

Laborverfahren für die Prüfung der Tränkbarkeit von Holzarten

T 2551

T 2551

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 reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen 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

ABSCHLUSSBERICHT

zum

Forschungsvorhaben F-92/1; BFH Az.: 213.4.9.49 "Tränkung"

Laborverfahren für die Prüfung der Tränkbarkeit von Holzarten

Zuwendungsempfänger und ausführende Forschungsstelle

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
Institut für Holzbiologie und Holzschutz
Leuschnerstraße 91
21031 Hamburg

Leiter des Zuwendungsempfängers

Prof. Dr. C. Thoroé

Verantwortlicher Leiter des FE-Vorhabens

Dr. R.-D. Peek
Wiss. Direktor

Wissenschaftlicher Bearbeiter

Dipl.-Ing. Diplomholzwirt A. Rapp

Begleitende wissenschaftliche Arbeitsgruppe

Dr. H. Bellmann, Dr. H. M. Illner, Dr. M. Schneider

IM AUFTRAG VON

Institut für Bautechnik (IfBt), Berlin, über die
Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V., DGfH

September 1993

INHALTSVERZEICHNIS

0.	EINLEITUNG	3
1.	LITERATURAUSWERTUNG	3
2.	PRÜFMETHODE	5
2.1.	Holzarten	5
2.2.	Probenahme.....	5
2.3.	Herstellung und Form der Prüfkörper.....	6
2.4.	Tränklösungen.....	7
2.5.	Tränkverfahren.....	7
2.6.	Bestimmung der Tränkmittelaufnahme.....	8
2.7.	Bestimmung der Eindringtiefe des Tränkmittels.....	8
2.8.	Auswertung	9
2.9.	Klassifizierung	10
3.	ERLÄUTERUNGEN	11
3.1.	Holzarten	11
3.2.	Probenahme.....	11
3.3.	Herstellung und Form der Prüfkörper.....	11
3.4.	Tränklösungen.....	15
3.5.	Tränkverfahren.....	16
3.6.	Bestimmung der Tränkmittelaufnahme.....	17
3.7.	Bestimmung der Eindringtiefe	18
3.8.	Auswertung	19
3.9.	Klassifizierung	20
4.	ZUSAMMENFASSUNG	24
5.	LITERATUR.....	26
6.	ANHANG	30

0. EINLEITUNG

Kenntnisse über die Tränkbarkeit von Holzarten sind Voraussetzung für die Planung und Durchführung von Maßnahmen zum chemischen Schutz des Holzes. Die vorliegenden Literaturangaben zur Tränkbarkeit von in Deutschland vermarkteten Handelsholzarten, die im Bauwesen nach DIN 1052 eingesetzt werden können, sind uneinheitlich. Die in europäischen Normen über die Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten (EN 460, 1992 und EN 350-2, 1992) enthaltenen Angaben zur Tränkbarkeit von 127 Holzarten sind bisher empirische Werte und Literaturangaben, die nicht mit einem einheitlichen Prüfverfahren gewonnen wurden bzw. abgesichert sind.

Die Erarbeitung einer Methode zur Prüfung und Klassifizierung der Tränkbarkeit von Holzarten soll diese bestehende Lücke schließen und künftig als Standardverfahren zur vergleichenden Beurteilung der Tränkbarkeit von Holzarten dienen.

1. LITERATURAUSWERTUNG

Durchflußmessungen

Die Permeabilität des Holzes wurde in einer Reihe von Arbeiten mit Gasdurchflußmessungen untersucht, um aus den Ergebnissen mathematisch-physikalische Modelle zur Bewegung von Gasen und Flüssigkeiten im Holz abzuleiten, bzw. Rückschlüsse auf die Tränkbarkeit von Holzarten zu ziehen (z.B. BURO und BURO, 1959; COMSTOCK, 1967; SIAU, 1976; POLACZEK, 1980; SIAU, 1984; LEHMANN, 1988; POLACZEK, 1993; MILITZ und HOMAN, 1993). Insbesondere jüngere Untersuchungen ergaben jedoch, daß die gemessene Luftdurchlässigkeit von Proben keine Rückschlüsse auf deren Tränkbarkeit mit wäßrigen Holzschutzmitteln im Druckverfahren zulassen (PENDLEBURY et al., 1991; STEFFEN, 1991; MILITZ, 1990; MILITZ, 1993).

Mikroanalyseverfahren

Mit größerer Verbreitung der Elektronenmikroskopie und anderer Mikroanalyseverfahren haben TEM- und REM-Untersuchungen, REM-EDXS-Analysen (GREAVES, 1972; DICKINSON, 1974; GREAVES, 1974; GREAVES, 1977; PETERS, 1978; SMULSKI und CÔTÉ, 1984; REIMAO und PALACIOS, 1990; PENDLEBURY et al., 1991) sowie LAMMA-Untersuchungen (KLEIN und BAUCH, 1981) zu Prüfung der Mikroverteilung, Eindringtiefen und Eindringwege von Holzschutzmitteln Anwendung gefunden. Trotz der dabei gewonnenen, wissenschaftlich teilweise grundlegenden Erkenntnisse, bleibt festzustellen, daß solche Mikrountersuchungsmethoden aufgrund des hohen präparativen Aufwands nicht zur vergleichenden Beurteilung der Tränkbarkeit von Holzarten dienen können.

Verfahren zur Prüfung der Aufnahme

PENDLEBURY und PETTY (1992) entwickelten ein Verfahren zur exakten Beobachtung des zeitlichen Verlaufs der Tränkmittelaufnahme, das zur holartenspezifischen Optimierung von Tränkdiagrammen geeignet ist, jedoch wegen fehlender Aussagen über Eindringtiefen weniger zur Beurteilung der Tränkbarkeit von Holzarten herangezogen werden kann. Auch die im Anhang der Malaiischen Norm zur Trängung von Holz (MS 360, 1984) beschriebene Klassifizierung nach Tränkbarkeit bezieht sich auf Aufnahmemengen und steht damit im Widerspruch zur Europäischen Auffassung der Tränkbarkeit.

Verfahren zur Prüfung von Aufnahme und Eindringtiefe

Ein von der IUFRO (1975) erarbeiteter Vorschlag zur Bestimmung der Tränkbarkeit von bisher unbekanntem Holzarten beschreibt zwar Tränkbedingungen, ist jedoch mit einem Probenquerschnitt von 5 x 5 cm² überwiegend auf die Prüfung von Kernholz tropischer Laubholzarten zugeschnitten. Für europäische Verhältnisse sind solche Probeabmessungen aus dem meist schmalen Splintholz im Regelfall nicht zu gewinnen. BELL-MANN (1953) entwickelte zur praxisnahen Prüfung des Eindringvermögens von Flüssigkeiten in Holz eine Spezialtränkanlage, mit der auch kleinere Splintholzproben in allen drei anatomischen Holzrichtungen geprüft werden konnten. Hauptnachteil dieses Prüfverfahrens war ein

relativ hoher zeitlicher Aufwand, da nicht gleichzeitig mehrere Proben prüfbar waren.

Ausgangspunkt und Ziel der durchgeführten F+E-Arbeiten war es, die Vorteile der beiden letztgenannten Untersuchungsmethoden unter Ausschluß ihrer Nachteile zur Prüfung und Klassifizierung der Tränkbarkeit von Holzarten zu vereinen.

2. PRÜFMETHODE

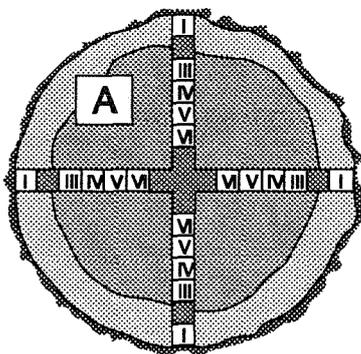
Nachfolgend wird die erarbeitete Prüfmethode in Form einer knappen Anleitung als Ergebnis der in Einzelprüfreihe durchgeführten Optimierung der Verfahrensparameter beschrieben.

2.1. Holzarten

Splint- und Kernholz jeder beliebigen Holzart können geprüft werden.

2.2. Probenahme

Das Material soll aus unterschiedlichen Stammhöhen von mindestens fünf Bäumen (A, B, C, D, E) stammen, die botanisch als die gleiche Art bestimmt worden sind. Es werden 2 m lange Abschnitte abgelängt, und



das Splintholz, soweit erkennbar, an den Hirnenden gekennzeichnet. Aus jedem Abschnitt werden kreuzweise zwei 30 mm dicke Mittelbretter entnommen, aus denen 30 mm breite Stäbe faserparallel geschnitten werden und nach wachsender Entfernung zum Kamium mit steigenden römischen Ziffern (I, II, III, ...) bezeichnet (vergl. Abb. 1)

Abb. 1: Probenahme. Kennzeichnung nach Probenlage

Die einzelnen 2 m langen Stäbe werden in der Mitte auf 1m Länge geteilt und nummeriert. Nach Trocknung auf eine Holzfeuchte von ca. 12%

werden die Stäbe auf den endgültigen Probenquerschnitt von 20 x 20 mm² ausgehobelt und wie in Abb. 2 dargestellt auf Länge geschnitten. Dabei entstehen pro Stab in axialer Folge Radial- (R), Tangential- (T) und Axialproben (A).

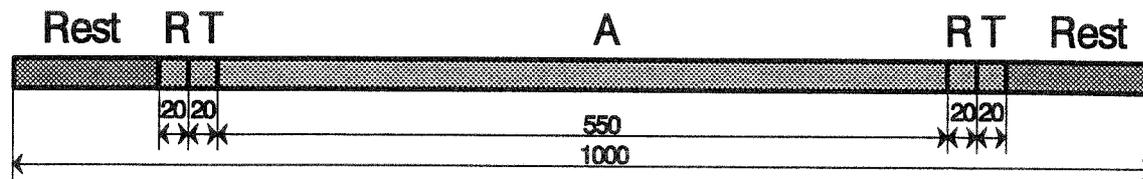


Abb. 2 Herstellung der Proben aus den getrockneten Stäben mit 20 x 20 mm² Querschnitt.

2.3. Herstellung und Form der Prüfkörper

Materialien für die Abdichtung

Für die Untersuchung der Tränkbarkeit in jeweils einer der drei anatomischen Richtungen des Holzes werden die Prüfkörper 5-seitig abgedichtet. Hierfür eignen sich insbesondere die in Anhang 2 bezeichneten Kunstharze auf Epoxid- bzw. Polyurethanbasis. Zur Überprüfung einer möglichen Harzeindringung und der damit verbundenen Verringerung des tränkbaren Probenquerschnitts können die farblosen Harze mit 0,5% des fett- und harzlöslichen Farbstoffs SUDAN IV leuchtend rot angemischt werden.

Prüfkörper zur Trängung in radialer / tangentialer Richtung

Aus den würfelförmigen Proben R und T (vergl. Abb. 2) werden 5-seitig geschlossene Prüfkörper hergestellt, indem die Proben in eingefärbtes Epoxidharz getaucht und auf Polyethylenfolie mit einer Hirnseite nach unten abgestellt werden. Nach 24 Stunden werden die Proben, die durch herabgelaufenes, ausgehärtetes Harz eine handliche Einheit bilden (vergl. Foto Anhang 3.1) von der Polyethylenfolie problemlos abgehoben. Mit einem Pinsel werden die Proben nochmals allseitig reichlich mit Epoxidharz eingestrichen und mit der gegenüberliegenden Stirnseite nach unten auf der Polyethylenfolie abgelegt. Am folgenden Tag wird die Probeneinheit an einer Bandsäge zersägt, wobei zunächst

allseitig harzummantelte Einzelproben entstehen, an denen die zu tränkenden Flächen freigeschnitten werden. Der Schnitt ist so zu führen, daß die Harzschicht plus ca. 1 mm Holz entfernt werden.

Prüfkörper zur Tränkung in axialer Richtung

Die stabförmigen Proben A mit 20 x 20 mm² Querschnitt und einer Länge von 550 mm werden innerhalb von 24 Stunden 2 mal allseitig

- mit Epoxidharz bestrichen und auf Polyethylenfolie abgelegt, oder mit
- Polyurethanharz bestrichen und an Bindfäden zum Trocknen aufgehängt, da das Polyurethanharz, im Gegensatz zum Epoxidharz, auf Polyethylenfolie haftet.

Das Freischneiden der Hirnenden erfolgt nach weiteren 24 Stunden mit einer Kreissäge, wobei die 550 mm langen Stäbe einseitig um 50 mm auf 500 mm gekürzt werden.

2.4. Tränklösungen

Die Tränkungen sollten mit zwei praxisüblichen Holzschutzmitteln unterschiedlicher Charakteristik (beispielsweise einem chromathaltigen und einem chromatfreien, fixierenden Holzschutzmittel) durchgeführt werden. Die Bewertung der Tränkbarkeit erfolgt unter genauer Angabe des zur Prüfung verwendeten Holzschutzmittels nach Hersteller, Produktbezeichnung, Charge und Rezeptur (vergl. Anhang 4).

Für jede Prüfung wird die Tränklösung frisch angesetzt. Unterschiedliche Holzarten dürfen nicht mit derselben Tränklösung geprüft werden. Sollen unterschiedliche Holzarten in derselben Kesselcharge geprüft werden, so ist für jede Holzart eine eigene Wanne in den Kessel einzustellen.

2.5. Tränkverfahren

Tränkvorrichtungen

Zur Tränkung der Prüfkörper ist eine Tränkvorrichtung erforderlich, die folgende Bedingungen erlaubt:

- Fluten während eines konstanten Vorvakuums von $6,7 \times 10^4$ Pa,
- konstanten Tränkdruck von 8×10^5 Pa (8 bar absolut) und
- Nachvakuum von $6,7 \times 10^4$ Pa

Zur Reduzierung der erforderlichen Tränkmittelmenge können Wannen in den Tränkkessel eingestellt werden, sofern diese das Fluten während des Vorvakuums gestatten.

Vorvakuum

Dem Vorschlag der IUFRO (1975) folgend, wird ein 15-minütiges Vorvakuum von $6,7 \times 10^4$ Pa (0,67 bar absolut) angewendet.

Fluten

Während des Flutens bleibt die Vakuumpumpe in Betrieb und hält dadurch die Verhältnisse im Tränkkessel konstant.

Druckphase

Der Tränkdruck beträgt 8×10^5 Pa (8 bar absolut). Die Tränkzeit beträgt im Normalfall 4 Stunden. Sollte die Probe danach vollständig durchtränkt sein, so ist die Prüfung mit neuem Probenmaterial bei 15 Minuten Tränkzeit unter sonst gleichen Bedingungen zu wiederholen.

Nachvakuum

Dem Vorschlag der IUFRO (1975) folgend, wird ein 15-minütiges Nachvakuum von $6,7 \times 10^4$ Pa (0,67 bar absolut) angewendet.

2.6. Bestimmung der Tränkmittelaufnahme

Unmittelbar vor und nach der Tränkung werden die oberflächlich abgetupften Prüfkörper einzeln auf 0,01 Gramm genau gewogen.

2.7. Bestimmung der Eindringtiefe des Tränkmittels

Lagerung

Die Prüfkörper werden 6 Wochen bei einer Raumtemperatur von ca. 20° C zur Trocknung gelagert, um ein Verschmieren der Trennflächen beim anschließenden Auftrennen zu vermeiden.

Auftrennen der Prüfkörper

Durch einen Kreissägeschnitt werden Radial- und Tangentialprüfkörper senkrecht zur Tränkfläche getrennt, daß zwei Hirnholzchnittflächen entstehen. Axialprüfkörper werden senkrecht zur Tränkfläche getrennt, daß Radialschnittflächen entstehen.

Messung der Eindringtiefe

Nach dem Sichtbarmachen der eingedrungenen Tränkmittel durch Besprühen der Schnittflächen mit geeigneten Reagentien (THEDEN und KOTTLORS, 1965), werden gemäß Abb. 3 folgende Eindringtiefen auf 0,1 mm genau gemessen:

- an Radial- und Tangentialproben die Eindringtiefe t_{50} ,
- an Axialproben die Eindringtiefe t_{100} ,

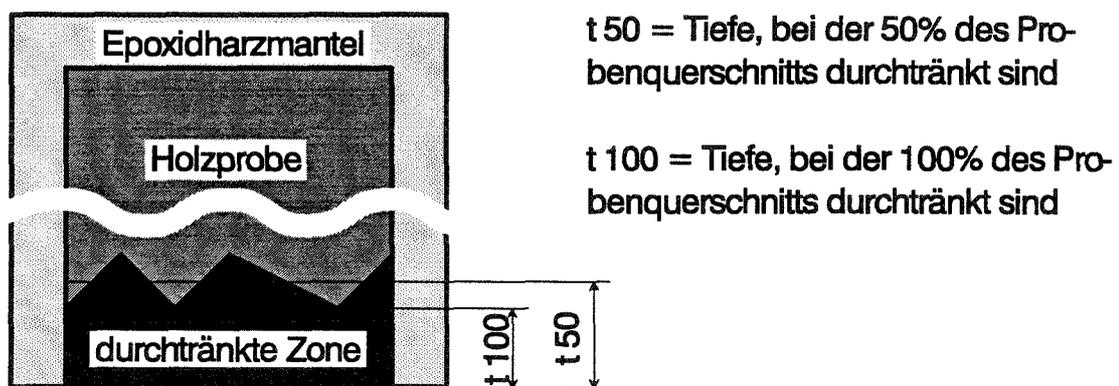


Abb. 3: Skizze zur Messung der Eindringtiefen t_{50} und t_{100} .

2.8. Auswertung

Die Auswertung von Tränkmittelaufnahme und -eindringtiefe erfolgt unter Verwendung von Formblättern (vergl. Anhang 5 und 6), getrennt nach Eindringrichtung (Probenbezeichnung: R, T, A) und Probenlage (Probenbezeichnung: I, II, III,...). Soweit Kern- und Splintholz unterscheidbar sind, werden die Ergebnisse entsprechender Probengruppen (I, II, III,...) jeweils für Splint- und Kernholz zusammengefaßt.

Eindringtiefen bei 15 Minuten Tränkzeit werden durch Multiplikation mit einem Faktor 2,7 auf 4 Stunden Tränkzeit normiert.

Für oben bezeichnete Probengruppen werden jeweils Mittelwert, Minimalwert, Maximalwert, Standardabweichung und Probenanzahl berechnet.

2.9. Klassifizierung

Zur Klassifizierung der Tränkbarkeit einer Holzart wird die für 4 h Tränkzeit gemessene bzw. normierte radiale, tangentielle und axiale Eindringtiefe zu dem Maß der **berechneten Tränkbarkeit** = t_b mit der Einheit mm zusammengefaßt:

$$t_b = (t_{50 \text{ radial}} + t_{50 \text{ tang.}}) \cdot 0,5 + t_{100 \text{ axial}} \cdot 0,05$$

t_b ist ein Maß für die Tränkbarkeit einer Holzart; je größer t_b , desto besser die Tränkbarkeit.

Die Zuordnung einer Holzart zu einer von vier Tränkbarkeitsklassen erfolgt durch Vergleich des ermittelten t_b -Wertes mit vorgegebenen Klassengrenzen im Maß t_b .

3. ERLÄUTERUNGEN

Die Grundlagen für das unter 2. beschriebene Prüfverfahren wurden in zahlreichen Versuchsreihen an insgesamt 1666 Prüfkörpern erarbeitet. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse der Versuche als Erläuterung zum vorgestellten Prüfverfahren beschrieben.

3.1. Holzarten

Das Prüfverfahren wurde universel ausgelegt, so daß die in Anhang 1 aufgeführten Holzarten mit einer gemäß EN 350-2 besonders breit gefächerten Tränkbarkeit gleichermaßen geprüft werden konnten.

3.2. Probenahme

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war die Optimierung von Tränkparametern für ein Prüfverfahren. Dies erfolgte an Probenmaterial mit möglichst ähnlichen Eigenschaften durch eine entsprechende Probenahme. Hingegen ist für die Klassifizierung von Holzarten nach Tränkbarkeitsklassen ein Probenmaterial mit möglichst unterschiedlichen Eigenschaften erforderlich, um die gesamte Streubreite innerhalb einer Holzart zu erfassen. Die Vorschläge der IUFRO (1975) hierzu werden als geeignet und übertragbar erachtet. Daher wurde die Art der Probenahme aus dem von IUFRO (1975) vorgeschlagenen Verfahren zur Beurteilung der Tränkbarkeit von Holzarten in weiten Teilen übernommen.

3.3. Herstellung und Form der Prüfkörper

Arbeitsaufwand

Die Prüfkörper wurden 5-seitig mit Epoxidharz abgedichtet. Der hierfür zusätzlich erforderliche Aufwand bleibt infolge der entwickelten, rationalen Herstellungsverfahren (Vergl. Foto Anhang 3.1) mit ca. 5% des gesamten zeitlichen Aufwands in einem vertretbaren Rahmen. Dies haben

zahlreiche Versuche gezeigt, bei denen für die Abdichtung von je 100 Prüfkörpern ca. 6 Stunden benötigt wurden.

Dichtigkeit der Harzummantelung

Das eingesetzte Epoxidharz dichtete Radial- und Tangentialproben mit hoher Zuverlässigkeit ab. Defekte der Abdichtungen traten nur selten auf und waren größtenteils auf Fehler im Umgang mit den Proben zurückzuführen. Aus allen Radial- und Tangentialprüfkörpern gemittelt, lag die Ausfallquote durch Beschädigung der Abdichtung bei 2%. BREYNE (1991) bestätigt, daß mit dem gleichen Harz sogar Proben mit Holzfeuchten über Fasersättigung sicher abdichtet werden können.

Bei Axialproben aus Buche traten öfter Risse im Harzmantel an den Längsflächen parallel zur Faser auf, wobei ca. 50% der mit Epoxidharz abgedichteten Buche Axialproben betroffen waren, jedoch nur 25% der mit dem elastischeren Polyurethanharz abgedichteten Buche Axialproben. Trotz dieser Risse wurde die Meßbarkeit der axialen Eindringtiefe kaum beeinträchtigt. Da über die Risse meist nur geringe laterale Eindringung erfolgte, die leicht von der flächig ausgedehnten axialen Eindringung zu unterscheiden war. An den Axialproben der übrigen Holzarten traten nur in Einzelfällen Risse auf, welche die Auswertung der Eindringtiefe ebenfalls nicht beeinträchtigten.

Eindringen von Harz

Das Einfärben der Abdichtmittel mit Sudan IV zeigte bei makroskopischer und mikroskopischer Untersuchung, daß die Harzeindringung in radialer und tangentialer Richtung bei allen geprüften Holzarten unter 0,2 mm lag und damit ohne Einfluß auf das Tränkergebnis war. In axialer Richtung drang das Abdichtmittel jedoch meist 1 mm tief ins Holz ein, in seltenen Extremfällen sogar 3-4 mm (vergl. Foto Anhang 3.2). Bei derart starker Harzeindringung in axialer Richtung ist der tränkbarer Querschnitt von Radial- und Tangentialprüfkörpern nicht mehr exakt definiert. Dennoch wird darauf verzichtet, die gemessene Flüssigkeitsaufnahme auf den harzverengten, effektiv tränkbarer Querschnitt zu beziehen, da erhebliche Fehler bei der Ermittlung dieses Querschnitts zu erwarten sind. Für die Ermittlung der Tränkmittelseindringtiefe ist am Rand eingedrungenes Harz ohnehin bedeutungslos.

Durch die überwiegend erfolgreiche Abdichtungsmethode kann auf den Einsatz einer aufwendigen Spezialtränkanlage, wie sie beispielsweise von BELLMANN (1953) zur praxisnahen Prüfung des Eindringvermögens von Flüssigkeiten in Holz konstruiert wurde, verzichtet werden. Als Folge davon wird eine breitere Akzeptanz des neuen Prüfverfahrens erwartet, das von allen einschlägigen Instituten mit einer vorhandenen Labor-Tränkanlage durchführbar ist.

Notwendigkeit einer Entlüftung des Prüfkörpers

Bei der Tränkung von Rund- und Schnittholz steht dem durchtränkten Teil des Querschnitts meist ein größerer nicht durchtränkter Teil gegenüber, in den die vom Tränkmittel verdrängte Luft zurückweichen kann. Es wurde deshalb geprüft, ob bei einer kleinen 5-seitig abgedichteten Probe die komprimierte Luft ein tieferes Eindringen des Tränkmittels erschwert, bzw. sogar verhindert.

An 240 Proben (80 Proben mit, 80 ohne Entlüftung und 80 Proben mit Vorvakuumbehandlung) war für unterschiedliche Holzarten und Holzrichtungen kein signifikanter Unterschied der Eindringtiefe zwischen Proben mit und ohne Entlüftung festzustellen. Die Ergebnisse des Vergleichs von:

- Prüfkörpern mit Entlüftung (Abkürzung E),
 - Prüfkörpern mit Vorvakuumbehandlung (Abkürzung V),
 - Prüfkörpern ohne Entlüftung und ohne Vorvakuum (Abkürzung O),
- sind Anhang 7 graphisch dargestellt.

Foto Anhang 3.3 zeigt, daß sogar kurze Axialprüfkörper vom Tränkmittel restlos durchdrungen werden, unabhängig davon, ob die Luft entweichen kann oder nicht.

Aufgrund der eindeutigen Ergebnisse wird auf wesentlich aufwendiger herzustellenden Prüfkörper mit Entlüftung zugunsten der rationell zu bereitenden 5-seitig abgedichteten Probekörper verzichtet.

Einfluß von Faserabweichungen

Obwohl auf faserparallele Probenahme geachtet wird (vergl. 2.2), kann durch Faserabweichungen das Tränkergebnis folgendermaßen beeinflusst werden.

- Faserabweichungen bei 5-seitig abgedichteten Axialproben verringern die Tränkmittelaufnahme, da die besser leitenden axialen Wege teilweise früh in der Abdichtung enden (vergl. Fotos Anhang 3.4 und 3.9).
- Faserabweichungen bei 5-seitig abgedichteten Radial- und Tangentialproben erhöhen die Tränkmittelaufnahme, da anteilig Hirnholz vorhanden ist, über dessen besser leitende axiale Wege eine zusätzliche Aufnahme erfolgt (vergl. Foto Anhang 3.5).

An Prüfkörpern mit Faserabweichung ist keine fehlerfreie Bestimmung der Tränkmittelaufnahme möglich, jedoch eine korrekte Bestimmung der Eindringtiefe.

Differenzierbarkeit des Tränkerfolges bei verschiedenen Prüfkörperformen

Um das Tränkverhalten einer Holzart zu charakterisieren, ist es erforderlich, die Tränkbarkeit getrennt nach den drei holzanatomischen Richtungen anzugeben. Ein Prüfkörper zur gleichzeitigen Tränkung aller Holzrichtungen, wie von der IUFRO (1975) vorgeschlagen, kann dies nicht leisten. Bei leicht tränkbaaren Holzarten ist die IUFRO-Probe völlig durchtränkt und nicht sichtbar, über welche Eindringrichtung der Tränkerfolg erzielt wurde. Mit 5-seitig abgedichteten Prüfkörpern zur getrennten Tränkung in radialer, tangentialer und axialer Richtung ist das Tränkergebnis immer eindeutig den Holzrichtungen zuzuordnen. Je nach Form des zu tränkenden Holzes (von Masten, Bauholz, Palisaden bis hin zu Messergriffen oder Holzknöpfen) ergeben sich charakteristische Anteile von Hirn-, Radial- und Tangentialflächen, über die eine Tränkung erfolgt. Die Kenntnis von Tränkbarkeitsangaben für 3 Tränkrichtungen je Holzart ist erforderlich, um den Tränkerfolg vorherzubestimmen. Entsprechend müssen 5-seitig abgedichtete Prüfkörper verwendet werden.

3.4. Tränklösungen

Für die Bestimmung der Tränkbarkeit von Holzarten sollte von "Labortränkmitteln" trotz ihrer Vorzüge, wie gefahrloser Umgang, empfindlicher Nachweis und problemlose Entsorgung, abgesehen werden. Die Kombination von Tränkmittel und Holzart sind grundlegend für das Tränkergebnis. Bekannte Faktoren der Tränklösung wie Lösungskonzentration, pH-Wert, Molarität, Ionendurchmesser, Polarität und Viskosität (HACKBATH und LIESE, 1975) sind Ursache von komplexen physikalisch-chemischen Wechselwirkungen zwischen einem bestimmten Tränkmittel und einer bestimmten Holzart mit ihren strukturellen holzanatomischen Charakteristika und Inhaltsstoffen.

Das für eine Holzart mit einem Tränkmittel erzielte Ergebnis kann nicht mittels Umrechnungsfaktor auf ein anderes Tränkmittel übertragen werden. Diese Erkenntnis ergab sich aus den durchgeführten Untersuchungen und gilt sowohl für den Vergleich von löslichen organischen Farbstoffen mit Eisen-(III)-Ionen in wässriger Lösung (vergl. Anhang 8), als auch für den Vergleich von Eisen-(III)-Ionen mit CKB- und CuHDO-Tränklösung (vergl. Anhang 9). Im letzteren Fall wurden 3 Tränkmittel an 3 Holzarten geprüft. Bei jeder Holzart wurde statistisch gesichert mit einem anderen Tränkmittel das beste Tränkergebnis erzielt.

Nach diesem Befund werden Labortränkmittel, insbesondere organische Farbstofflösungen, zur Prüfung der Tränkbarkeit von Holzarten stellvertretend für Holzschutzmittel als ungeeignet erachtet. Auch BURO und BURO (1959) wiesen darauf hin, daß viele Flüssigkeiten physikalische, chemische und mechanische Reaktionen mit dem Holz eingehen, welche die Durchlässigkeit vermindern. Sie führten weiterhin aus, daß für jedes Tränkmedium erst Versuche über sein Verhalten mit einer Holzart angestellt werden müssen. PENDLEBURY et al (1991) sehen bei der Verwendung von Labortränkmitteln, wie Silbernitratlösung u. a. aufgrund von Absorptionsvorgängen die Gefahr, daß eine daran beobachtete Verteilung des Tränkmittels nicht mit der Verteilung eines Holzschutzmittels übereinstimmt. Sie schlagen eine CKA-Salzlösung als geeignetes Referenzmittel für Eindringprüfungen vor, da dieses weltweit am meisten verbreitet ist (RICHARDSON, 1978).

Die vorliegenden Untersuchungen ergaben ferner, daß die Zugabe von Netzmittel bei keiner der geprüften Tränklösungen das Tränkergebnis beeinflusste (vergl. Anhang 10). Es zeigte sich jedoch ein signifikanter Einfluß des Alters der verwendeten Tränklösung, deshalb wird unter 2.4 der Ansatz von frischer Tränklösung für jede Prüfung und Holzart gefordert.

3.5. Tränkverfahren

Um eine gute Vergleichbarkeit und Aussagekraft der Prüfergebnisse zu erzielen, muß die gesamte Holzartenpalette mit derselben Meßanordnung und Methodik unter Beibehaltung der Meßparameter geprüft werden. Im Einzelfall ist die Variation eines Tränkparameters erforderlich: Bei kleinen Proben kann eine Aussage über Eindringtiefe und Aufnahmemenge schwierig oder sogar unmöglich sein, wenn bei leicht tränkbaaren Holzarten die Probe völlig durchtränkt ist oder bei schwer tränkbaaren Holzarten geringe Eindringtiefen kaum meßbar sind. Wissenschaftliche Untersuchungen (BREYNE, 1991; McLEAN, 1952) und die Tränkpraxis (DGfH U.A. 3.3, 1992) bestätigen, daß primär durch Verlängerung der Tränkzeit und nur sekundär durch Veränderung anderer Prozessparameter eine Steigerung der Eindringtiefe erreicht wird. Deshalb wird unter 2.5 vorgeschlagen, nur die Tränkzeit zu variieren und alle anderen Parameter möglichst praxisnah und so zu wählen, daß sie bei der Prüfung von unterschiedlich tränkbaaren Holzarten konstant gehalten werden können:

- Vor- und Nachvakuum von 15 Minuten bei 0,67 bar absolut wurden bereits von IUFRO (1975) vorgeschlagen, liegen außerdem praxisnah zwischen den Werten für Vollzell- und Sparverfahren und ermöglichen die weitgehend tropfverlustfreie Ermittlung der Tränkmittelaufnahme.
- Bei 8 bar Tränkdruck werden beide Erscheinungsformen des Waschbretteffekts (WILLEITNER und MURPHY 1987) vermieden. Es zeigte sich bei den durchgeführten Versuchen an besonders gefährdeten Fichtenproben weder direkt nach der Tränkung eine Schädigung, noch nach der Trocknung. Trotzdem wiesen auch die geprüften schwer tränkbaare tropische Laubhölzer eine meßbare Tränkmittelaufnahme

und -eindringtiefe auf, obwohl für sie Tränkdrücke bis 15 bar (MS 360, 1984) üblich sind.

- Die vorgesehenen 4 Stunden Tränkzeit liegen im Bereich praxisüblicher Werte für Kesseldruckverfahren und ergaben bei den durchgeführten Untersuchungen auch für schwer tränkbar Holzarten sowie Holz mit Inhomogenitäten infolge unterschiedlich tränkbar Früh- und Spätholz gut meßbare Eindringtiefen. Zur Prüfung von leicht tränkbar Holzarten zeigte sich eine Verkürzung der Tränkzeit von 4 h auf 1 h als nicht ausreichend, da durch Viertelung der Tränkzeit lediglich eine Verringerung der Eindringtiefen auf 70% bis 50 % erreicht wurde (Vergl. Anhang 11). Erst bei Reduzierung der Tränkzeit auf 15 Minuten konnte eine Differenzierung unter den leicht tränkbar Holzarten erzielt werden, da die laterale Eindringtiefe dann immer geringer als die Proben-tiefe (20 mm) war. Entsprechende Messungen von BELLMANN (1953) mit Kaliumdichromatlösung bestätigen diesen Befund für Kiefersplint.

3.6. Bestimmung der Tränkmittelaufnahme

Die Bestimmung der Tränkmittelaufnahme ist gekennzeichnet durch:

- einfache Durchführung
- geringen Zeitaufwand
- hohe Exaktheit.

Trotzdem ist die Aussage der Tränkmittelaufnahme zur Einschätzung der Tränkbarkeit begrenzt, wie die durchgeführten Versuche zur Korrelation zwischen Tränkmittelaufnahme und -Eindringtiefe zeigen (vergl. Anhang 12.1 und 12.2). Bei genauer Betrachtung von Anhang 12.2 ist ersichtlich, daß die Gradienten einiger Holzarten deutlich voneinander abweichen. Bei Dark-Red-Meranti ist dies besonders anschaulich. Es erfolgte hier eine verstärkte Aufnahme insbesondere in tangentialer Tränkrichtung (vergl. Anhang 13). Aus dem Tränkbild (vergl. Foto Anhang 3.6) sind die Eindringwege des Tränkmittels entlang der tangential verlaufenden Parenchym-Harzkanalbänder deutlich. Über sie strömte das Tränkmittel offenbar ohne großen Tränk-widerstand teilweise bis an das abgedichtete Probenende und bildete dort kleine Seen. Dies erhöhte

die Tränkmittelaufnahme, ohne daß dabei die mittlere Eindringtiefe \pm 50 anstieg.

Die Gradienten der geprüften Holzarten lagen zwischen 0,42 und 3,48 mm Eindringtiefe je l/m² Tränkmittelaufnahme. Diese weite Spanne zeigt, daß, kein einheitlicher holzartenübergreifender Korrelationsfaktor zwischen Aufnahme und Eindringtiefe existiert. Für eine unbekannte zu prüfende Holzart kann deshalb nicht von der Aufnahme auf die Eindringtiefe geschlossen werden. Auch nach der Europäischen Normung (EN 350-2, 1992) wird die Eindringtiefe und nicht die Aufnahme als Maß für die Tränkbarkeit verstanden.

3.7. Bestimmung der Eindringtiefe

Radial- und Tangentialprüfkörper

Prüfkörper zur Feststellung der radialen und tangentialen Tränkbarkeit werden so aufgetrennt, daß die Eindringtiefe an einer Hirnschnittfläche beurteilt werden kann. Diese Art der Auftrennung bietet maximale Information über Eindringtiefen und Eindringwege, da:

- immer alle Jahrringe sichtbar sind, hingegen wäre beim Aufspalten von Tangentialproben die Eindringtiefe nur am Früh- oder Spätholz eines einzigen Jahrringes beurteilbar (vergl. Foto Anhang 3.7),
- an Radialproben Gradienten der Tränkbarkeit in tangentialer Richtung bzw. an Tangentialproben Gradienten der Tränkbarkeit in radialer Richtung erkennbar sind (vergl. Foto Anhang 3.8), wodurch Fehler bei der Beurteilung der mittleren Eindringtiefe vermieden werden,
- das Tränkverhalten von unterschiedlichen Geweben gut zu beurteilen ist (vergl. Foto Anhang 3.6 und 3.7).

Axialprüfkörper

Wie bereits unter 3.3.2 Probenahme und Prüfkörperform besprochen, führen Faserabweichungen an 5-seitig abgedichteten Axialproben mit hohen Schlankheitsgraden zu falschen Aussagen über die gemessene Aufnahme (vergl. Foto Anhang 3.9 und 3.4). Die Eindringtiefe läßt sich jedoch trotzdem korrekt bestimmen. Allerdings darf nicht der gesamte Querschnitt bei der Beurteilung zugrunde gelegt werden, sondern nur

der aufgrund der Faserabweichung durchtränkbare Bereich. Für die im Foto Anhang 3.9 dargestellte Probe bedeutet dies beispielsweise, daß der zunehmend helle Bereich oben rechts im Bild als nicht durchtränkbar aufgrund von Faserabweichungen anzusehen ist.

Bestimmung der Eindringtiefe bei sehr dunklen Holzarten

Wenn in Fällen schlechter Sichtbarkeit des eingedrungenen Tränkmittels der Aufwand für schichtweise chemisch analytische Untersuchungen des Prüfkörpers vermieden werden soll, kann die Eindringtiefe aus der gemessenen Aufnahme zumindest größenordnungsmäßig errechnet werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß an einigen Proben die Eindringtiefe meßbar ist, um die holzartenspezifische Korrelation zwischen Aufnahme und Eindringtiefe zu bestimmen. Die so berechnete Eindringtiefe ist aufgrund der guten Korrelation zwischen Eindringtiefe und Aufnahme innerhalb einer Holzart relativ genau, was durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt wurde. Zum gleichen Ergebnis kamen auch HACKBARTH und LIESE (1975), die an einer Vielzahl von Versuchsreihen hohe Korrelationskoeffizienten für Aufnahme und Eindringtiefe bei Fichte fanden und sich deshalb im weiteren Verlauf ihrer Untersuchungen auf die einfachere Messung der Aufnahmen beschränkten. Dies steht nicht im Widerspruch zu den oben unter 3.6 zur geringen holzartenübergreifenden Korrelation von Eindringtiefe und Aufnahme getroffenen Aussagen.

3.8. Auswertung

Um die Eindringtiefe bei 15 Minuten Tränkzeit auf eine Tränkzeit von 4 Stunden zu normieren, wurde folgende mathematische Beziehung nach SIAU (1984) verwendet, die von PENDLEBURY und PETTY (1992) bestätigt wurde.

$$\text{Aufnahme} \approx \text{Eindringtiefe} \approx (\text{Tränkzeit})^{0,5}$$

Nach Kalibrierung der Beziehung an den Ergebnissen von 640 Prüfkörpern in der vorgeschlagenen Form ergibt sich:

$$\text{Eindringtiefe} \approx (\text{Tränkzeit})^{0,36}$$

Die Berechnung der Eindringtiefe für 4 Stunden Tränkzeit aus der Eindringtiefe bei 15 Minuten Tränkzeit (=Hochrechnung auf die 16-fache Tränkzeit) erfolgt durch:

$$16^{0,36} = 2,7$$

Deshalb wird unter 2.8 für Holzarten, bei denen die Eindringtiefe bei 15 Minuten Tränkzeit ermittelt wird, angegeben, diese Eindringtiefe mit **2,7** zu multiplizieren.

3.9. Klassifizierung

In EN 350-2 (1992) sind für europäische Verhältnisse 4 Tränkbarkeitsklassen beschrieben, wobei die Abgrenzung der einzelnen Klassen zueinander primär über die Eindringtiefe senkrecht zur Faser erfolgt (vergl. Anhang 14). In der vorliegenden Arbeit wird dies durch das erste Glied (fett gedruckt) der Gleichung zur Berechnung der Tränkbarkeit berücksichtigt:

$$t_b = \textbf{(t50 radial + t50 tang.)} \cdot 0,5 + t_{100 \text{ axial}} \cdot 0,05$$

Dieses stellt den Mittelwert der Eindringtiefe senkrecht zur Faser (nachfolgend als laterale Eindringtiefe $t_{50 \text{ lat}}$ bezeichnet) aus radialer und tangentialer Eindringtiefe ($t_{50 \text{ radial}}$ und $t_{50 \text{ tang.}}$) dar. Die durchgeführten Untersuchungen zeigten von Holzart zu Holzart schwankende Verhältnisse von radialer- zu tangentialer Eindringtiefe (vergl. Anhang 15 und Foto Anhang 3.10). Da bei Schnittholz jedoch beide Eindringrichtungen etwa im gleichen Verhältnis vorliegen, erscheint hier eine gleichgewichtige Zusammenfassung gerechtfertigt.

In den Erklärungen zu den Tränkbarkeitsklassen 2 und 4 von EN 350-2 (1992) wird auch die axiale Tränkbarkeit vermerkt (vergl. Anhang 14). Bei der IUFRO-Methode (1975) spielt die axiale Tränkbarkeit sogar eine bedeutende Rolle, da ausschließlich nach dem Durchtränkungsgrad des von beiden Hirnenden 50 cm entfernten mittleren Probenquerschnitts klassifiziert wird. Bei der IUFRO-Prüfung erreichen Holzarten mit sehr guter axialer Tränkbarkeit über die axiale Eindringrichtung oft die vollständige Durchtränkung des mittleren Probenquerschnitts und fallen dadurch

unabhängig von ihrer lateralen Tränkbarkeit in Tränkbarkeitsklasse 1 (z. B. Buche Splintholz). Obwohl in EN 350-2 (1992) keine derart hohe Bewertung der axialen Eindringtiefe aus der Spalte "Erklärungen" ersichtlich ist (vergl. Anhang 14), wird Buche Splintholz in dieser Norm in Tränkbarkeitsklasse 1 eingestuft. Tränkbarkeitsklasse 1 bedeutet, daß Bohlen, d. h. Schnittholz mit Dicken > 35 mm und Breiten \geq 80 mm (vergl. DIN 68365, 1957) ohne Schwierigkeiten durchdrungen werden. Da von den insgesamt über 250 geprüften Buchenproben keine einzige (auch nicht die mit Holzschutzmitteln getränkten Proben) eine laterale Eindringtiefe von 12 mm überschritt, kann rein rechnerisch maximal ein 24 mm dickes Buchenbrett, jedoch keine Bohle "ohne Schwierigkeiten vollständig durchdrungen" werden. Als Erklärung, warum Buche trotz dieser nur mittelmäßigen Tränkbarkeit senkrecht zur Faser in Tränkbarkeitsklasse 1 geführt wird, kann angenommen werden, daß die fachkompetenten Mitarbeiter von CEN/TC 38 der überragenden axialen Tränkbarkeit von Buche Rechnung getragen haben.

Es wird deutlich, daß die axiale Eindringtiefe bei der Berechnung eines Tränkbarkeitsmaßes einfließen muß, es stellen sich jedoch zwei Fragen:

1. Welche axiale Eindringtiefe soll eingehen, die maximale-, die mittlere = t_{50} , oder diejenige, bei welcher der gesamte Querschnitt zu 100% durchtränkt ist = t_{100} ?
2. Mit welchem Anteil soll die axiale Eindringtiefe eingehen ?

Zu 1. Welche axiale Eindringtiefe soll eingehen ?

Entscheidend für die Schutzwirkung eines Mittels ist dessen Verteilung im Holz. Wenn das Tränkmittel ausschließlich im Gefäßlumen bleibt und kaum die ebenfalls zu schützenden Fasern und Parenchymzellen erreicht, ist kein ausreichender Schutz des Holzes gegeben. Die Tränkbilder der durchgeführten Versuche sprechen hier für sich (vergl. Fotos Anhang 3.11 bis 3.17). Ferner bestätigen dies über 300.000 mit CKA-Salz getränkte Eukalyptusmasten in Australien (GREAVES, 1977). Sie wurden durch Moderfäule bereits nach 8 bis 10 Jahren Standzeit zerstört, obwohl erhebliche Mengen Holzschutzmittel aufgenommen wurden. Zahlreiche TEM-, REM-Untersuchungen und EDXS-Analysen (GREAVES, 1972; DICKINSON, 1974; GREAVES, 1974; GREAVES, 1977; PETERS, 1978; REIMAO und PALACIOS, 1990) der Lumina und Zellwände von Gefäßen und umlie-

genden Geweben an verschiedenen CKA-getränkten Laubholzproben bestätigen, daß die ungenügende Mikro-Verteilung der Schutzmittelkomponenten Ursache der mangelnden Schutzwirkung ist. Aus der Erkenntnis, daß bei ungenügender Mikroverteilung innerhalb der Zellwand keine Schutzwirkung gegeben ist, kann abgeleitet werden, daß die nicht durchtränkten Gewebebereiche (ungenügende Makroverteilung) keinesfalls geschützt sind. Deshalb findet zur Berechnung von t_b nur diejenige axiale Eindringtiefe Eingang, bei der für alle Gewebe eine Schutzwirkung gegeben ist. Dies ist t_{100} , d.h. die Tiefe, bei der 100% des Querschnitts durchtränkt ist.

Zu 2. Mit welchem Anteil soll die axiale Eindringtiefe t_{100} eingehen ?

Durch das zweite Glied (fett gedruckt) der Gleichung zur Berechnung der Tränkbarkeit

$$t_b = (t_{50 \text{ radial}} + t_{50 \text{ tang.}}) \cdot 0,5 + \mathbf{t_{100 \text{ axial}} \cdot 0,05}$$

wird die axiale Eindringtiefe mit plus 5% von t_{100} berücksichtigt.

Bei der von IUFRO (1992) vorgeschlagenen Prüfung geschieht dies ebenfalls durch die Probenabmessung von $1000 \cdot 50 \cdot 50 \text{ mm}^3$. Der für die Klassifizierung einer IUFRO-Probe maßgebliche Punkt liegt 500 mm von den Hirnenden und 25 mm von den Probenlängsseiten entfernt. Auch hier findet sich ein Verhältnis von 1:0,05. D. h., bei einer senkrechten Eindringtiefe von 25 mm oder bei einer axialen Eindringtiefe von 500 mm ist die Probe vollständig durchtränkt. 500 mm axiale Eindringtiefe werden demnach gleich gewertet wie 25 mm laterale Eindringtiefe. Dahinter verbirgt sich die Gleichung:

$$500 \text{ mm axial} \cdot 0,05 \approx 25 \text{ mm lateral}$$

Auch vom praktischen Standpunkt aus läßt sich eine 5%-ige Berücksichtigung der axialen Eindringtiefe vertreten. Bei angenommenen 5% Faserabweichung an Buchen Schnittholz und axialer Eindringtiefe von 500 mm, ergibt sich eine Durchtränkung senkrecht zur Faser von 25 mm. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß trotz der Bemühung, faserparalleles Probenmaterial für Laborversuche zu schneiden, Faserabweichungen

auftraten, die erst nach erfolgter Prüfung auffielen. Bei Hinzurechnung von Faserabweichungen durch Äste und andere wuchsbedingte Fehler ist auch hier der 5%-Wert realistisch.

Klassengrenzen

Die durchgeführte Untersuchung zeigte große Übereinstimmung zwischen der berechneten Tränkbarkeit t_b und den Ergebnissen der Prüfung an IUFRO-Proben (vergl. Anhang 16 und 17). Daraus läßt sich schließen, daß die erarbeitete Methode zur Prüfung der Tränkbarkeit von Holzarten mit ihren differenzierten Betrachtungsmöglichkeiten der Eindringwege nicht nur wissenschaftlichen Anforderungen genügt, sondern auch zur Klassifizierung geeignet ist. Letztlich sollte die Festlegung von Klassengrenzen im Maß t_b , analog zu den in EN 350-2 (1992) aufgeführten Tränkbarkeitsklassen den Autoren dieser Norm vorbehalten bleiben.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Prüfung und Klassifizierung der Tränkbarkeit von Holzarten für Druckverfahren mit wäßrigen Tränkmitteln wurde ein Laborverfahren entwickelt.

Hierzu wurde ein elastisches Epoxidharz erprobt, das während der Tränkung beliebige Seiten von Holzproben sicher abdichtet. Es wurde nachgewiesen, daß die in einem kleinen 5-seitig abgedichteten Prüfkörper während der Tränkung eingeschlossene Luft keinen Einfluß auf die erzielte Eindringtiefe eines wäßrigen Tränkmittels hat.

An 5-seitig abgedichteten Proben erfolgte die Ermittlung der Eindringtiefe verschiedener Tränkmittel getrennt nach den 3 holzanatomischen Richtungen bei 8 bar Tränkdruck. Zur Prüfung von radialer und tangentialer Eindringung haben sich kleine würfelförmige Proben mit den Maßen 20 x 20 x 20 mm³ als geeignet erwiesen, wodurch sich folgende Vorteile des Prüfverfahrens ergeben:

- Tränkerfolge sind eindeutig den anatomischen Holzrichtungen zuzuordnen, eine differenzierte Betrachtung der Eindringwege ist möglich,
- kleine Proben und begrenzte Stammzonen sind prüfbar, z.B. Splintholz, dessen Tränkung in Europa im Vordergrund steht,
- wenn die Probenahme in axialer Folge geschieht, werden Proben mit sehr ähnlichen Eigenschaften erhalten, wodurch das Verfahren besonders für vergleichende Prüfungen der Flüssigkeitseindringung (z. B. Holzschutzmittel oder Optimierung von Tränkdiagrammen) geeignet ist.

Bei der Erprobung des entwickelten Prüfverfahrens an Kern- und Splintholz von 8 einheimischen und tropischen Holzarten mit unterschiedlichen Eigenschaften hat sich folgendes gezeigt:

- Innerhalb einer Holzart und Eindringrichtung besteht eine strenge Korrelation zwischen Tränkmittelaufnahme und -eindringtiefe.

- Holzartenübergreifend wurden große Schwankungen der Korrelationsfaktoren zwischen Tränkmittelaufnahme und -eindringtiefe festgestellt, so daß für unbekannte Holzarten nicht von einer gemessenen Aufnahme auf die Eindringtiefe geschlossen werden kann. Die Messung und Bewertung der Eindringtiefe ist deshalb zur Beurteilung der Tränkbarkeit von Holzarten zwingend erforderlich.
- Das Tränkergebnis ist in erheblichem Maße von spezifischen Wechselwirkungen zwischen Tränkmittel und Holzart geprägt.
- Tränkbarkeitsuntersuchungen können daher nicht mit Labortränkmitteln, sondern nur mit Standardholzschutzmitteln durchgeführt werden.
- Angaben zur Tränkbarkeit einer Holzart sind nur bei gleichzeitiger Angabe des verwendeten Tränkmittels aussagekräftig.

Aus den gewichteten Meßgrößen des Verfahrens (radiale-, tangential- und axiale Eindringtiefe) wurde das Maß t_b = **"Berechnete Tränkbarkeit"** gebildet. Es erlaubt die Einteilung von Holzarten in ein 4-Klassensystem, wobei übereinstimmende Ergebnisse mit der von IUFRO vorgeschlagenen Klassifizierungsmethode erzielt wurden.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß nach Festlegung von Klassengrenzen im Maß der Berechneten Tränkbarkeit t_b die entwickelte Prüfmethode zur Einteilung unbekannter Holzarten in das 4-Klassensystem der Europäischen Norm EN 350-2 geeignet ist.

5. LITERATUR

BELLMANN, H. (1953): Über den Einfluß der Tüpfelkapillaren und Micellarinterstizien auf die Mechanik von Imprägniervorgängen mit Lösungen. Dissertation, Universität Hamburg, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, 155 S.

BREYNE, S. (1991): Grenzbedingungen zur Tränkung des Fichtenholzes im Wecheldruckverfahren. Dissertation, Universität Hamburg, Fachbereich Biologie, 171 S.

BURO, A.; BURO, E. (1959): Untersuchungen über die Durchlässigkeit von Kiefernholz. Holz als Roh- und Werkstoff 17, 461-474.

COMSTOCK, G. (1967): Longitudinal permeability of wood to gases and nonswelling liquids. Forest Products Journal 17 (10): 41-46.

DGfH U.A. 3.3, (1992): Mündliche Mitteilungen der in der Holzschutzpraxis tätigen Sitzungsteilnehmer, im Rahmen der Diskussion zu TOP 5 Bericht über DGfH-Projekt F-91/1 "Laborverfahren für die Prüfung der Tränkbarkeit von Holzarten", anläßlich der Tagung des DGfH-Ausschusses U.A. 3.3 Tränkverfahren Tränktechnik am 28.10.93 in Mannheim.

DICKINSON, D. (1974): The microdistribution of copper-chrome-arsenate in *Acer pseudoplatanus* and *Eucalyptus maculata*. Material und Organismen 9: 21-33.

DIN 1052, (1988): Holzbauwerke, Teil 1 bis 3. Beuth Verlag GmbH Berlin.

DIN 68 365, (1957): Bauholz für Zimmerarbeiten, Gütebedingungen, 1. Begriffe. Beuth Verlag GmbH Berlin.

EN 350-2, (1992): Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz - Teil 2: Leitfaden für die natürliche Dauerhaftigkeit und Tränkbarkeit von ausgewählten Holzarten von

besonderer Bedeutung in Europa. Unveröffentlichte Fassung zur Vorlage für das Redaktionskomitee von CEN/TC 38, Stand 28.12.92.

EN 460-2, (1992): Dauerhaftigkeit von Holz und Holzprodukten - Natürliche Dauerhaftigkeit von Vollholz - Leitfaden für die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Holz zur Anwendung in den Gefährdungsklassen. Unveröffentlichte Fassung zur Vorlage für das Redaktionskomitee von CEN/TC 38, Stand 28.12.92.

GREAVES, H. (1972): Structural distribution of chemical components in preservative-treated wood by energy dispersion X-ray analysis. *Material und Organismen* 7: 277-286.

GREAVES, H. (1974): The microdistribution of copper-chrome-arsenic in preservative treated sapwoods using X-ray microanalysis in electron microscopy. *Holzforschung* 28: 193-200.

GREAVES, H. (1977): An Illustrated Comment on the Soft Rot Problem in Australia and Papua New Guinea. *Holzforschung* 31: 71-79.

HACKBARTH, W.; LIESE, W. (1975): Einfluß von holzanatomischen Eigenschaften und Tränklösungs-Faktoren auf die Kesseldruck-Tränkung von Fichte. *Holz als Roh- und Werkstoff* 33: 451-455.

IUFRO, (1975): Ein Verfahren zur vorläufigen Beurteilung der Tränkbarkeit von Holzarten mit Schutzmitteln unter Druckanwendung. *Material und Organismen* 10: 311 - 318.

KLEIN, P.; BAUCH, J. (1981): Studies Concerning the Distribution of Inorganic Wood Preservatives in Cell Wall Layers Based on LAMMA. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie*, Band 308: 283-286.

LEHMANN, G. (1988): Die Luftdurchlässigkeit als Weisermerkmal für die Tränkung und Trocknung von Holz. *Holztechnologie* 29: 305-306.

McLEAN, J. (1952): Preservative treatment of wood by pressure methods. *US Dep. Agric., Agriculture handbook* 40, 160 S.

MILITZ, H. (1990): Die Verbesserung der Imprägnierbarkeit von Fichtenholz mittels chemischer und enzymatischer Vorbehandlung. Dissertation Universität Wageningen. 220 S.

MILITZ, H.; HOMAN W. (1993): Vorbehandlung von Fichtenholz mit Chemikalien mit dem Ziel der Verbesserung der Imprägnierbarkeit. Holz als Roh- und Werkstoff 51: 14-20.

MILITZ, H. (1993): Meßmethoden zur Bestimmung der Permeabilität von Fichtenholz gegenüber Luft und Wasser. Stiftung Holzforschung SHR, Ambachtsweg 2, 3606 AP Maarssen, interner Bericht, Veröffentlichung in Vorbereitung, 19 S.

MS 360, (1984): Draft Malaysian standard specification for treatment of timber with copper/chrome/arsenic preservatives (1st revision of MS 360), Appendix A und C Entwurfsfassung von MS 360 Stand April 1984.

PENDLEBURY, A.J.; COETZEE, J.; SORFA, E.; BOTHA, A. (1991): A New Technique to Determine Solvent Penetration in Wood. Holzforschung 45: 205-208.

PENDLEBURY, A.J.; PETTY, J.A. (1992): Technique for monitoring absorption during a vakuum pressure process. IRG Document No: IRG/WP/3696-92, IRG Secretariat Stockholm, 10 S.

PETERS, G. (1978): Untersuchung über die Mikroverteilung von Schutzsalzen auf Kupfer-Chrom-Arsen-Basis in Laubhölzern und ihre Wirksamkeit gegenüber Moderfäulepilzen. Dissertation, Universität Hamburg, Fachbereich Biologie, 122 S.

POLACZEK, P. (1980): Untersuchungen über die Luftdurchlässigkeit von Holz. Diplomarbeit, Universität Hamburg, Fachbereich Biologie.

POLACZEK, P. (1993): Mündliche Mitteilung.

REIMAO, D.; PALACIOS, J.M. (1990): Micro-distribution of water-borne preservatives in blue gum wood treated by full-cell process. IRG Document No: IRG/WP/3617, IRG Secretariat Stockholm, 12 S.

RICHARDSON, B. (1978): Wood Preservation. Construction Press, Lancaster. 238 S.

SIAU, J. (1976): A model for unsteady-state gas flow in the longitudinal direction of wood. Wood science and technology 10: 149-153.

SIAU, J. (1984): Transport processes in wood. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New-York, 245 S.

SMULSKI, S.; CÔTÉ W. (1984): Penetration of wood by a waterborne alkyd resin. Wood Science and Technology 18: 59-75

STEFFEN, A. (1991): Biologische, chemische und physikalische Eigenschaften frischen und gelagerten Holzes schwedischer Kiefern mit unterschiedlicher Kronenverlichtung. Dissertation, Universität Hamburg, Fachbereich Biologie, 362 S.

THEDEN, G.; KOTLORS, C. (1965): Verfahren zur Sichtbarmachung von Schutzmitteln im Holz. Mitteilungen der DGfH, Heft 52 (1965), 88 S.

WILLEITNER, H.; MURPHY, R.J. (1987): Washboard effect: a surface deformation of spruce resulting from vakuum-pressure impregnation with water-borne preservatives. IRG Document No: IRG/WP/3450, IRG Secretariat Stockholm, 20 S.

6. ANHANG

Anhang 1

Tabelle der geprüften Holzarten

Handelsname	wissensch. Name	Tränkbarkeitsklasse nach EN 350-2	
Kiefer Splint	Pinus sylvestris	1	gut tränkbar
Kiefer Kern	Pinus sylvestris	3-4	schwer bis sehr schwer tränkbar
Fichte	Picea abies	3-4	schwer bis sehr schwer tränkbar
Buche	Fagus sylvatica	1	gut tränkbar
Eiche Kern	Quercus robur	4	sehr schwer tränkbar
Esche Splint	Fraxinus excelsior	2	mäßig tränkbar
Wenge Kern	Milletia laurentii	4	sehr schwer tränkbar
DR-Meranti Kern	Sec. Rubroshorea	4	sehr schwer tränkbar
Limba Splint	Terminalia superba	1	gut tränkbar
Limba Falsch- kern	Terminalia superba	2	mäßig tränkbar

Anhang 2

Harze zur 5-seitigen Abdichtung der Prüfkörper

Epoxidharz

ACRÜ-POX 78 (weiterer Handelsname EUKEPOX 784) mit Härter Acrümid 480, (weiterer Handelsname EPILINK 149, Hersteller: A.C.C. RÜEGG GMBH & CO, Hamburg.

1-Komponenten Polyurethan-Lackharz

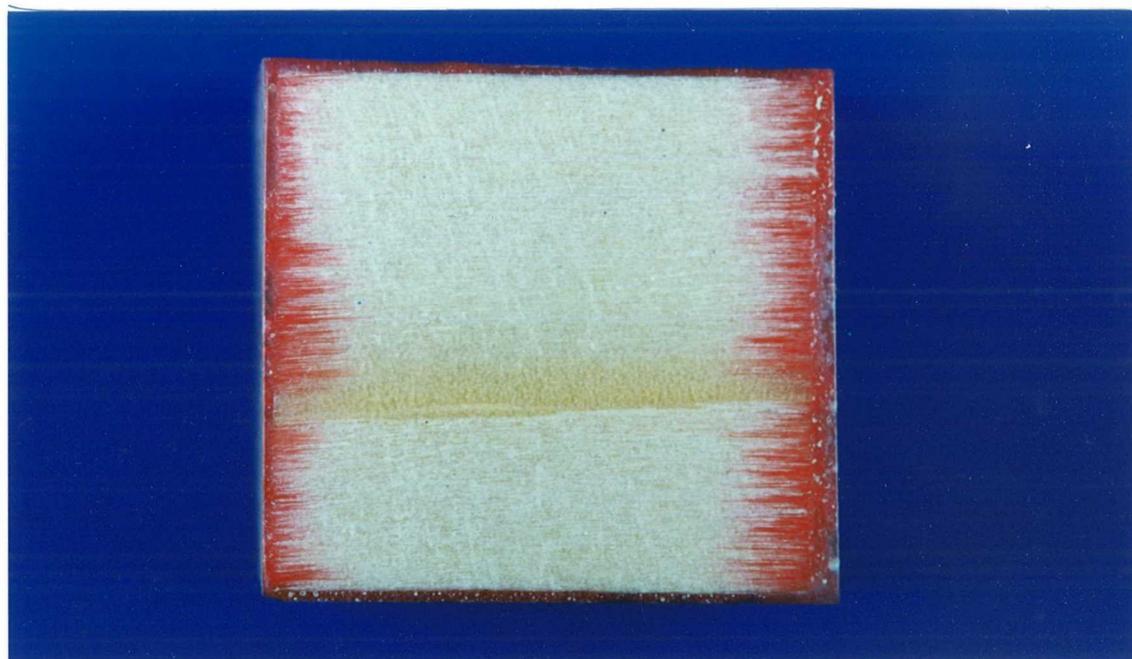
ACRÜDUR R 40, Hersteller: A.C.C. RÜEGG GMBH & CO, Hamburg.

Anhang 3

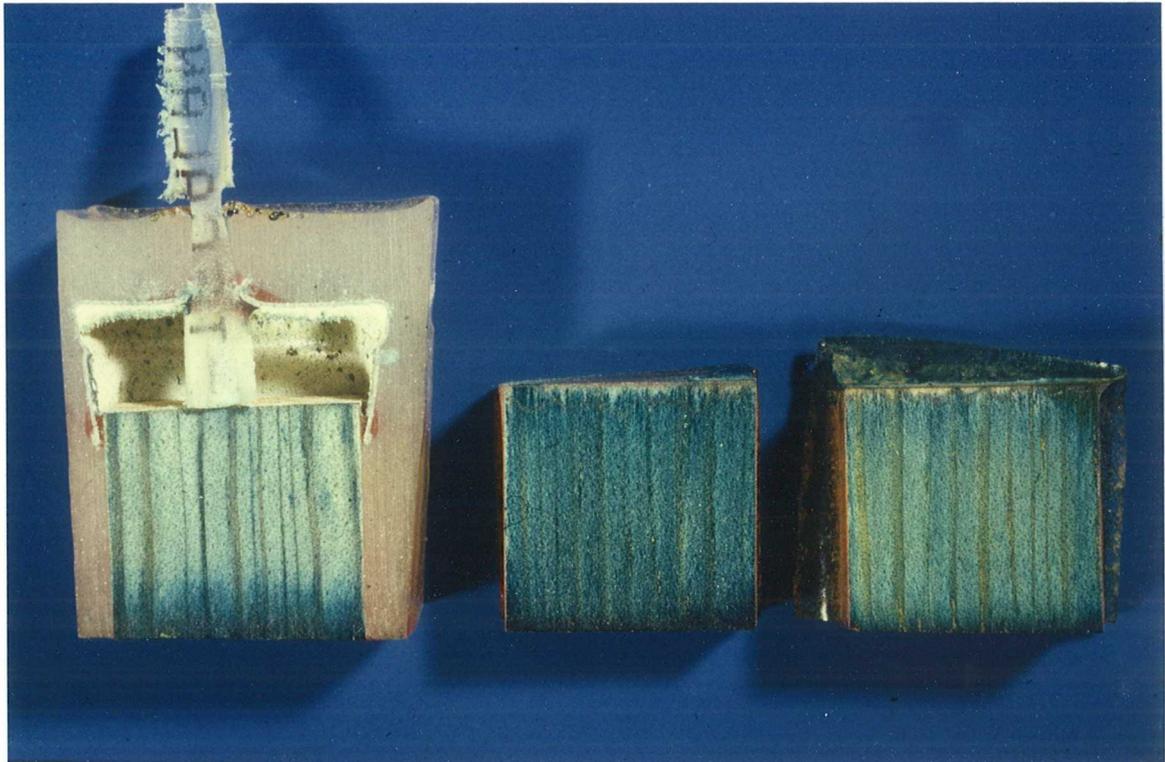
Fotos



Anhang 3.1: Foto von eingeharzter Probeneinheit auf Polyethylenfolie



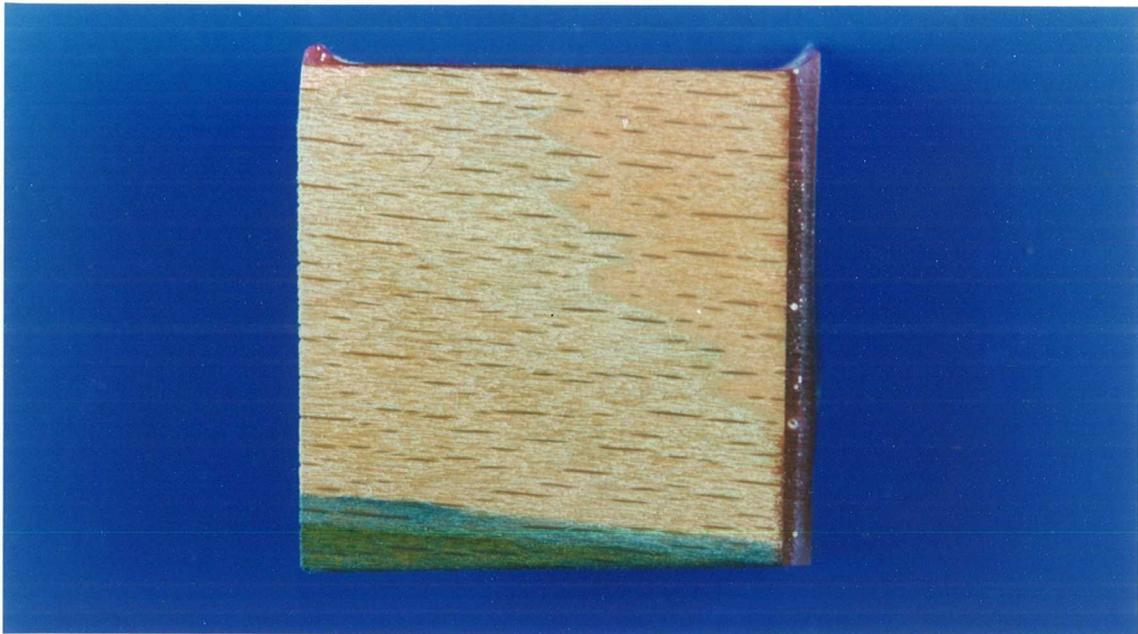
Anhang 3.2: Foto von extremer axialer Harzeindringung im Querschnitt eines Radialprüfkörpers. Holzart: Fichte, Tangentialfläche, 3-fach vergrößert.



Anhang 3.3 Foto von vollständig durchtränkten Axialprüfkörpern. Links: entlüftet, Mitte: mit Vorvakuum ohne Entlüftung, rechts: ohne Vorvakuum und ohne Entlüftung.



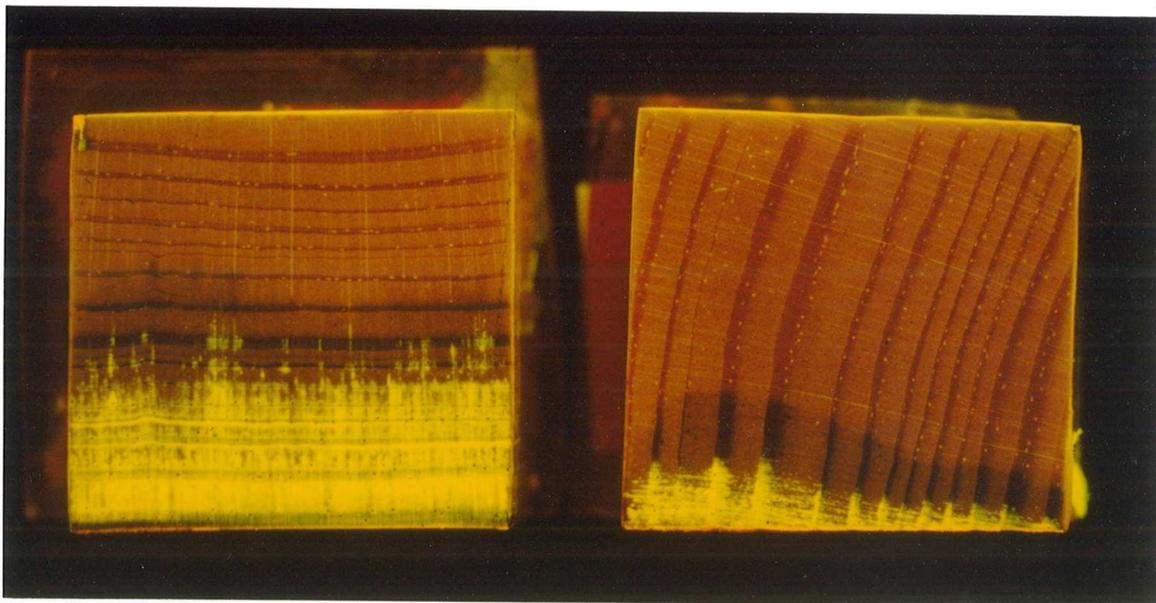
Anhang 3.4: Foto einer 5-seitig abgedichteten Axialprobe mit Faserabweichung, Holzart: Buche Splint. (Die oberseitige Epoxidharzabdichtung wurde nach der Tränkung entfernt.)



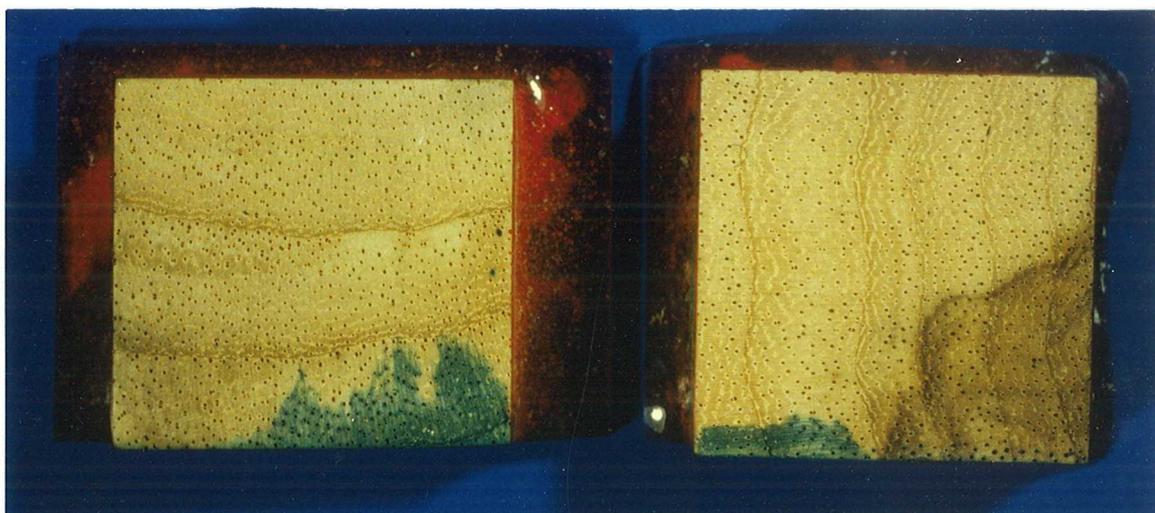
Anhang 3.5: Foto einer getränkten Tangentialprobe mit Faserabweichung. Holzart: Buche Splint.



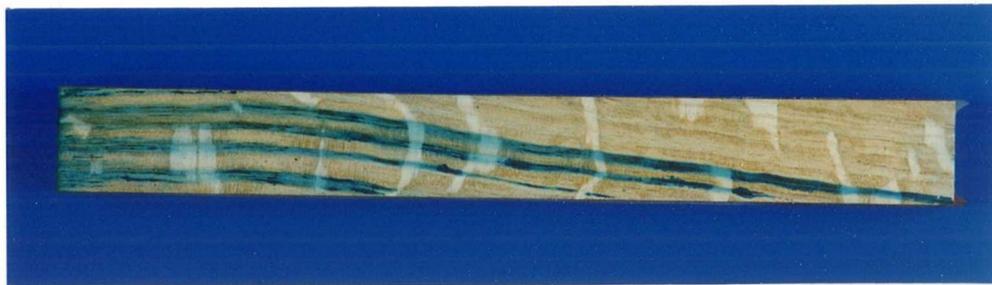
Anhang 3.6: Foto einer getränkten Tangentialprobe von Dark-Red-Meranti. Geringe mittlere Eindringtiefe (unten), jedoch maximale Eindringtiefe entlang einiger tangentialer Harzkanal-Parenchymbänder (vertikal verlaufend), mit Stau von Tränkmittel am Probenende (oben), als Ursache für die höheren Aufnahmen.



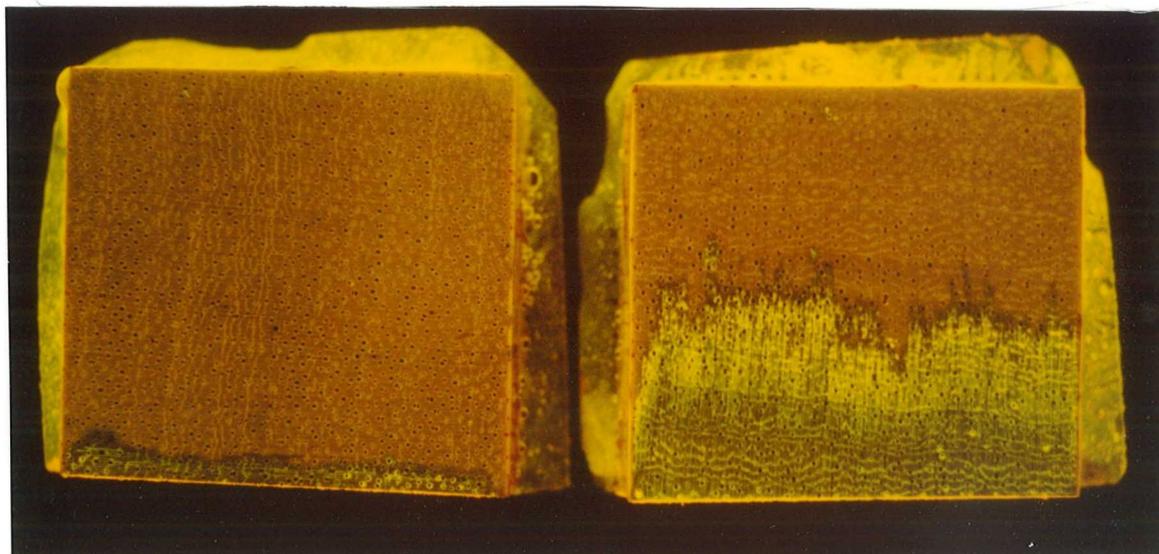
Anhang 3.7: Foto von getränkten Tangential- (links) und Radialproben (rechts). Holzart: Kiefer Splint. Das Foto zeigt am Hirschnitt die differenzierte Eindringung von Eisenionen (dunkel) und Acridinorange (gelb) bei Früh- und Spätholz, ferner die Bedeutung der Holzstrahlen für die Tränkung in radialer Richtung.



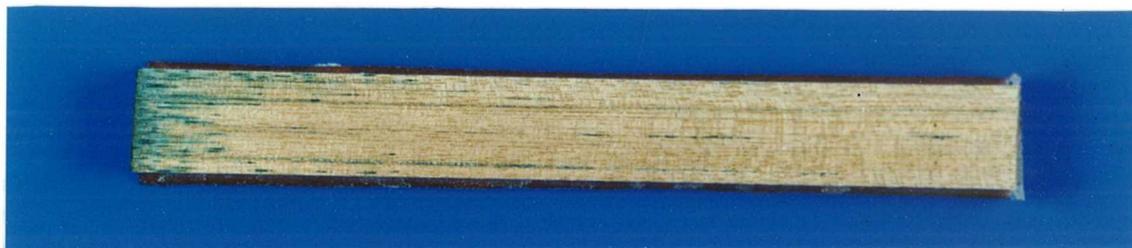
Anhang 3.8: Foto von getränkten Tangential- (links) und Radial- (rechts) Proben von Limbafalschkern. Es zeigt sich, wie gut radiale (links) und tangentiale (rechts) Gradienten der Tränkbarkeit (hier verursacht durch unterschiedliche Falschverkernung) erkannt und Fehlmessungen dadurch vermieden werden können.



Anhang 3.9: Foto einer getränkten, 5-seitig abgedichteten Axialprobe mit Faserabweichung. Holzart: Eiche Kern.



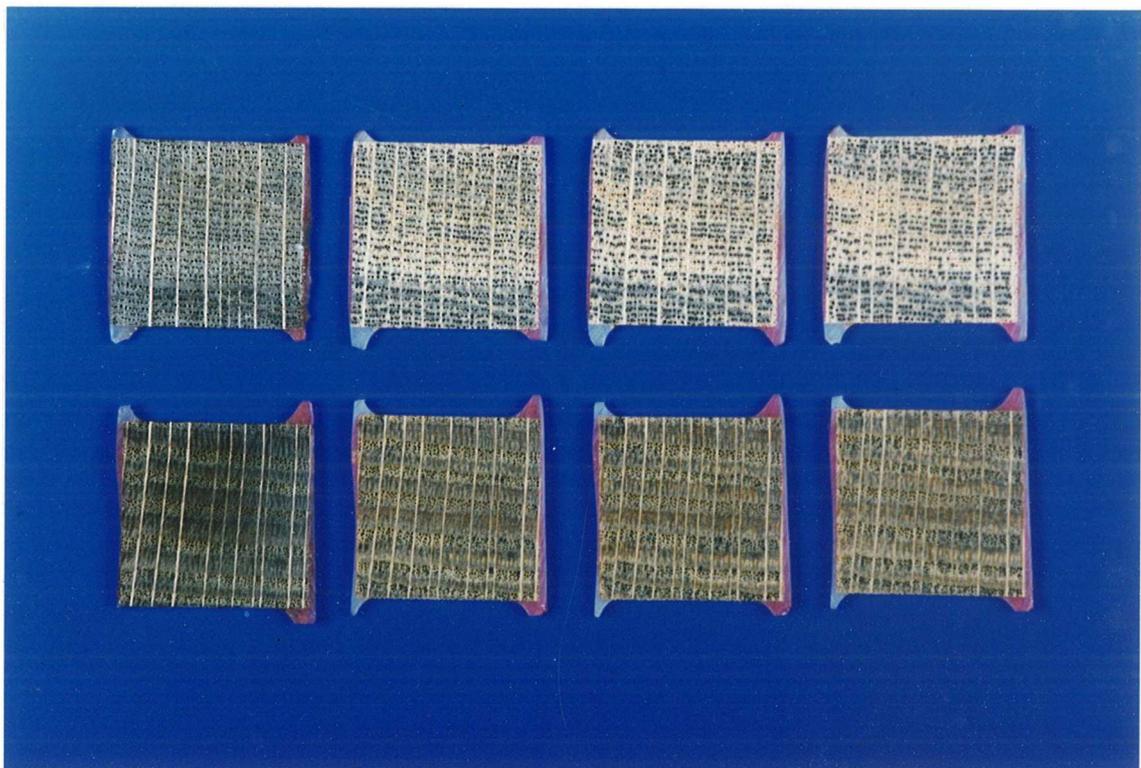
Anhang 3.10: Foto von getränkten Radial- (links) und Tangentialproben (rechts) Limba Splintholz. ausgeprägte Tänkungsanisotropie bei Limba mit Mittelwerten von $t_{50 \text{ rad}} = 8,4 \text{ mm}$ zu $t_{50 \text{ tan}} 1,9 \text{ mm}$.



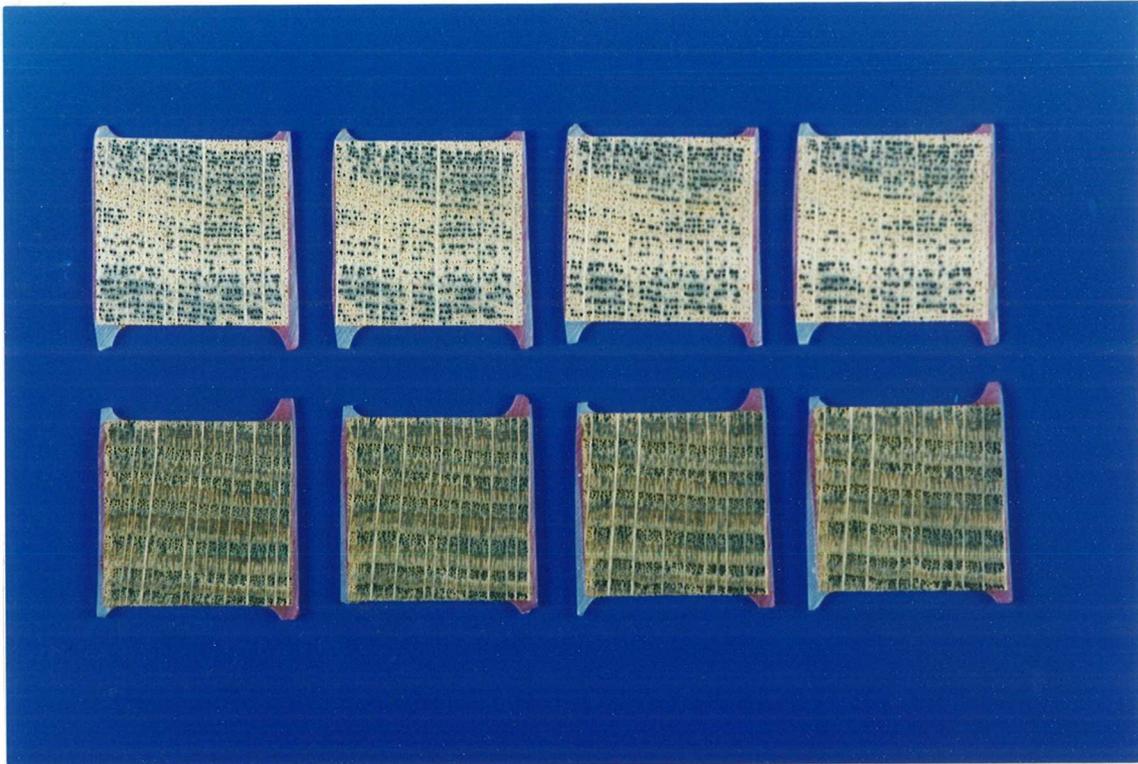
Anhang 3.11: Foto einer 5-seitig abgedichteten, faserparallel aufgeschnittenen Axialprobe, Holzart: DRM Kern. Nur wenige Millimeter vollständige Durchtränkung (links), die maximalen Eindringtiefe t_0 entlang der Harzkanäle ist jedoch größer als die Probenlänge (rechts).



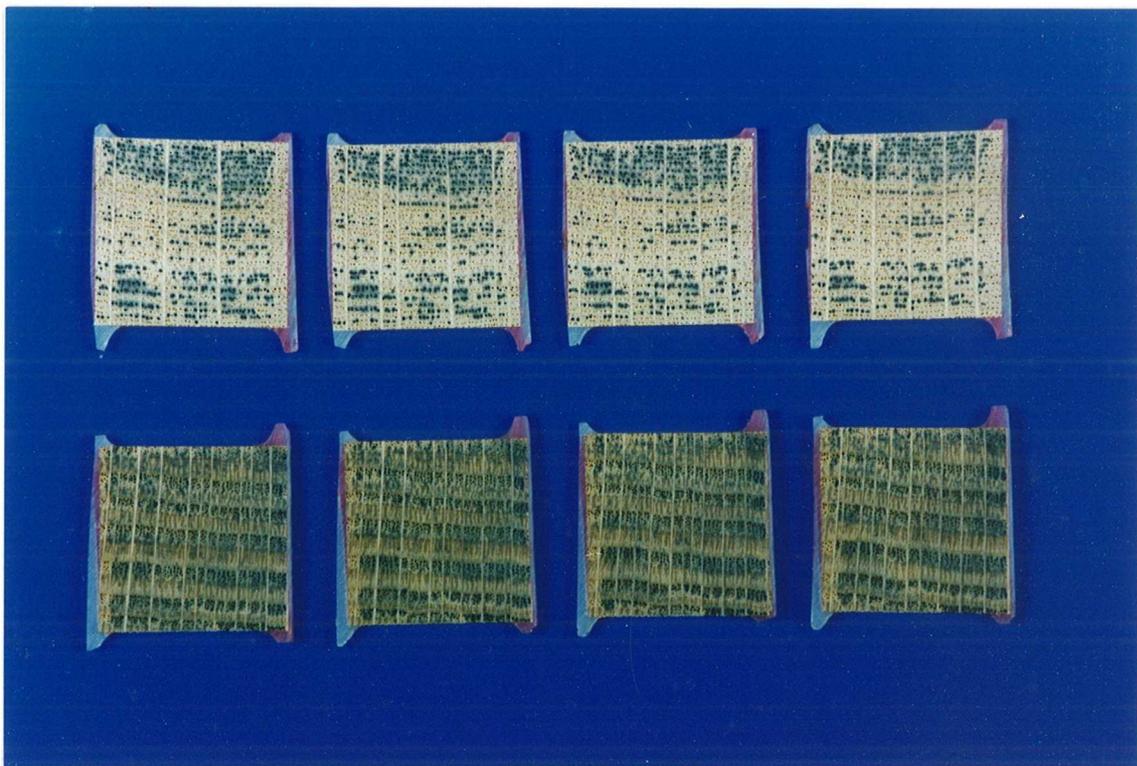
Anhang 3.12 Foto von 2 aufgeschnittenen IUFRO-Probenhälften. Holzart: Eiche Kern, links Eindringfront, rechts Probenmitte, oben Radialschnitt, unten Tangentialschnitt. Gefäße durchtränkt, übriges Grundgewebe nicht durchtränkt.



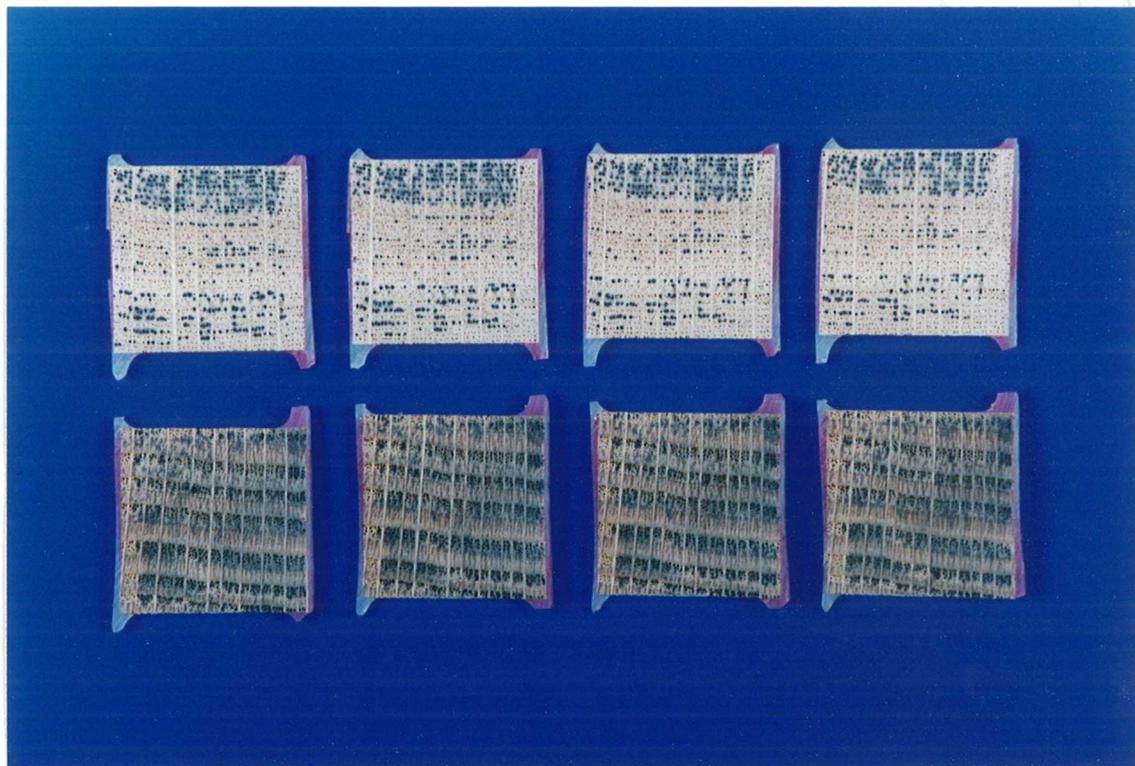
Anhang 3.13: Foto von zwei 5-seitig abgedichteten Axialproben von Eiche Kernholz-. Oben feinjählig, unten grobjählig, von links nach rechts jeweils in den Tiefen 1, 4, 7, 10 mm.



Anhang 3.14 Foto derselben Proben wie in 3.13, Querschnitte jedoch in den Tiefen 13, 16, 19, 22 mm.



Anhang 3.15: Foto derselben Proben wie in 3.13, Querschnitte jedoch in den Tiefen 25, 28, 31, 34 mm.



Anhang 3.16 Foto derselben Proben wie in 3.13. Querschnitte jedoch in den Tiefen 37, 40, 43, 46 mm.



Anhang 3.17: Foto derselben Proben wie in 3.13. Querschnitte jedoch in den Tiefen 49, 52, 55, 58 mm.

Anhang 4

Angaben der zur Prüfung verwendeten Tränkmittel

Kupfer-Chrom-Bor (a)

Für vergleichende Untersuchungen mit einem handelsüblichen Holzschutzmittel kam eine 4%-ige wäßrige Lösung (pH 2,9) eines borarmen Kupfer-Chrom-Borsalzes WOLMANIT CBas, VM 235, Muster vom 6.3.91 zum Einsatz.

Rezeptur:

3,00 % Kupfersulfat x 5 Wasser
11,79 % Kupfer-II-Oxid
4,00 % Borsäure
30,69 % Chromsäureanhydrid
50,52 % Wasser

Kupfer-HDO

Für weitere vergleichende Untersuchungen mit einem Holzschutzmittel im leicht basischen Bereich (pH 8,4), wurde eine 2%-ige wäßrige Lösung Cu-HDO WOLMANIT CX-S, U 5652, Muster VM 122 v. 14.3.90, eingesetzt.

Rezeptur:

6,10 % Bis-(N-Cyclohexyldiazoniumdioxy)-Kupfer
8,10 % Kupfer-(II)-hydroxidcarbonat
4,00 % Borsäure
81,8 % Komplexbildner, Hilfsstoffe, Wasser

Anhang 5

Formblatt zur Darstellung der Ergebnisse / Aufnahme

Holzart:

Aufnahme radial in g				bei Tränkzeit: <input type="checkbox"/> 4 h / <input type="checkbox"/> 0,25 h	
Lage	Mittelwert	Minimum	Maximum	± S	Anzahl
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
Splint					
Kern					

Aufnahme tangential in g				bei Tränkzeit: <input type="checkbox"/> 4 h / <input type="checkbox"/> 0,25 h	
Lage	Mittelwert	Minimum	Maximum	± S	Anzahl
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
Splint					
Kern					

Aufnahme axial in g				bei Tränkzeit: <input type="checkbox"/> 4 h / <input type="checkbox"/> 0,25 h	
Lage	Mittelwert	Minimum	Maximum	± S	Anzahl
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
Splint					
Kern					

Anhang 6

Formblatt zur Darstellung der Ergebnisse / Eindringtiefe

Holzart.

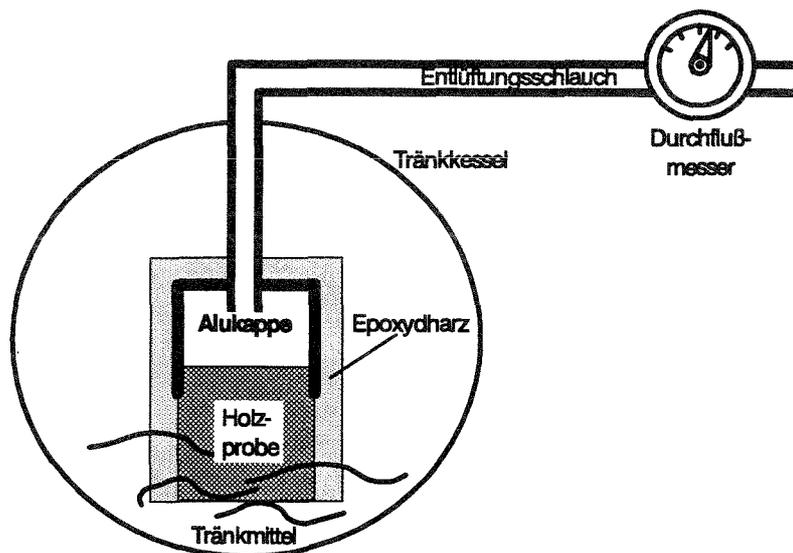
Eindringtiefe radial t 50 in mm				bei Tränkzeit: <input type="checkbox"/> 4 h / <input type="checkbox"/> 0,25 h	
Lage	Mittelwert	Minimum	Maximum	± S	Anzahl
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
Splint					
Kern					

Eindringtiefe tangential t 50 in mm				Tränkzeit: <input type="checkbox"/> 4 h / <input type="checkbox"/> 0,25 h	
Lage	Mittelwert	Minimum	Maximum	± S	Anzahl
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
Splint					
Kern					

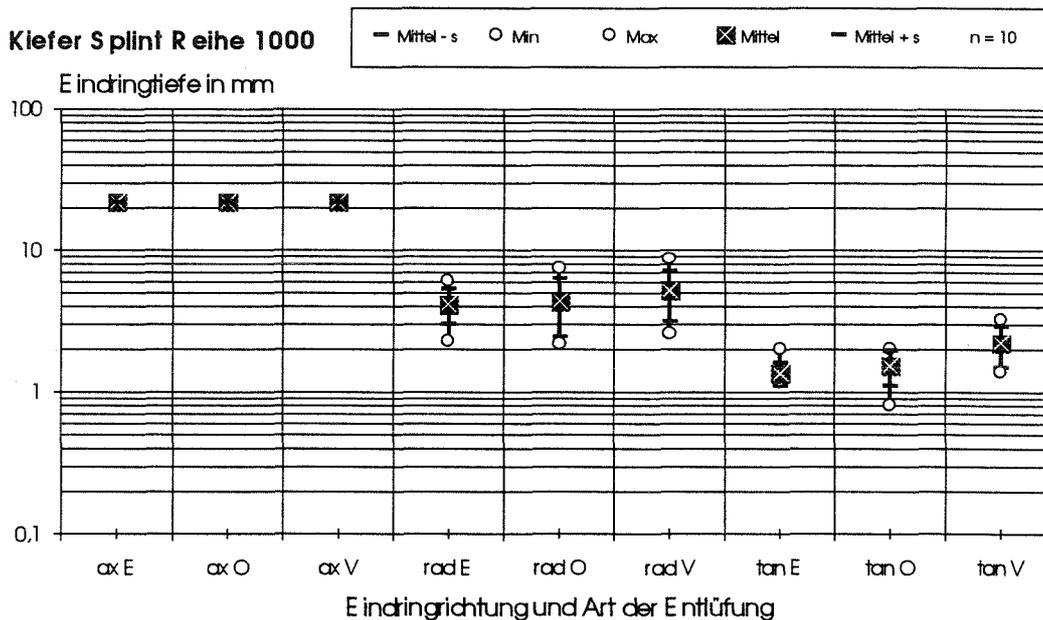
Eindringtiefe axial t 100 in mm				bei Tränkzeit: <input type="checkbox"/> 4 h / <input type="checkbox"/> 0,25 h	
Lage	Mittelwert	Minimum	Maximum	± S	Anzahl
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
Splint					
Kern					

Anhang 7

Zur Prüfung der Notwendigkeit einer Entlüftung



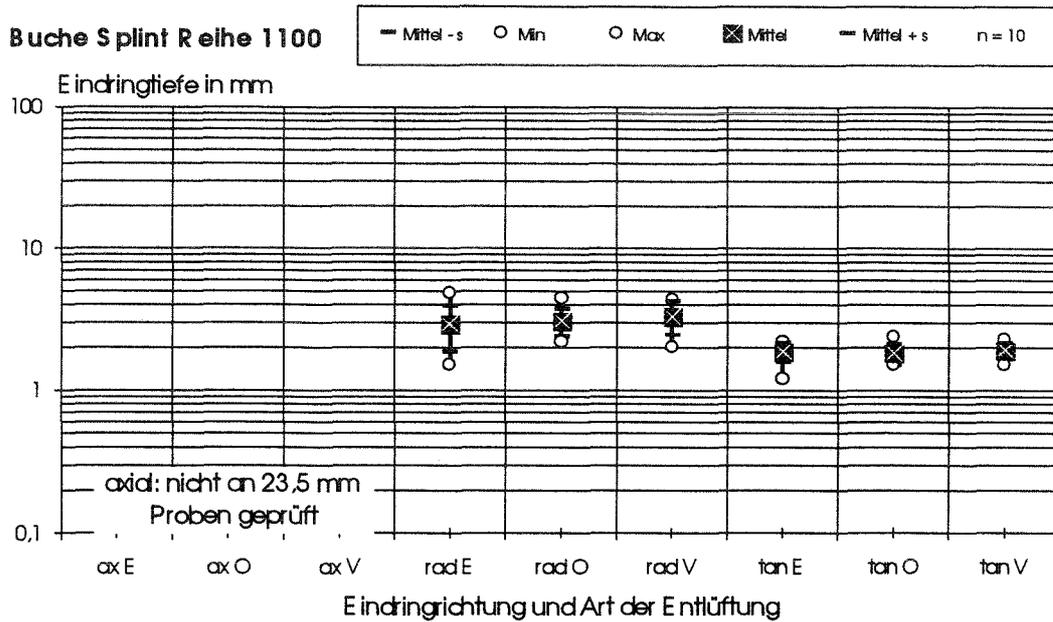
Prinzipische Skizze eines Prüfkörpers mit Entlüftung



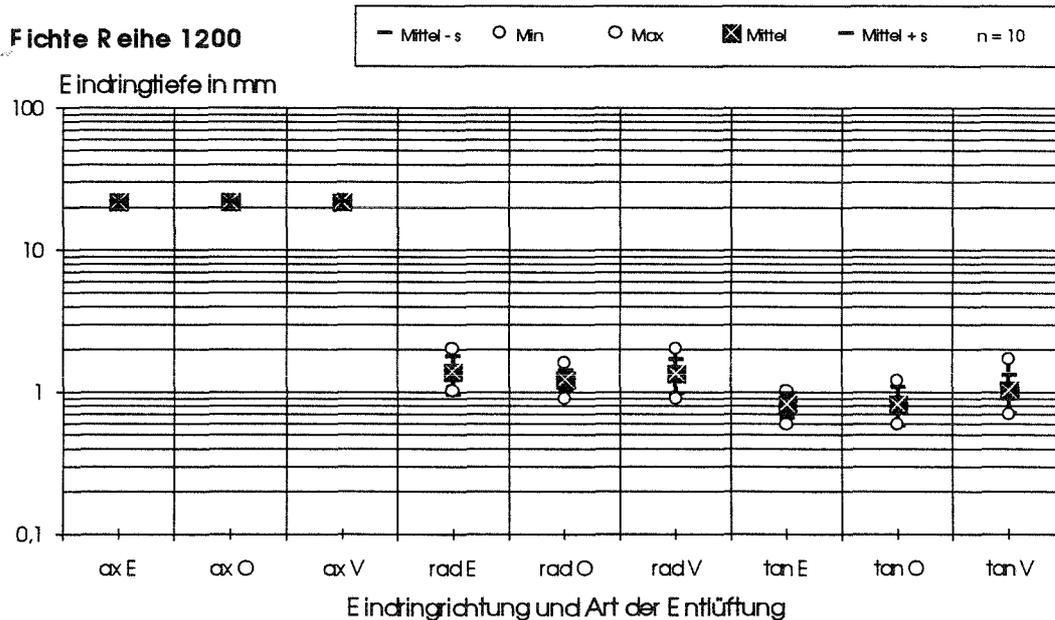
Gegenüberstellung der Tränkmittelseindringtiefen für Prüfkörper mit Entlüftung (E), ohne Entlüftung (O) und Vorvakuumbehandlung (V), für die Tränkrichtungen axial (α), radial (rad) und tangential (tan). Holzart: Kiefer Splint.

Anhang 7

Prüfung der Notwendigkeit von entlüfteten Prüfkörpern



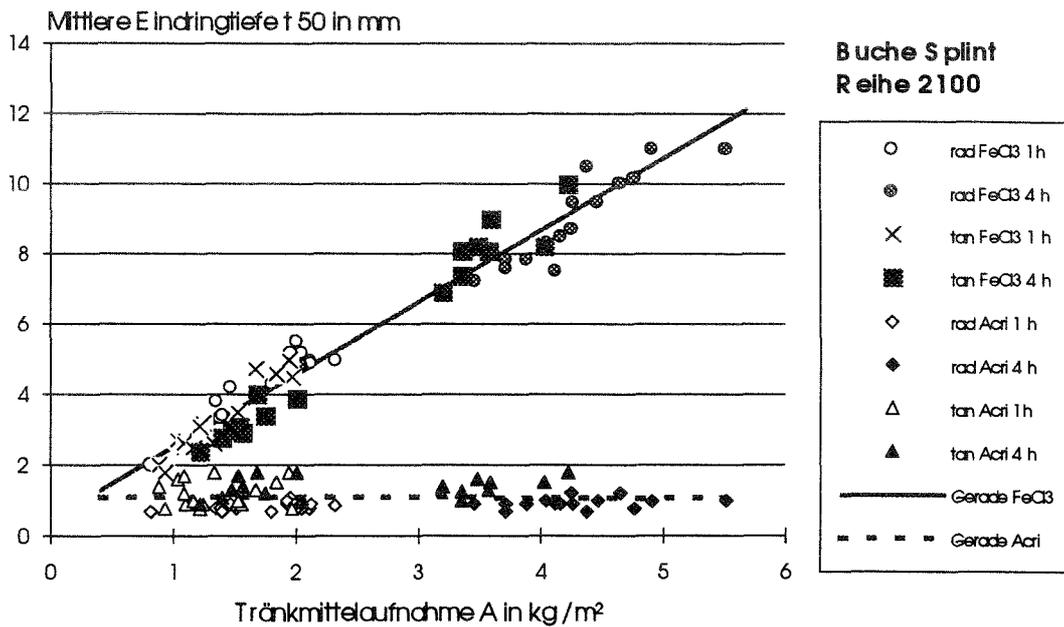
Gegenüberstellung der Tränkmitteleindringtiefen für Prüfkörper mit Entlüftung (E), ohne Entlüftung (O) und Vorvakuumbehandlung (V), für die Tränkrichtungen axial (ax), radial (rad) und tangential (tan).



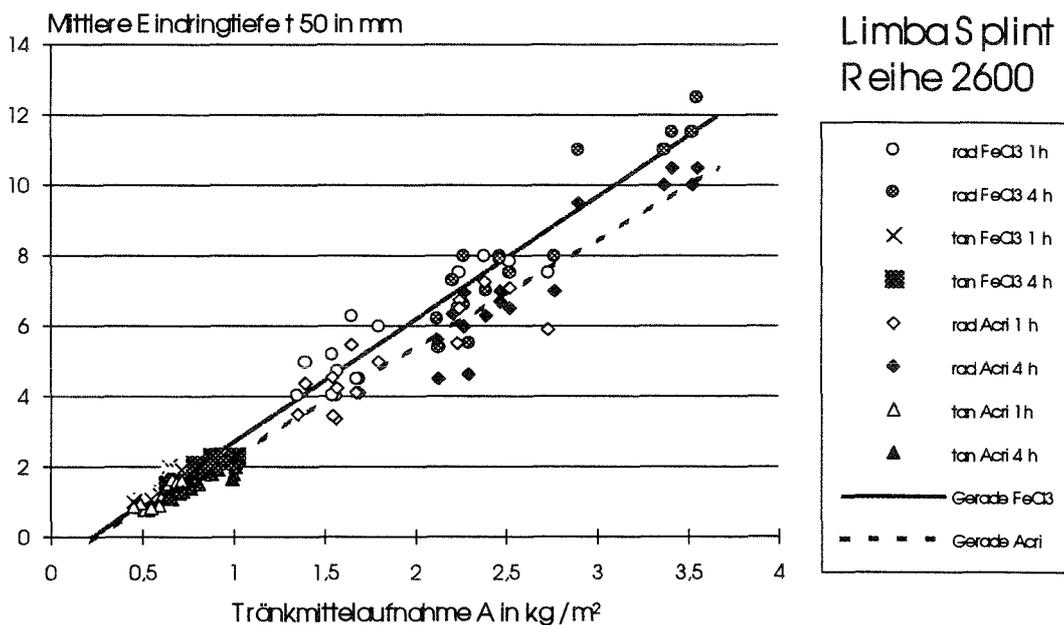
Gegenüberstellung der Tränkmitteleindringtiefen für Prüfkörper mit Entlüftung (E), ohne Entlüftung (O) und Vorvakuumbehandlung (V), für die Tränkrichtungen axial (ax), radial (rad) und tangential (tan).

Anhang 8

Wechselwirkung zwischen Holzarten und Tränkmittel



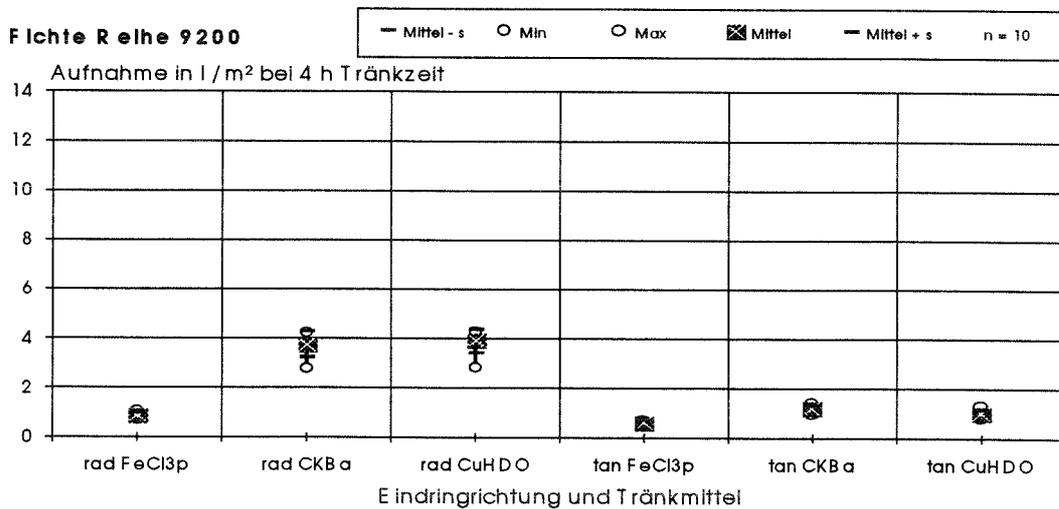
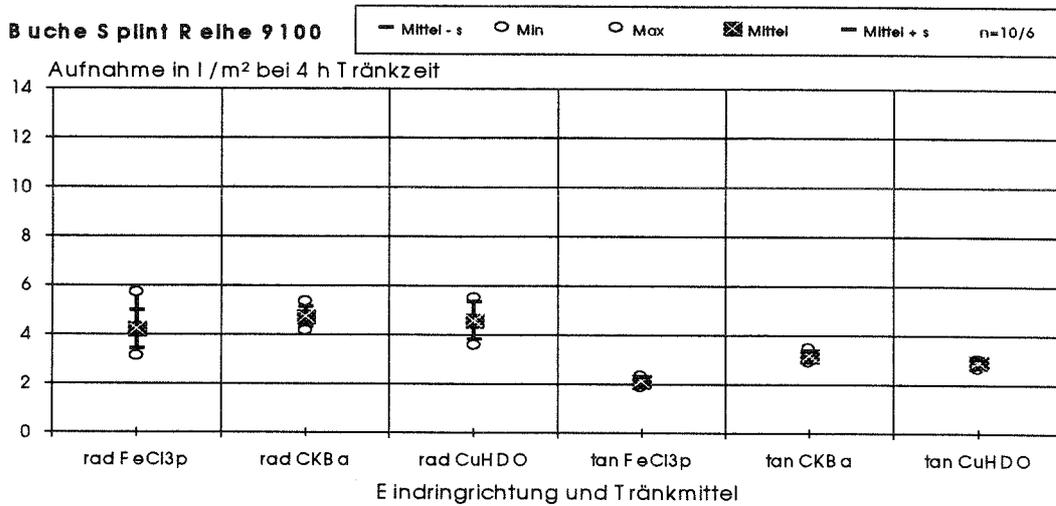
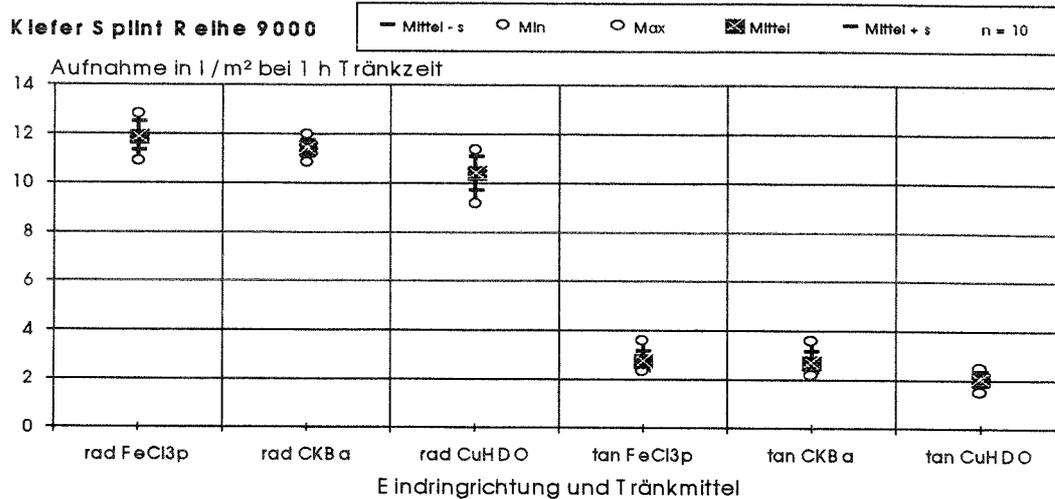
Keine Korrelation bei Buche zwischen Eindringtiefe von Acridinorange und Tränkmittelaufnahme, jedoch straffe Korrelation zwischen Eindringtiefe der Eisenionen und Tränkmittelaufnahme.



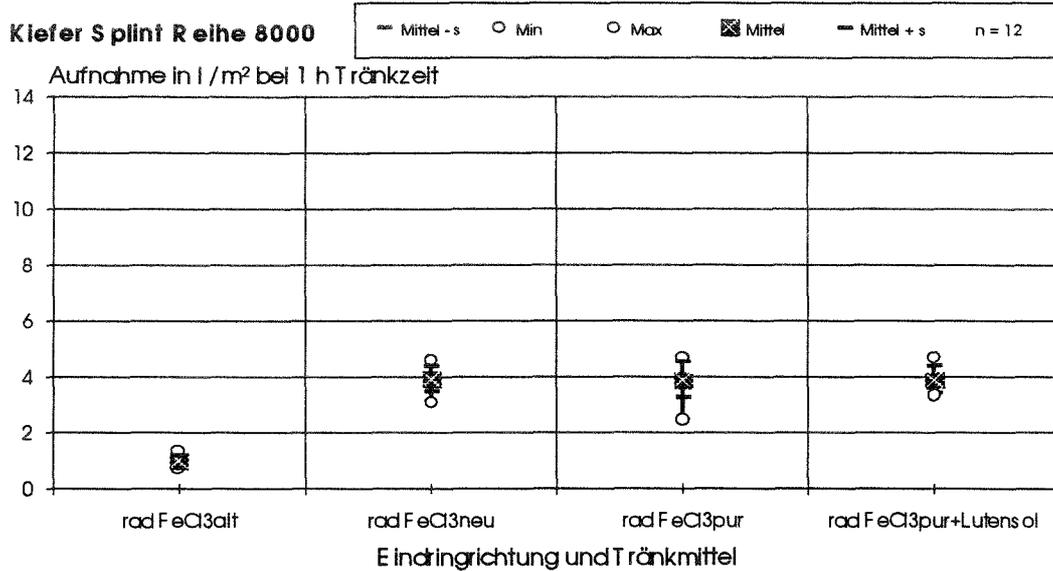
Bei Limba Splint korrelieren Eindringtiefen von Eisenionen und Acridinorange mit der Tränkmittelaufnahme.

Anhang 9

Wechselwirkung zwischen Holzarten und Tränkmittel

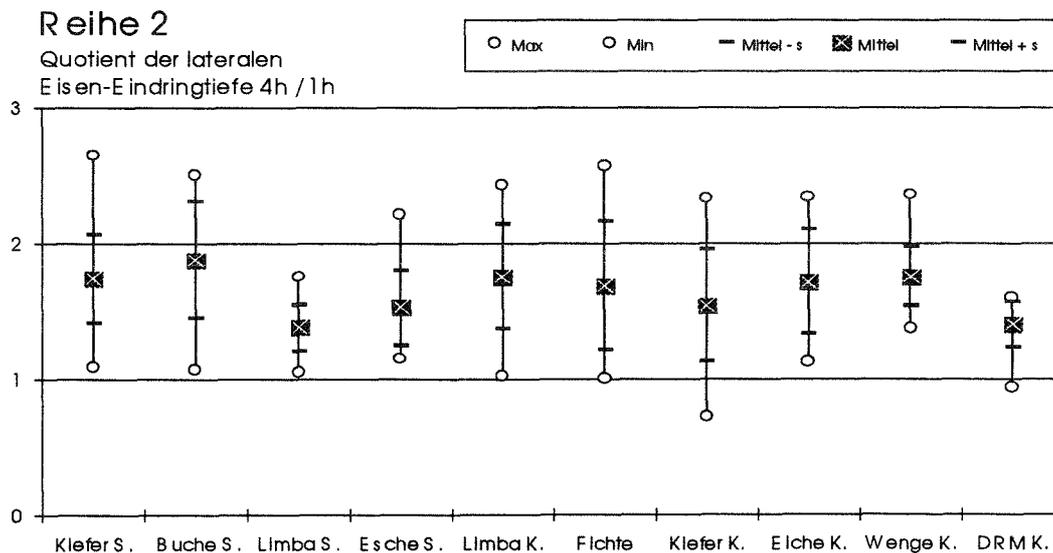


Anhang 10 Einfluß des Alters von Tränklösungen



Vergleich der Tränkmittelaufnahmen zwischen fortlaufend verwendeter Tränklösung FeCl₃alt und den frisch angesetzten Tränklösungen FeCl₃neu, FeCl₃pur, FeCl₃pur+Lutensol (Netzmittel) bei radialer Eindringrichtung an Kiefersplintholz.

Anhang 11 Einfluß der Tränkzeit auf die Eindringtiefe

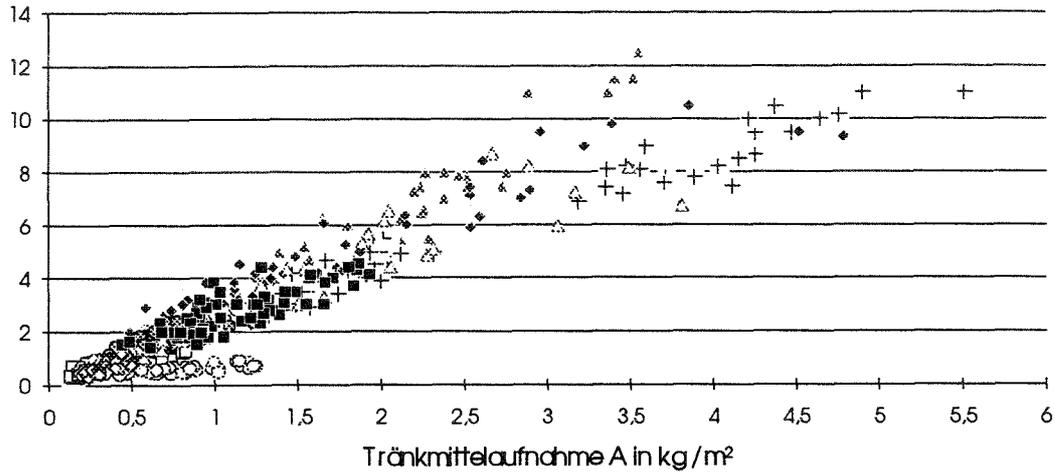
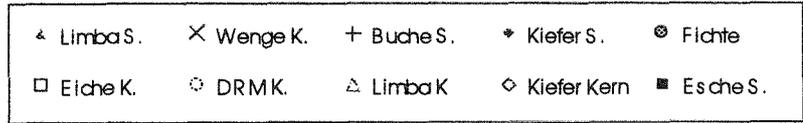


Die Quotienten aus Eindringtiefe für 4 und 1 Stunde Tränkzeit liegen zwischen 1,4 und 1,9.

Anhang 12 Korrelation zwischen Eindringtiefe und Aufnahme

Reihe 2

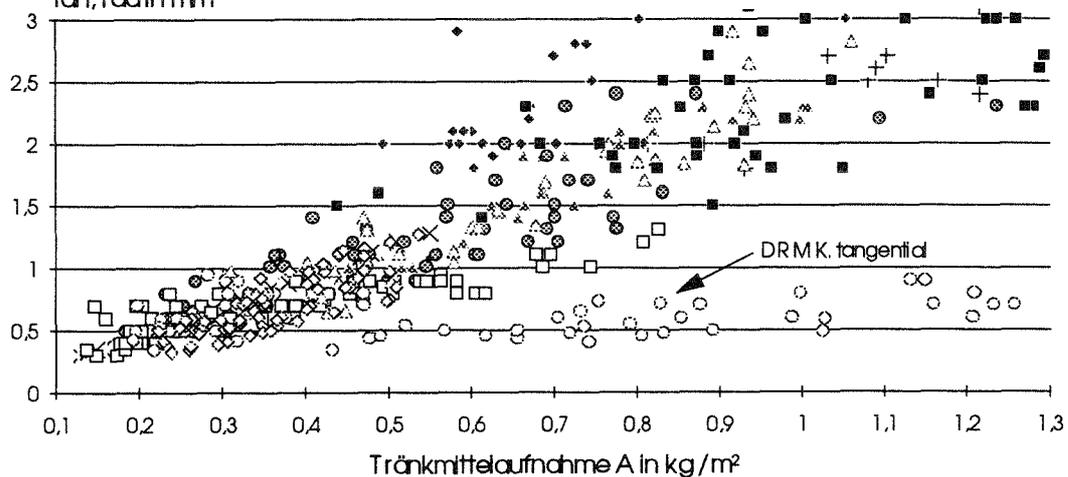
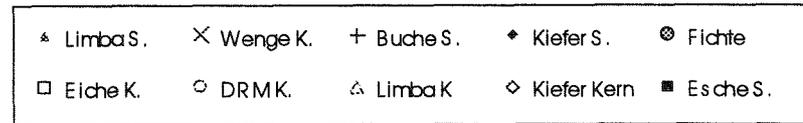
Eindringtiefe
tan, rad in mm



Anhang 12.1: Graphik zur holartenübergreifenden Korrelation von Eindringtiefe und Tränkmittelaufnahme.

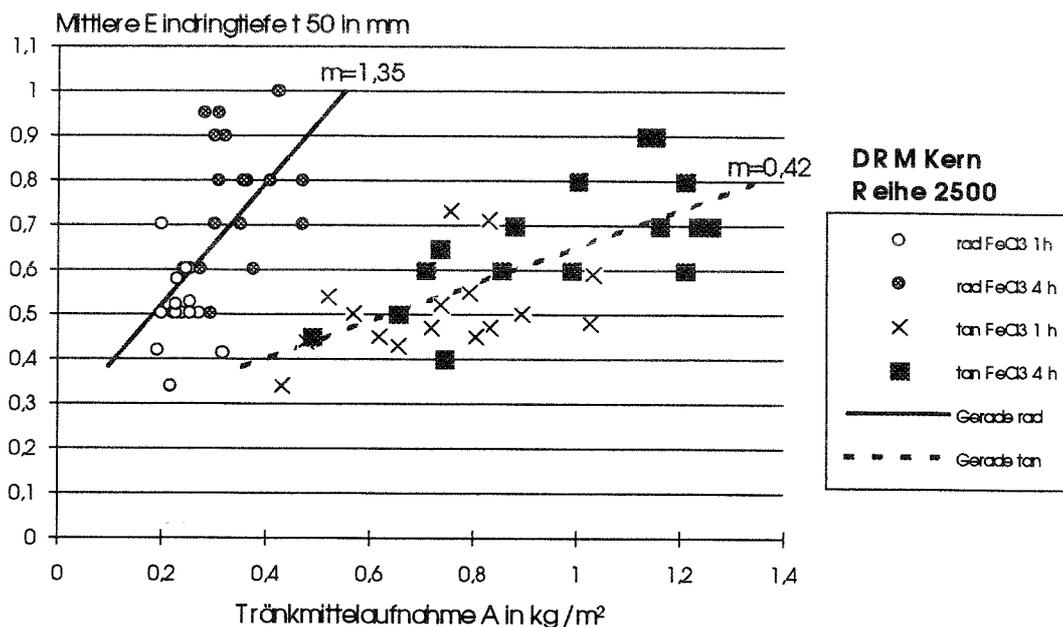
Reihe 2

Eindringtiefe
tan, rad in mm



Anhang 12.2: Vergrößerter Ausschnitt aus 12.1 (links unten).

Anhang 13 Eindringtiefe über Aufnahme für Meranti

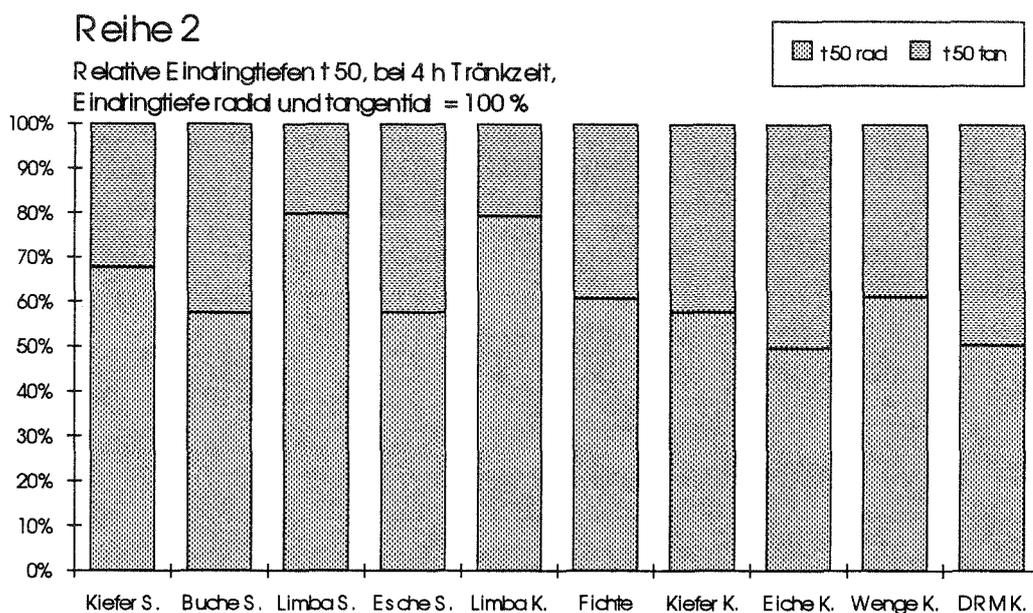


Graphik zur Korrelation von Eindringtiefe und Tränkmittelaufnahme bei Dark-Red-Meranti in unterschiedlichen Tränkrichtungen. Tangential höhere Aufnahme bei geringerer Eindringtiefe als in radialer Richtung.

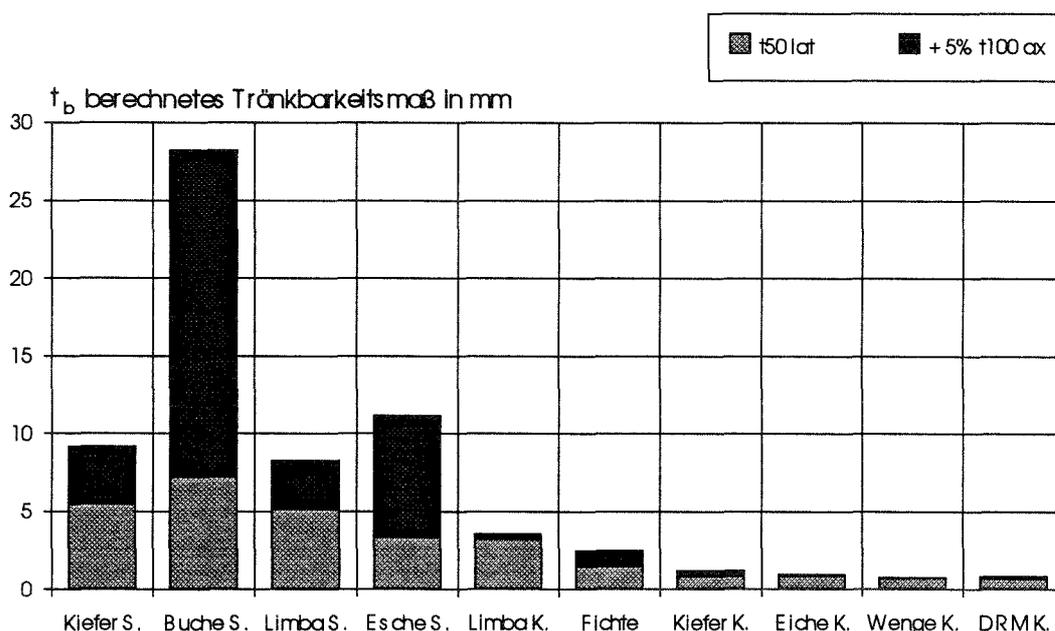
Anhang 14 Tränkbarkeitsklassen nach EN 350-2 (1992).

Tränkbarkeitsklasse	Beschreibung	Erklärung
1	gut tränkbar	einfach zu tränken; Bohlen werden bei Druckbehandlung ohne Schwierigkeiten vollständig durchdrungen
2	mäßig tränkbar	ziemlich einfach zu tränken; in der Regel ist eine vollständige Durchdringung nicht möglich, nach 2 oder 3 h Druckbehandlung kann jedoch in Nadelhölzern mehr als 6 mm Eindringung senkrecht zur Faser erreicht werden und in Laubhölzern wird ein großer Anteil der Gefäße durchdrungen
3	schwer tränkbar	schwierig zu tränken; 3 bis 4 h Druckbehandlung ergeben nicht mehr als 3 mm bis 6 mm Eindringung senkrecht zur Faserrichtung
4	sehr schwer tränkbar	praktisch unmöglich zu tränken; nimmt auch nach 3 bis 4 h Behandlungsdauer nur wenig Schutzmittel auf; Eindringung sowohl in Längsrichtung, als auch senkrecht dazu minimal

Anhang 15 Anisotropie radialer und tangentialer Eindringtiefen



Anhang 16 Berechnete Tränkbarkeit



Anmerkung: Das in dieser Prüfreihe verwendete Kiefersplintholz war schwerer tränkbar als gewöhnlich. Daß es von den 10 geprüften Holzarten nicht wie erwartet die beste Tränkbarkeit aufwies, ist nicht dem Prüfverfahren anzulasten, sondern auf natürliche Schwankungen zurückzuführen.

Anhang 17

Vergleich zwischen t_b und IUFRO-Proben.

Holzart	%-uale Durchtränkung des Querschnitts der IUFRO-Probe	Tränkbarkeitsklasse nach IUFRO-Prüfung	zum Vergleich t_b in mm aus Prüfreihe 2
Buche Splint	100 %	1	28
Esche Splint	100 %	1	11
Kiefer Splint	83 %	2	9
Limba Splint	87 %	2	8
Limba Falschkern	nicht in IUFRO-Probengröße verfügbar		4
Fichte	4 %	4	3
Kiefer Kern	3 %	4	1
Eiche Kern	4 %	4	1
DR-Meranti Kern	2 %	4	1
Wenge Kern	Eindringtiefe war nicht sicher erkennbar		1

Beide Prüfverfahren erbrachten dieselbe Rangfolge der Tränkbarkeit.

Anmerkung:

Das in dieser Prüfreihe verwendete Kiefersplintholz war schwerer tränkbar als gewöhnlich. Daß es von den 10 geprüften Holzarten nicht wie erwartet die beste Tränkbarkeit aufwies, ist nicht dem Prüfverfahren anzulasten, sondern auf natürliche Schwankungen zurückzuführen.

T 2551

Laboratory method for testing the treatability of wood species

Research Project F 92/1; BFH Ref. 213.4.9.49 "Impregnation"

performed at the
Institute of Wood Biology and Wood Preservation of
the Federal Research Centre for Forestry and Forest Products,
Leuschnerstr. 91, D 21031 Hamburg

Knowledge of treatability is essential for the utilization of wood which has to be treated with preservatives. Treatability is a characteristic feature of wood species whose classification ranges from "permeable" to "extremely resistant" in international literature. Usually, sapwood and heartwood reveal different properties within one stem, and in Europe the treatability of sapwood is especially important whereas in the tropics the exclusively used coloured heartwood is regarded. Consequently, references on the treatability of timber species in the German trade appear inconsistent. Within the standard EN 350-2 (1992), a rating to four classes of treatability, ranging from "permeable" to "extremely resistant", was developed on the basis of 127 wood species that may be used according to German standard DIN 1052 in the constructional sector. This rating originated from practical results and literature data quite apart from uniform test procedures and without significance. It was the aim of this work to develop an appropriate standard procedure for the practical testing of the penetration of impregnation liquids into wood as a basis for a commonly applicable classification of the treatability of wood species. Following this idea, an expedient procedure was developed for the preparation of test samples with a resin coating on five faces, thus allowing to determine the depth of penetration at eight bar pressure of different substances separately according to the three anatomical dimensions. In screening the test method with heartwood and sapwood of eight indigenous and tropical wood species, a strong correlation appeared between penetration and retention within a wood species and direction of penetration, but considerable variations of correlation factors were found between the wood species. The result of the impregnation depends on a specific interaction between impregnation fluid and wood species, so that data on the treatability of a wood species are significant only in connection with the preservative used. The newly developed test method leads to a "calculated treatability" as a balanced feature of measurements of radial, tangential and axial depth of penetration; it yielded results congruent with those of a classification method proposed by IUFRO and seems to be appropriate for the rating of hitherto unknown wood species according to the four-class system of the European Standard EN 350-2.

T 2551

Procédés au laboratoire pour l'examen de la pénétrabilité des espèces de bois.

Projet de recherche F-92/1; BFH Az.: 213.4.9.49 "Pénétration"

Centre Fédéral de Recherches Forestières et du Bois
Institut pour la Biologie et la Protection du Bois
Leuschnerstr. 91, D 21031 Hambourg

Les connaissances de pénétrabilité sont nécessaires pour l'utilisation du bois qui doit être imprégné. C'est une qualité propre du bois dont la classification selon la littérature internationale va de "perméable" jusqu'à "extrêmement résistant". En général, l'aubier et le bois parfait d'un même tronc montrent des comportements distincts, c'est pourquoi en Europe la pénétrabilité de l'aubier est d'une importance particulière, alors que dans les pays tropicaux le duramen, exclusivement utilisé, est d'un grand intérêt. Il s'ensuit que la littérature mentionnée des espèces de bois commercialisés en Allemagne n'est pas uniforme. Dans la norme européenne EN 350-2 (1992), pour 127 espèces de bois qui, selon DIN 1052, peuvent être employées dans les constructions, une classification en quatre catégories (classes) de pénétrabilité allant de "bien pénétrable" jusqu'à "très difficile à pénétrer" a été entreprise, en se basant sur des valeurs empiriques et sur la bibliographie. Cette classification n'a pas été obtenue par un procédé d'examen uniforme et n'a pas été approuvée. Le but du projet a été alors de développer un procédé standard approprié pour l'examen pratique de la possibilité de pénétration des liquides dans le bois comme base d'une classification conventionnelle de la pénétrabilité. Un procédé rationnel a été ainsi acquis pour la confection d'échantillons à examiner dont cinq faces sont calfeutrées de résine, avec lesquels l'infiltration en profondeur de différents produits, séparés selon les trois orientations anatomiques du bois, a été obtenue sous une pression de huit bar. Lors de l'essai d'examen d'aubier et de bois parfait de huit espèces de bois indigènes et tropicaux, une forte corrélation, selon l'espèce de bois et la direction de pénétration, se manifeste entre l'absorption et la profondeur de pénétration du produit d'imprégnation. Cependant, parmi les diverses espèces de bois il y avait une grande variation des facteurs de corrélation. Le résultat de pénétration dépend d'une action réciproque spécifique entre le produit d'imprégnation et l'espèce de bois, de façon que la pénétrabilité ne soit déclarée vigoureuse que lorsque le produit à appliquer soit indiqué. Le procédé d'examen développé donne une "pénétrabilité calculée" considérée comme unité de mesure dérivant de la pénétration en profondeur dans la direction radiale, tangentielle et axiale, et aboutissant à des résultats qui conviennent à une méthode de classification proposée par l'IUFRO et qui paraît adaptable à la classification des espèces de bois encore inconnues dans le système des quatre catégories de la Norme Européenne EN 350-2.