fluorhaltigen Holzschutzmitteln. DIN 52 161, Teil 4, Juli 1979, 4 pp.
 - 1979: Prüfung von Holzschutzmitteln; Nachweis von Holzschutzmitteln im Holz; Bestimmung der Eindringtiefe von fluoridhaltigen Holzschutzmitteln. DIN 52 161, Teil 3, Aug.1979, 1 pp.
 - 1981: Holzschutz im Hochbau; Vorbeugender chemischer Schutz von Vollholz. DIN 68 800, Teil 3, 8 pp.
 - 1985: Prüfung von Holzschutzmitteln; Nachweis von Holzschutzmitteln im Holz; Bestimmung des Gehaltes von kupfer- und chromhaltigen Holzschutzmitteln. DIN 52 161, Teil 7, Sept.1985, 3 pp.
 - 1986: Prüfung von Holzschutzmitteln; Bestimmung der Grenze der Wirksamkeit gegenüber holzerstörenden Basidiomyceten, die auf Agar gezüchtet werden. DIN EN 113, Feb.1986, 15 pp.
 - 1986: Holzschutzmittel; Freiland-Prüfverfahren zur Bestimmung der relativen Schutzwirkung eines Holzschutzmittels im Erdkontakt. DIN EN 252, Entwurf Nov.1986, 20 pp.
 - 1989: Prüfung von Holzschutzmitteln; Laboratoriumsverfahren zur Bestimmung der vorbeugenden Wirksamkeit einer Schutzbehandlung von verarbeitetem Holz gegen Bläuepilze. DIN EN 152,

Gersonde, M. 1967: Erprobung der Wirkungskdauer von Schutzmitteln für Bauholz im Schwammkeller-Versuch. Mater.u.Organ. 2, p.249-261

- 1973: Untersuchungen über das Tränken von Bauholz durch Kurztauchen, Tauchen und Trogtränken. Wiss.Ber.Bundesanst.Materialprüfg. (BAM) Berlin, p.365-368

Institut für Bautechnik (IfBt) 1983: Prüfgrundsätze für die Zuteilung eines Prüfzeichens für Holzschutzmittel. Mitt.Inst.f.Bautech. 14, p.120-129

Kerner-Gang, W. 1984: Prüfung des Schutzes von Holzspanplatten gegen holzerstörende Basidiomyceten im Laborverfahren. Holz-Zbl. 33, p.509-511

Körting, A. 1960: Neue Erkenntnisse über die vorbeugende insektizide Dauerwirkung verschiedener Holzschutzmittel. Nachr.-Bl.Dt.Pflanzenschutzdienst 12, p.115-119

- 1962: Ergänzende Untersuchungen über die Dauer der vorbeugenden Wirkung einiger Holzschutzmittel gegen den Hausbockkäfer (*Hylotrupes bajulus* L.). Nachr.-Bl.Dt.Pflanzenschutzdienst 14, p.170-173
- 1965: Erfolgssicherheit der Hausbockbekämpfung und Wirkungskdauer vorbeugender Maßnahmen. Bauwelt 56, p.194
- 1978: Zur Frage der Dauerwirkung chemischer Holzschutzmaßnahmen. Prakt. Schädlingsbekämpfer 30, p.129-131

Investigations on the permanence of wood preservatives in building timber under roof

When judging the suitability of a wood preservative and passing an approval mark ("Prüfzeichen") the permanence of its biological effectiveness in the treated wood is the decisive factor. Within the framework of a research project sponsored by the Institut für Bautechnik pine and spruce scantlings were dip-treated in commercial preservative formulations and then stored for about 25 years in a loft. Subsequently the residual preventive effectiveness of the preservatives was examined.

The determination of the depth of penetration of the preservatives and their residual quantities as well as the tests of the preventive effectiveness against insect attack were made according to standardised methods of test. For the determination of the fungicidal effectiveness a method was developed in which the test fungi could attack the wood only via the original surface layer of the dipped wood.

After a 25-year storage period in a loft the residual quantities of preservatives applied by dipping were as follows: fluorosilicates 35 %, hydrogen fluorides 25 %, easily-soluble chromium-fluoride preservatives 65 %, coal tar formulation in pine 64 % and in spruce 11 %.

Tests with newly hatched *Hylotrupes* larvae revealed a preventive effectiveness against insects for at least 25 years of all salt formulations at minimum loadings of 25 g/m² and of coal tar at 240 g/m².

After 25 years only easily soluble chromium-fluorine salts with minimum loadings of 50 g/m² and coal tar with a loading of 270 g/m² proved to be sufficiently effective to prevent fungal attack in pine wood. With fluorosilicates and hydrogen fluorides loadings of 55 g/m² and 240 g/m² of coal tar in spruce wood were no longer sufficient to prevent decay after 25 years.

Investigations sur l'efficacité de produits de préservation du bois de construction sous toit

En évaluant l'aptitude d'un produit de préservation du bois et en délivrant une marque d'essai ("Prüfzeichen") la durabilité de son efficacité biologique dans le bois traité a une importance décisive. Dans le cadre d'un projet de recherche de l'Institut für Bautechnik on a examiné l'efficacité restante de produits commerciaux avec lesquels on avait traité des bois équarris de pin et d'épicéa par trempage et qu'on avait stockés sous toit pendant 25 années.

La détermination de la profondeur des produits de préservation ainsi que les quantités retrouvées et les essais de l'efficacité préventive contre l'attaque des insectes ont été faits selon des méthodes normalisées. Pour la détermination de l'efficacité fongicide une nouvelle méthode a été développée dans laquelle des souches des champignons normalisées pouvaient seulement attaquer la surface du bois trempé.

Après un stockage de 25 années sou toit les quantités retrouvées des flurorosilicates furent 35 %, des fluorides d'hydrogène 25 % et des sels à base de chrome-fluor 65 % et d'un carbolinéum en pin encore 64 % et en épicéa 11 %.

Les essais avec les larves néonates du capricorne des maison ont montré une efficacité préventive de tous les sels avec des quantités minimum appliquées de 25 g/m² et du carbolinéum à une quantité minimum de 240 g/m² contre l'attaque des insectes pour une durée d'au moins de 25 années.

Une efficacité suffisante contre les champignons lignivores fut seulement fournie par des sels à base de chrome-fluor facilement solubles à des quantités appliquées minimums de 50 g/m² et par le carbolinéum à une quantité minimum de 270 g/m² en pin. Les sels fluorosilicates et les fluorides d'hydrogène ne protégeaient plus le bois d'épicéa contre l'attaque des champignons après un stockage de 25 années sous toit à des quantités appliquées de 55 g/m² ainsi que le carbolinéum à une quantité de 240 g/m².