

**Über die Imprägnierbarkeit
einheimischer Nadel- und Laubhölzer
mit Steinkohlen-Teeröl**

VON DER

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH**

ZUR ERLANGUNG DER WÜRDE
EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
GENEHMIGTE

PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

KARL FRIEDRICH BOTHO ERNST

DIPL. HOLZWIRT UNIV. HAMBURG
DEUTSCHER STAATSANGEHÖRIGER

REFERENT: HERR PROF. DR. H. H. BOSSHARD

KORREFERENT: HERR PROF. DR. F. RUCH

1964

es dem Teeröl nicht genügend ausweichen, da bei der Imprägnierung natürlich erst die Zell-Lumina mit Teeröl ausgefüllt sind. Das Teeröl versperert sich selbst den Weg dadurch, daß es den Schnitt vollständig umgibt und das Wasser in der Zellwand einschließt. Auch wenn nur wenig Wasser in der Zellwand vorliegt, so daß es sich innerhalb derselben zusammenzieht, bestehen ungünstige Bedingungen für das Teeröl. Die Zellwand besitzt einen ausgeprägt hydrophilen Charakter und verhält sich auch ohne Anwesenheit des Wassers abweisend gegenüber dem Teeröl, dies bestätigt auch H. B r o e s e v a n G r o e n a u (9) bei Quellungsversuchen an Buche. Man muß also einen Stoff finden, der diese abstoßende Wirkung Zellwand – Teeröl aufhebt. Mit Dioxan und Aceton kann man erreichen, daß Teerölbestandteile in die Zellwand einzudringen vermögen. Hierbei ist allerdings nicht klar, ob durch das Dioxan eine Bindung zwischen Zellwand und Teeröl ermöglicht oder durch Herauslösen einzelner Zellwandkomponenten der Weg für das Teeröl frei wird. W. S a n d e r m a n n (39) schaltete Methanol und Fuselöl als Zwischenstufen ein, um auch für Teeröl das Boucherie-Verfahren verwenden zu können. Allerdings wollte er bei seinen Versuchen keine Zellwandtränkung erzielen, sondern lediglich eine Saftverdrängung durch Teeröl erreichen.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Imprägnierbarkeit der Gewebe, der Gewebeteile und der Zellwände. Im ersten Teil wird die Ölverteilung an Proben aus Massivholz beurteilt. Hierbei werden Fichte, Föhre, Tanne, Eiche, Esche und Rotbuche berücksichtigt. Im zweiten Teil wird die Imprägnierbarkeit der Zellwände an Mikroschnitten aus Tannenholz untersucht.

Die Beobachtungen im ersten Abschnitt werden mit Hilfe des Fluoreszenz-Mikroskops durchgeführt. Im zweiten Abschnitt wird neben dem Fluoreszenz-Mikroskop auch ein UV-Mikrospektrograph herangezogen.

In der ersten Versuchsreihe werden die Proben nach dem Einfach- bzw. Doppel-Rüping-Verfahren imprägniert. Es ergeben sich bei den sechs Holzarten folgende Ergebnisse:

1. Das Wasserleitgewebe stellt bei den Laubhölzern den Haupteindringweg dar. Das Teeröl liegt meist als Film in den Gefäßen vor. – Das Frühholz der Nadelhölzer ist nur am Probenrand getränkt, innen wirkt sich der Tüpfelverschluß aus.
2. Das Festigungsgewebe läßt sich bei den Nadelhölzern gut tränken und ist bis zu einem gewissen Umfang an der Ölverteilung im Holz beteiligt. – Bei Rotbuche dienen die Fasern als Bindeglied zwischen den Gefäßen und nehmen an der Imprägnierung teil. Die Durchdringung des Festigungsgewebes bei Eiche und Esche ist abhängig von der Lage zu den Gefäßen.

3. Das Speichergewebe der Nadelhölzer ist der Hauptleitweg für das Teeröl ins Holzinnere. Die Aufgabe wird bei den drei Nadelhölzern unterschiedlich ausgeführt. Das Harzkanalsystem bei Fichte und Föhre ist nur unbedeutend an der Imprägnierung beteiligt. – Das Speichergewebe der Laubhölzer, Markstrahl- und Strangparenchym, wird über die Gefäße imprägniert und ist somit abhängig von der Lage zu den Tracheen.
4. Unterschiede auf Grund des Kern- und Splintholzes treten am deutlichsten bei den Farbkernhölzern in Erscheinung. Der Farbkern bei Eiche, Esche, Rotbuche ist nicht und der von Föhre nur über Risse und auf Grund der kleinen Probengrößen zu tränken. – Bei Fichte, Tanne und Föhre ist ein Einfluß der Zone des inneren Splintes zu bemerken, doch kommt er wegen der geringen Probengröße nicht zur Wirkung. Farbkernfreie Rotbuche zeigt im Kern lediglich eine ungleichmäßigere Ölverteilung als im Splint.

Bei den Versuchen zur Zellwandtränkung werden zwei verschiedene Methoden angewendet:

5. Die Schnittimprägnierung zeigt durch Teeröl, Fraktionen des Teeröls, reine Lösungsmittel und Toluol-Teeröl-Gemisch keine Veränderung der Zellwandfluoreszenz. Bei dem Teerölgemisch mit Dioxan oder Aceton ergibt sich eine Zellwandtränkung. Das Verhältnis Teeröl : Dioxan 1 : 5 erweist sich als das günstigste.
6. Absorptionsmessungen mit dem UV-Mikrospektrographen an Tannendünnschnitten bringen das Ergebnis, daß nach 120 Stunden Kaltimprägnierung kein Teeröl in der Zellwand nachzuweisen ist.

Résumé – Riassunto – Summary

La faculté d'imprégnation des bois indigènes à l'aide d'huiles de goudron de houille

La présente étude traite de la faculté d'imprégnation des tissus, des parties de tissus et des membranes cellulaires. Dans la première partie, on examine la répartition de la créosote dans la masse du bois chez l'épicéa, le pin sylvestre, le sapin, le chêne, le frêne et le hêtre. Dans la deuxième partie, la faculté d'injection des membranes cellulaires du sapin est analysée au moyen de coupes minces.

Les observations de la première partie du travail ont été exécutées à l'aide du microscope à fluorescence. Dans la deuxième partie, on a utilisé en plus un microspectrographe à rayons ultra-violet.

Dans la première série des essais, les éprouvettes ont été imprégnées selon le procédé Rüping simple, respectivement double. Pour les six essences, les résultats sont les suivants :

1. Le tissu conducteur d'eau représente chez les feuillus la voie principale d'infiltration. La créosote forme souvent un film à l'intérieur des vaisseaux. Le bois initial des résineux n'est imprégné qu'à la périphérie de l'éprouvette, les ponctuations aérolées étant obturées, ce qui empêche l'infiltration.
2. Le tissu de soutien des résineux se laisse facilement injecter et il prend part jusqu'à une certaine mesure à la rétention de la créosote dans le bois. Chez le hêtre, les fibres ligneuses assurent le contact entre les vaisseaux et participent à l'imprégnation. L'injection du tissu de soutien dépend chez le chêne et le frêne de sa position vis-à-vis des vaisseaux.
3. Le tissu de réserve des résineux constitue la voie principale de pénétration de la créosote à l'intérieur du bois. Elle s'effectue différemment chez les trois résineux examinés. Le réseau des canaux résinifères de l'épicéa et du pin sylvestre a une importance insignifiante pour l'imprégnation. Le tissu de réserve des feuillus, parenchyme radial et axial, est imprégné depuis les vaisseaux, l'imbibition dépendant de l'éloignement par rapport aux éléments vasculaires.
4. Des différences dans la facilité d'injection entre le bois parfait et l'aubier sont le plus marquées chez les essences à duramen coloré. Le duramen du chêne, du frêne et du hêtre n'est pas injectable et celui du pin ne l'est que grâce aux fentes et à la petitesse des éprouvettes. Chez l'épicéa, le sapin et le pin sylvestre on constate une influence du bois intermédiaire, qui cependant ne se manifeste pas nettement, à cause de la dimension réduite des éprouvettes. Du hêtre non duraminisé montre seulement une distribution moins uniforme de la créosote que dans l'aubier.

Deux méthodes ont été utilisées lors des essais d'imprégnation de la membrane cellulaire.

5. *La fluorescence de la membrane cellulaire ne montre aucun changement lors de l'imprégnation des coupes minces avec de la créosote, des fractions de créosote, des solvants organiques purs, comme aussi avec une solution de toluène et de créosote. La créosote mélangée au dioxane ou à l'acétone est absorbée par la membrane cellulaire. Une proportion de créosote et de dioxane de 1 : 5 s'est avérée la plus favorable.*
6. *Des mesures d'absorption sur des coupes minces de sapin avec le microspectrographe à rayons ultra-violet ont montré qu'après 120 heures de traitement à froid aucune créosote ne peut être constatée dans la membrane cellulaire.*

La possibilità di impregnare legni indigeni agli oli di distillazione del catrame di carbon fossile

Questo lavoro studia la possibilità di impregnare tessuti, parti di tessuti e membrane cellulari del legno. Nella prima parte si esamina la distribuzione dell'olio in campioni massicci di legno di abete rosso, pino silvestre, abete bianco, quercia, frassino e faggio. Nella seconda parte si determina la permeabilità delle pareti cellulari dell'abete bianco mediante sezioni microscopiche.

Le osservazioni riguardanti la prima parte del lavoro vennero eseguite con il microscopio a fluorescenza; nella seconda parte si usò anche un microspettrografo a raggi ultravioletti.

Per la prima serie di prove i campioni vennero impregnati secondo il metodo Rüping semplice e doppio. I risultati, valevoli per le sei specie legnose considerate, sono i seguenti:

1. *Il tessuto vascolare rappresenta nelle frondifere la via principale di penetrazione. L'olio si deposita per lo più come una pellicola all'interno dei vasi stessi. — Il legno primaverile delle conifere s'impregna solo in superficie, una penetrazione all'interno essendo impedita dalle punteggiature areolate chiuse.*
2. *Il tessuto meccanico delle conifere si lascia permeare facilmente e partecipa in una certa misura alla diffusione dell'olio nel legno. — Nel faggio le fibre legnose assicurano il contatto tra i vasi e vengono esse pure impregnate. La penetrazione nello sclerenchima della quercia e del frassino dipende invece dalla sua posizione rispetto ai vasi conduttori.*
3. *Il tessuto di riserva costituisce nelle conifere la via principale di penetrazione all'interno del legno; le tre specie esaminate si comportano tuttavia diversamente. La rete*

di canali resiniferi dell'abete rosso e del pino ha invece un'importanza minima nel processo d'impregnazione. — Il tessuto di riserva delle frondifere (parenchima radiale ed assiale) vien permeato partendo dai vasi conduttori; l'impregnazione dipende perciò dalla sua posizione rispetto alle trachee.

4. Diversità d'impregnazione tra l'alburno ed il durame sono particolarmente pronunciate nelle specie legnose a durame colorato. Il durame della quercia, del frassino e del faggio è impermeabile; quello del pino può essere permeato attraverso fessure esistenti e solo nei campioni più piccoli. — Nella peccia, nell'abete bianco e nel pino si può osservare un diverso comportamento delle zone più interne dell'alburno, che tuttavia resta molto debole causa la dimensione ridotta dei campioni. Legno di faggio non duramificato presenta soltanto una distribuzione dell'olio meno uniforme che non nell'alburno.

Due metodi diversi vennero usati nelle prove d'impregnazione delle pareti cellulari:

5. L'impregnazione di sezioni sottili con creosoto, frazioni di creosoto, solventi puri e miscugli di creosoto e toluolo non provoca nessun cambiamento della fluorescenza della membrana cellulare. Creosoto mescolato con diossano ed acetone è invece assorbito dalle pareti cellulari: la mescolanza creosoto-diossano più favorevole risultò essere di 1 : 5.
6. Misure dell'assorbimento eseguite con il microspettrografo a raggi ultravioletti su sezioni sottili di abete bianco hanno dimostrato che dopo 120 ore di impregnazione a freddo nessun creosoto può essere osservato nella membrana cellulare.

On the impregnability of indigenous soft- and hardwoods with creosote

This work deals with the impregnation of wood tissues, tissue constituents and cell walls; it is divided in two parts.

In the first part, the distribution of creosote is judged in solid wood samples from spruce, Scots pine, silver fir, oak, ash and beech. In the second part, the cell wall impregnation is studied in silver fir micro-sections.

In the first part, the observations were made with the use of the fluorescence microscope, while, in the second part, two observation methods were used the fluorescence microscope and the UV-microspectrograph.

In the first series of tests, the samples were impregnated according to two impregnation processes, namely the Single or the Double Rüping Process. From the six wood species the following results were obtained:

1. *In the case of hardwoods, the water conducting tissues provide the mainway for creosote. – On the other hand, the springwood of softwoods is impregnated only on the edges of the samples on account of pit aspiration.*
2. *The mechanical tissue of the softwoods is easily impregnated and participates to a certain extent to the distribution of creosote. – In beech, the fibres connect the vessels one to another and thus take part in the impregnation. The penetration of the mechanical tissue of oak and ash depends on their relative situation to the vessels.*
3. *In softwood the storage tissue provides the mainway for creosote; in the case of the three softwoods concerned in this work, the penetration is realised in three different ways according to each of the species. – The resin canal system of spruce and Scots pine is only slightly impregnated. – On the other hand, the storage tissues, namely ray- and strand parenchyma are impregnated from the vessels and thus their impregnation depends mainly on their relative situation to the vessels.*
4. *The differences due to heartwood formation appear most distinctly in the coloured heartwoods. The heartwoods of oak, ash and beech cannot be impregnated and the heartwood of Scots pine can be impregnated only in checks and on account of the small size of the samples. – Spruce, fir and Scots pine emphasize the importance of the inner sapwood zone, but this condition could not materialize because of the small size of the samples. The uncoloured beech heartwood shows only a more unequal distribution of creosote than in sapwood.*

To test the penetration of cell walls, two different methods are used:

5. *The impregnation of sections does not change in the cell wall fluorescence by using creosote, fractions of creosote, pure solvents or toluol creosote mixtures. An impregnation of the cell wall was obtained using a creosote mixture with dioxan or acetone. The best combination is creosote : dioxan (1 : 5).*
6. *Measurements of absorption with the UV-microspectrograph on thin sections of silver fir show that after a cold impregnation of 120 hours no creosote was to be observed inside the cell wall.*