

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

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 156 (2005)

Heft: 6

Artikel: Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Möglichkeiten der Vergütung von Holz gegenüber holzzerstörenden Pilzen, Teil 2 : Diffusionswiderstand, Wasseraufnahme und Verhalten bei Freibewitterung

Autor: Niemz, Peter / Jakob, Markus / Hurst, Andreas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1098045>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 01.05.2026

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

Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Möglichkeiten der Vergütung von Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen

Teil 2: Diffusionswiderstand, Wasseraufnahme und Verhalten bei Freibewitterung (reviewed paper)

PETER NIEMZ, MARKUS JAKOB UND ANDREAS HURST

Keywords: Wood preservation; wood care preservative; outdoor weathering; water absorption coefficient; water vapour resistance factor; *Picea abies*. FDK 81 : 84

Abstract: Traditional, unconventional wood treatment methods were tested in comparison with commercially available wood protection products on thermally tempered spruce. Unconventional treatment methods were found to be no better regarding vapour resistance, water absorption or outdoor weathering.

Abstract: Traditionelle, unkonventionelle Holzbehandlungsarten wurden im Vergleich mit handelsüblichen Holzschutzmitteln und mit thermisch vergütetem Fichtenholz getestet. Die unkonventionellen Behandlungsarten brachten keine Verbesserungen bezüglich Diffusionswiderstand, Wasseraufnahme und Verhalten bei Freibewitterung.

NIEMZ, P.; JAKOB, M.; HURST, A.: Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Möglichkeiten der Vergütung von Holz gegenüber holzerstörenden Pilzen (reviewed paper)

1. Einleitung

Aufbauend auf den im Teil 1 dargestellten Ergebnissen zur Pilzresistenz verschiedener Vergütungsmassnahmen wird im Teil 2 über die Prüfung der Wasserdampfdurchlässigkeit, des Wasseraufnahmekoeffizienten und der Witterungsbeständigkeit ausgewählter Oberflächenbeschichtungen berichtet.

2. Versuchsmaterial und Versuchsdurchführung

2.1. Wasserdampfdurchlässigkeit nach DIN 52 615

Die Untersuchungen wurden an handelsüblichen einschichtigen Massivholzplatten aus Fichte (*Picea abies* (L.) Karsten) durchgeführt. Die Jahrringorientierung entsprach etwa dem Halbrieff. Es wurden kreisförmige Proben mit einem Durchmesser von 140 mm verwendet (acht Proben je Behandlungsart). Die Vergütung der Massivholzplatten erfolgte einseitig.

2.1.1 Behandlungsarten

- Unbehandelt;
- Wärmebehandelte Proben (Thermoholz): Labortechnisch im Vakuumtrockenschrank 24 Stunden bei 200 °C behandelt. Der pH-Wert betrug 5,4.
- U-653: Dieses Produkt wurde von W. Minder, Yverdon, entwickelt. Das Produkt ist stark basisch (pH-Wert 12). Die Auftragsmenge betrug 3 dl pro m², der Auftrag erfolgte mittels Pinsel. Es wird für Holz, Beton, Naturstein und Backstein empfohlen.
- Osmo Color Gard Braun: Die Zaun- und Gartenlasur ist ein lösemittelbasierender, leicht pigmentierter, ökologischer Anstrich, der unter anderem aus Sonnenblumenöl, Sojaöl und Naturasphalt besteht. Wird ein Schutz gegen Bläue oder Fäule gewünscht, muss ein zusätzlicher Anstrich erfolgen. Das Produkt wurde nach Herstellerangaben verarbeitet und mit dem Pinsel zweimal aufgetragen. Zwischen den einzelnen Anstrichen wurde die Trocknungszeit von zwölf Stunden eingehalten.
- Pento-Fluid IP der Firma Pentol AG ist ein farbloses, wasser- verdünnbares, offenporiges Anstrichsystem. Es wird industriell angeboten und hat eine Zulassung (Buwal 2 430 499). Weitere Zusätze sind Alkydharz, Wasser, Wachse und Co-Ce-Zn-Trockenstoffe. Die Wirkstoffe sind 0,9% Iodpropinyl-butylcarbamat, 0,49% 4,5-Dichlor-2-octyl-4-isothiazolin-3-on.

2.1.2 Messprinzip

Die Proben wurden zunächst bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte im Normalklima klimatisiert. Danach wurden sie dampfdicht auf ein Glasgefäss (Aussendurchmesser 140 mm, Höhe 100 mm) aufgesetzt und im Raum mit definiertem Klima (20 °C und 65% relative Luftfeuchtigkeit) platziert. Die beschichtete Seite der Probe befand sich bei der Prüfung an der inneren Seite des Probengefässes. Die Abdichtung erfolgte mittels Gummimanschette. Je nach benötigter Wasserdampf-Partialdruckdifferenz wurde das Glasgefäss mit Wasser oder mit Trocknungsmittel (Silikagel *purum*) gefüllt. Geprüft wurde in einem Differenzklima von 20 °C und 65% relativer Luftfeuchte im Klimaraum und einem Bereich von etwa 0% relativer Luftfeuchte (Silikagel) sowie 100% relativer Luftfeuchte (Wasser) im Prüfgefäss. Die Proben wurden in gewissen Zeitabständen von den Gefässen abgenommen und gewogen. Dieser Vorgang wurde bis zur Gewichtskonstanz wiederholt, die Gewichtskonstanz galt als erreicht, wenn sich die Masse der Probe gegenüber der vorherigen Wägung im Abstand von 24 Stunden um nicht mehr als 0,1% geändert hat. *Abbildung 1* zeigt schematisch den Versuchsaufbau. Die Methodik ist in POPPER *et al.* 2004 beschrieben. Bestimmt wur-

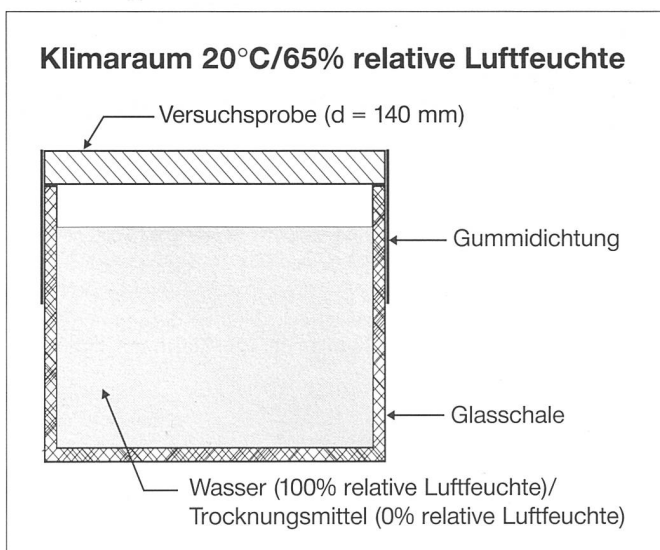


Abbildung 1: Messanordnung für die Dampfdurchlässigkeitsbestimmung.

Figure 1: Set-up for to determine water vapour porosity.

Kenngrosse	Versuchsbedingungen und Konstanten
Absolute Temperatur	293,15 °K
Gaskonstante des Wasserdampfes R_D	462 Nm/kg · °K
Atmosphärendruck (Normzustand) p	1013,25 hPa
Mittlerer Luftdruck im Klimaraum p_0	932 hPa
Sättigungsdruck des Wasserdampfes p_s bei 20 °C	2337,82 Pa
Diffusionskoeffizient des Wasserdampfes in der Luft δ_D	7,5760E-7 kg/(m · h · Pa)
Wasserdampfdiffusionskoeffizient D	0,1 m ² /h

Tabelle 1: Versuchsbedingungen und Konstanten der Diffusionsmessung.

Table 1: Test conditions and constants of diffusion measurement.

den die Kenngrossen gemäss den Gleichungen 1 bis 6. **Tabelle 1** enthält die den Berechnungen zugrunde gelegten Konstanten.

Diffusionszahl D

$$D = 0.083 \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{1.81} \text{ [m}^2\text{/h]} \quad \text{Gleichung 1}$$

p_0 Atmosphärendruck beim Normzustand [1013,25 hPa]
 p mittlerer Luftdruck im Klimaraum [hPa]
 T Temperatur im Klimaraum [°K]

Dampfleitzahl δ_D

$$\delta_D = \frac{D}{R_D \cdot T} \text{ [kg/(m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa)] oder}$$

$$\delta_D = \frac{0.083}{R_D \cdot T} \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{1.81} \text{ [kg/(m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa)]} \quad \text{Gleichung 2}$$

D Diffusionszahl [m²/h]
 R_D Gaskonstante des Wasserdampfes [Nm/(kg · °K)]
 T Temperatur im Klimaraum [°K]
 p mittlerer Luftdruck im Klimaraum [hPa]
 p_0 Atmosphärendruck beim Normzustand [hPa]

Wasserdampf-Diffusionsstromdichte WDD

$$WDD = \frac{24}{t_2 - t_1} \cdot \frac{m_2 - m_1}{A} \text{ [g/m}^2 \cdot \text{d]} \quad \text{Gleichung 3}$$

$m_2 - m_1$ Massendifferenz zwischen 2 Wägungen [g]
 $t_2 - t_1$ Zeitspanne zwischen 2 Wägungen [h]
 A Prüffläche der Probe [m²]

Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ

$$\mu = \frac{1}{s} \cdot \left(\delta_D \cdot 24\,000 \cdot \frac{p_1 - p_2}{WDD} - s_L\right) \quad \text{Gleichung 4}$$

δ_D Diffusionskoeffizient von Wasserdampf in Luft [kg/(m · h · Pa)]
 p_1, p_2 Wasserdampfteildrücke an der Probe [Pa]
 s mittlere Dicke der Probe [m]
 s_L mittlere Dicke der Luftschicht im Prüfgefäss unterhalb der Probe [m]

Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke

$$s_d = \mu \cdot s \text{ [m]} \quad \text{Gleichung 5}$$

Feuchtigkeitsgehalt

$$u = \frac{m_u - m_0}{m_0} \cdot 100 \text{ [%]} \quad \text{Gleichung 6}$$

m_u Masse der feuchten Probe [g]
 m_0 Masse der wasserfreien (darrtrockenen) Probe [g]

2.2 Wasseraufnahmekoeffizient nach DIN EN ISO 15 148

Die Prüfung erfolgte an Würfeln aus Fichtenholz mit den Abmessungen 50 mm (längs) x 50 mm (radial) x 50 mm (tangential). Es wurden 18 Proben je Behandlungsart geprüft. Folgende Behandlungsarten wurden analog dem Diffusionswiderstand gewählt:

- unbehandelt,
- Wärmebehandelte Proben (Thermoholz),
- Osmo Color,
- Pento-Fluid IP.

Die Oberflächenbehandlung erfolgte analog zu derjenigen bei der Messung des Diffusionswiderstandes. Es wurde die zu prüfende Schnittrichtung oberflächenbehandelt, der umgebende Probenrand mit Acrylharz versiegelt, so dass der Wasserzutritt nur über die zu prüfende Fläche erfolgen konnte. Danach wurden die Würfel bis zur Konstanz der Masse im Normklima bei 20 °C und 65% relativer Luftfeuchte gelagert. Die Messung selbst erfolgte auch im Normklima.

Abbildung 2 zeigt schematisch den Versuchsaufbau. Die Proben werden auf ein Auflagegitter gestellt. Der Wasserspiegel musste konstant auf 5 ± 2 mm über dem höchsten Punkt der Unterseite des Prüflings gehalten werden. Die Wasseraufnahme wurde jeweils durch Wägen nach fünf Minuten,

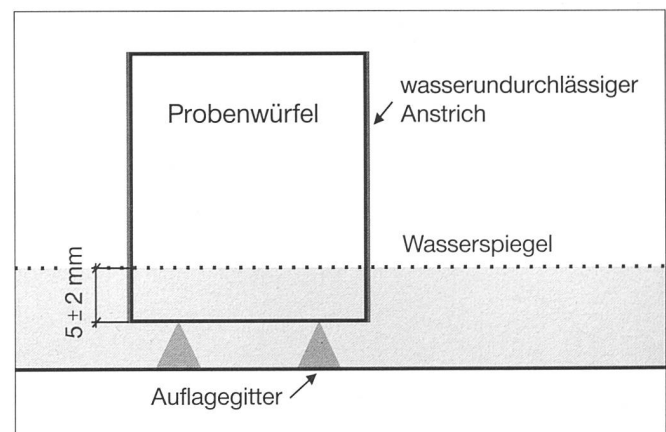


Abbildung 2: Messanordnung für die Wasseraufnahme (Prüfung bei 20 °C).

Figure 2: Set-up for to determine water absorption (ambient temperature 20 °C).

nach 20 Minuten, nach einer Stunde, nach zwei, vier, acht, 16 und 24 Stunden bestimmt. Das an der Oberfläche haftende Wasser wurde vor dem Wägen mit einem Schwamm entfernt.

Berechnet wurden die Kenngrößen Massendifferenz und Wasseraufnahmekoeffizient gemäss den Gleichungen 7 und 8.

Massendifferenz

Die Massendifferenz pro Quadratmeter m_t gibt an, wie viele Kilogramm pro Quadratmeter Probenoberfläche während der Zeit t aufgenommen wurden.

$$m_t = \frac{M_t - M_i}{A} \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad \text{Gleichung 7}$$

M_t Masse nach der Zeit t [kg]
 M_i Anfangsmasse [kg]
 A Grundfläche des Prüflings [m²]

Wasseraufnahmekoeffizient

Der Wasseraufnahmekoeffizient ist die von einem Probekörper je Flächeneinheit und Wurzel der Zeit aufgenommene Wassermenge. Die Werte m_t gegen \sqrt{t} in einem Diagramm gemäss *Abbildung 3 (a und b)* dargestellt. Bei den Messungen ergab sich eine lineare Abhängigkeit der Masseänderung von der Zeit (Typ A in *Abbildung 3a*). Wird diese Linie bis zum Zeitpunkt null verlängert, kann der Wasseraufnahmekoeffizient nach Gleichung 8 errechnet werden.

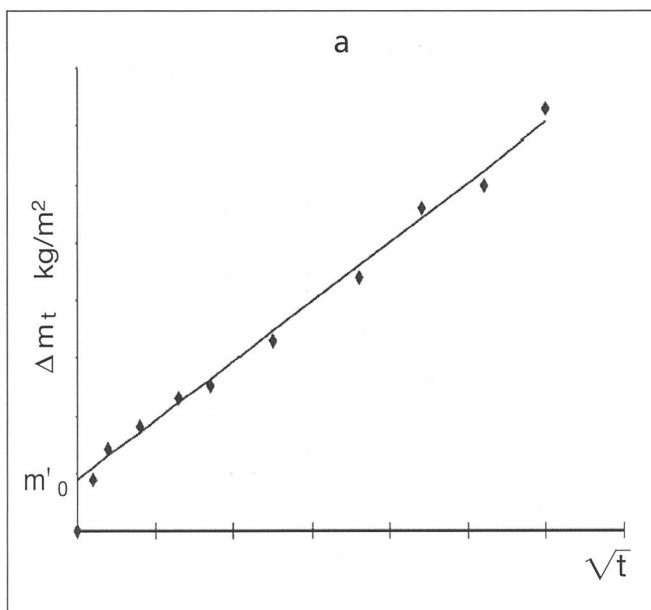
$$A_w = \frac{m'_{tf} - m'_0}{\sqrt{t_f}} \text{ [kg/(m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}\text{)]} \quad \text{Gleichung 8}$$

m'_{tf} der Wert von m auf der Geraden zur Zeit t_f , in Kilogramm je Quadratmeter
 t_f die Zeit am Ende der Prüfung in Sekunden

Ergibt die Kurve von m_t gegen \sqrt{t} keine gerade Linie, sondern einen beliebigen Verlauf, so ist in diesem Fall für m'_{tf} der Wert von m_t nach 24 h einzusetzen.

A_w berechnet sich dann aus

$$A_{w,24h} = \frac{m_{24h}}{\sqrt{t_f}} \text{ [kg/(m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}\text{)]} \quad \text{Gleichung 9}$$



2.3 Freibewitterung

Die Freibewitterung wurde mit dreischichtigen Massivholzplatten (27 mm dick, Plattenaufbau 9/9/9 mm) durchgeführt.

2.3.1 Behandlungsarten

- Unbehandelt;
- U-653: Produkt und Behandlungsart wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben.
- E-653: Dieses Produkt stammt wie U-653 von W. Minder, Yverdon. Der pH-Wert liegt bei 5. Es enthält Bestandteile natürlicher Säuren. Der Auftrag erfolgte mittels Pinsel.
- Borsäure H₃BO₃: Es wurde handelsübliches Pulver von Borsalz verwendet, aus dem in heissem Wasser eine achtprozentige Lösung hergestellt wurde. Diese wurde zweimal mit einer Temperatur von 80 °C mit dem Pinsel aufgetragen.
- Soda Na₂CO₃ · 10 H₂O, Pottasche K₂CO₃: Es wurde eine fünfprozentige Lösung verwendet, die aufgekocht und mit einer Temperatur von 80 °C mit dem Pinsel aufgetragen wurde.
- Holzteer: Verwendet wurde handelsüblicher Holzteer (Phenolgehalt 40%).
- Osmo Color Gard Braun: Produkt und Behandlungsart wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben.
- Pento-Fluid IP: Produkt und Behandlungsart wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben.
- Lasinol UV der Firma Pentol AG ist eine farblose, wasser- verdünnbare, sehr wetterbeständige und feuchtigkeitsresistente Lasur auf Basis eines Acryl-Polyurethan-Bindemittels. Dabei handelt es sich um ein handelsübliches Holzschutzmittel (keine Buwal-Zulassung, da wirkstofffrei). Bei der Anwendung von Lasinol UV wurde der Untergrund zuerst mit Aquagrund BI behandelt. Das Mittel wurde den Herstellerangaben entsprechend mit dem Pinsel aufgetragen. Aquagrund BI enthält 0,6% Iodpropinyl-butylcarbamat und 0,05% Permethrin.
- Antihydro der Firma Pentol AG ist eine speziell wasserabweisende, offenporige, lösemittelhaltige Imprägnierung. Sie ist wirkstofffrei. Wasser perlt auf damit behandeltem Holz noch nach Jahren ab. Als Grundierung wurde zunächst Penta Stabilo allseitig aufgetragen. Diese enthält 0,8% Tolyfluamid und 0,05% Permethrin. Nach 15 Stunden Trocknungszeit erfolgte der Auftrag von Antihydro.

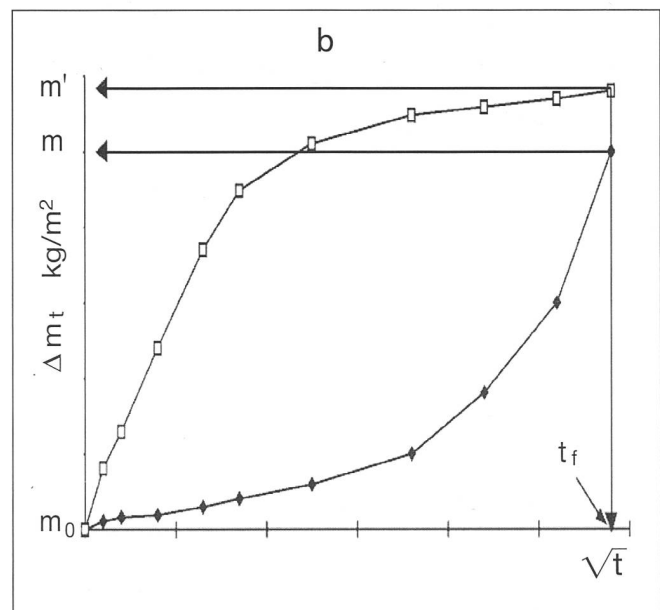


Abbildung 3: a) Kurve Typ A (linear); b) Kurve Typ B (nach DIN EN ISO 15148 (2003)).

Figure 3: a) Type A curve (linear); b) Type B curve (DIN EN ISO 15148 (2003)).

2.3.2 Freibewitterungsstand

Die Proben wurden auf dem Versuchsstand der ETH Zürich einer natürlichen Bewitterung ausgesetzt (Abbildung 4). Der Bewitterungsstand war gegen Süden gerichtet und 45° aus der Horizontalen geneigt. Die Proben wurden mit zwei Hakenschaublen auf dem Gitter des Bewitterungsstandes fixiert. Mit dem Minolta-Chroma-Meter 200 wurde die Farbe bestimmt. Jeden Monat wurden die Proben fotografiert. Zusätzlich erfolgte je bei Versuchsbeginn und Versuchsende eine Farbmessung im normalklimatisierten Zustand mit dem Chroma-Meter.

Diese Versuche wurden von April bis Dezember 2003 durchgeführt. Abbildung 5 zeigt den Verlauf der Temperatur und der relativen Luftfeuchte während dieser Zeitspanne für den Raum Zürich anhand von Tagesmittelwerten (Daten von MeteoSchweiz, Station Zürich).

3. Versuchsergebnisse

3.1 Diffusionswiderstand

Die getesteten, unkonventionellen Oberflächenbehandlungsarten unterscheiden sich nicht wesentlich von den Ergebnissen der unbehandelten Versuchsreihe. Bei thermisch modifiziertem Holz steigt hingegen der Diffusionswiderstand wesentlich an.

Hier ist auch die geringere Gleichgewichtsfeuchte des Holzes durch die Wärmebehandlung zu berücksichtigen. Der Diffusionswiderstand steigt bei sinkender Holzfeuchte deutlich an (Tabelle 2). Dies könnte ebenso eine Ursache für die höheren Werte sein wie Änderungen in der Porenstruktur, die durch die Wärmebehandlung bedingt sind. Hierzu müssten weitergehende Arbeiten durchgeführt werden.

Tabelle 2: Übersicht der Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstände der getesteten Beschichtungen.

Table 2: Overview of water vapour diffusion resistance of tested coatings.

Behandlung	Holzfeuchte in % ¹⁾		Relative Luftfeuchte in %	
	0%–65%	100%–65%	0%–65%	100%–65%
			Wasserdampf-Partialdruckdifferenz	
			1519 Pa	818 Pa
			Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ	
unbehandelt	10,50	19,56	40,56	20,05
U-653	10,82	19,36	40,63	20,01
Thermoholz	7,38	14,29	56,79	30,40
Osmo Color	12,88	19,26	47,11	19,63
Pento-Fluid IP	12,81	18,14	60,54	26,27

¹⁾ Holzfeuchte am Versuchsende, Mittelwert über gesamte Dicke der Probe.

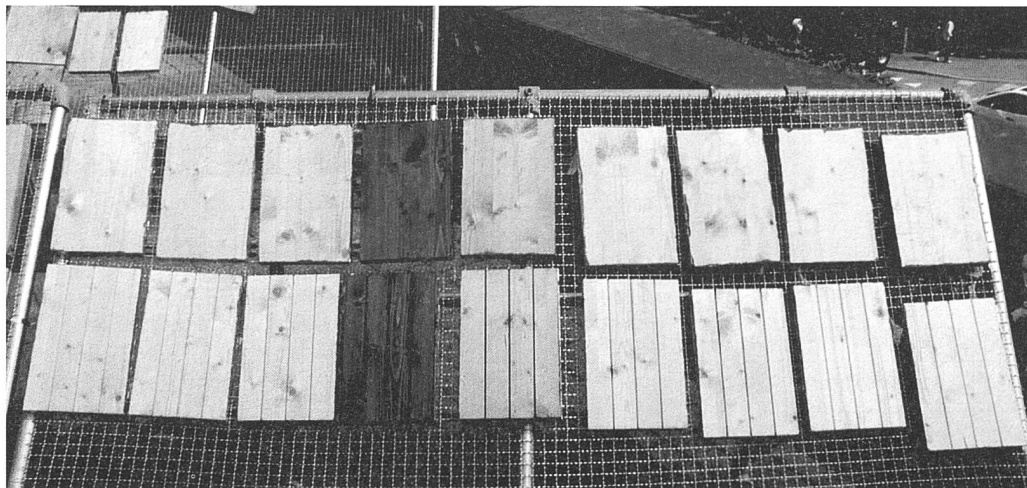


Abbildung 4: Bewitterungsstand.

Figure 4: Weathering stand.

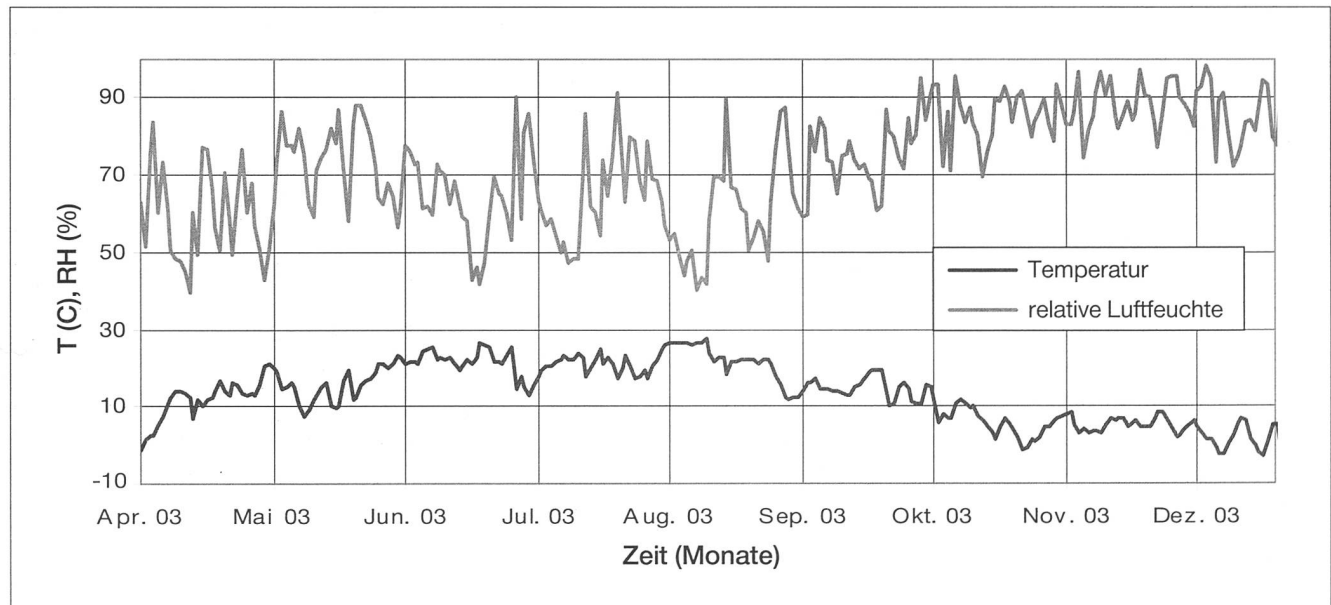


Abbildung 5: Verlauf von Temperatur und Luftfeuchte im Versuchszeitraum in Zürich.

Figure 5: Temperature and humidity charts in Zurich during trial period.

3.2. Wasseraufnahmekoeffizient

Tabelle 3 sowie Abbildung 6 zeigen die Ergebnisse. Die Werte der unbehandelten Proben stimmen mit den in der Literatur angegebenen Werten überein. So gibt Künzel (1993) für Fichte in axialer Richtung $0,02 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$ und in tangentialer Richtung $0,003 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2})$ an. Das Thermoholz hat einen signifikant tieferen Wasseraufnahmekoeffizienten als unbehandeltes Holz. Das Mittel U-653 bewirkt praktisch keine, die beiden handelsüblichen Behandlungsmittel Osmo Color und insbesondere Pento-Fluid IP bewirken eine deutliche Reduzierung der Feuchteaufnahme. Die Wasseraufnahme in radialer und tangentialer Richtung unterscheidet sich nicht wesentlich. In Faserrichtung ist sie um den Faktor 10 grösser als senkrecht dazu.

3.3. Freibewitterung

Durch die neunmonatige Freibewitterung kam es zu einer deutlichen Farbänderung. Hierbei ist zu bemerken, dass im Prüfjahr 2003 ein extrem heisser Sommer herrschte und somit die Proben einer sehr hohen UV-Strahlung ausgesetzt wurden. An den Oberflächen traten teilweise starke Mikrorisse auf (Abbil-

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichung des Wasseraufnahmekoeffizienten A_w [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$].
 \bar{x} = Mittelwert; s = Standardabweichung.

Table 3: Mean value and standard deviation of water absorption co-efficients A_w [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0.5})$].
 \bar{x} = mean value; s = standard deviation.

		unbehandelt	Thermoholz	Osmo Color	U-653	Pento-Fluid IP
Axial	\bar{x}	0,01889	0,01285	0,00638	0,01749	0,00275
	s	0,00223	0,00169	0,00086	0,00162	0,00093
Radial	\bar{x}	0,00175	0,00134	0,00125	0,00199	0,00057
	s	0,00023	0,00027	0,00004	0,00028	0,00009
Tangential	\bar{x}	0,00186	0,00115	0,00133	0,00178	0,00065
	s	0,00034	0,00015	0,00007	0,00015	0,00010

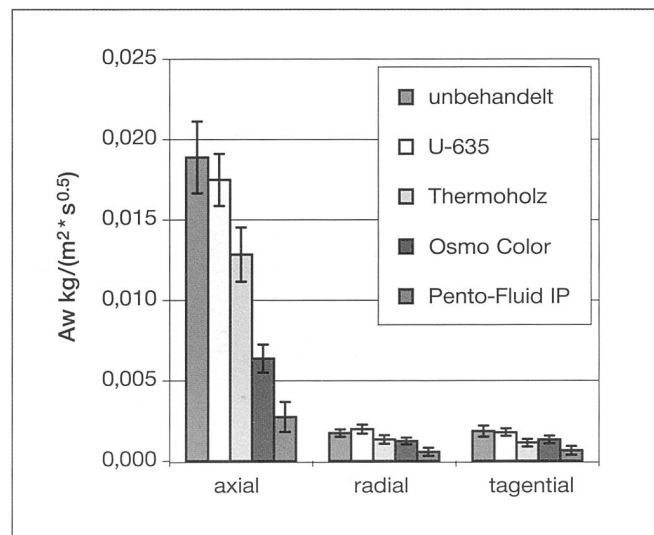


Abbildung 6: Wasseraufnahmekoeffizienten im Vergleich.
 Figure 6: Comparison of water absorption co-efficients.

dung 7). Abbildung 8 zeigt die Proben vor und nach der neunmonatigen Bewitterung und nach der Klimatisierung im Normklima 20°C und 65% relativer Luftfeuchte. Die Abbildungen zeigen dabei jeweils nur Ausschnitte aus den Proben. Nahezu alle Proben vergrauten stark. Die unkonventionellen Behandlungsmittel wurden mit wenigen Ausnahmen sichtbar ausgewaschen. Die Oberflächen lassen sich am Versuchsende nicht mehr farblich voneinander unterscheiden. Sie sind stark vergraut, die Beschichtung weitgehend ausgewaschen. An diesen Proben konnten unter dem Mikroskop Spuren von Bläuepilzen erkannt werden.

Tabelle 4 zeigt die Ergebnisse der Farbmessungen. Dabei ist eine deutliche Änderung der Helligkeit erkennbar. Dies betrifft insbesondere die unkonventionellen Oberflächenbehandlungsmittel. Aber auch bei den handelsüblichen Substanzen trat eine signifikante Farbänderung auf. Dies zeigten die Farbänderungen bei Osmo Color, Lasinol UV, Antihydro und Pento-Fluid IP. Die Farbänderungen sind aber bei weitem nicht so ausgeprägt.

Abbildung 9 zeigt exemplarisch den Verlauf der Verwitterung am Beispiel einer unbehandelten, Abbildung 10 einer mit Soda, Abbildung 11 einer mit Osmo Color behandelten Probe. Das erste Foto wurde stets im Labor angefertigt, die an-

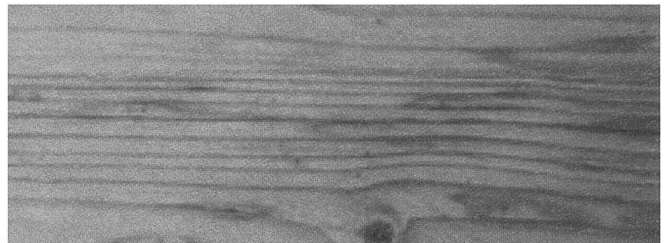


Abbildung 7: Durch Mikrorisse verursachte Fleckenbildung.
 Figure 7: Stains caused by micro-cracks.

Tabelle 4: Farbwerte der Proben vor und nach den neun Monaten Bewitterungsdauer, Aufnahme im normalklimatisierten Zustand.

Table 4: Colour values of samples before and after nine months weathering, photographed under normal climatised conditions.

	Beginn 7. April 2003			Ende 19. Dezember 2003		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Unbehandelt	48,00	15,24	12,95	61,83	0,60	4,06
<i>Unkonventionelle Schutzmittel</i>						
Borsäure	87,33	-2,71	17,97	58,65	0,42	4,47
Pottasche	97,25	0,51	-1,60	60,96	0,57	4,41
Soda	40,25	6,74	4,70	59,74	0,71	4,77
Holzteer	96,63	-0,38	2,11	66,56	-0,16	5,75
U-653	105,63	-3,88	-5,05	68,10	0,56	3,93
E-653	89,14	3,30	1,14	62,42	1,34	6,65
<i>Konventionelle Schutzmittel</i>						
Osmo Color	91,20	-3,79	11,95	47,61	4,49	12,06
Pento-Fluid IP	85,96	0,05	27,06	67,66	12,50	35,84
Lasinol UV	104,45	-0,24	-9,84	72,20	7,96	27,19
Pento Antihydro	100,26	-0,73	2,07	64,57	2,90	11,23

Es bedeutet: L* Helligkeit, a* rot-grün (+ rot, - grün), b* gelb-blau (+ gelb, - blau).

Key: L* brightness, a* red to green (+ red, - green), b* yellow to blue (+ yellow, - blue).



Abbildung 8: Oberflächen der Proben vor (links) und nach (rechts) der Freibewitterung (Aufnahme nach Klimatisierung im Normalklima).

Figure 8: Surface of samples before (left) and after (right) weathering (photographed after climatisation in a normal climate).

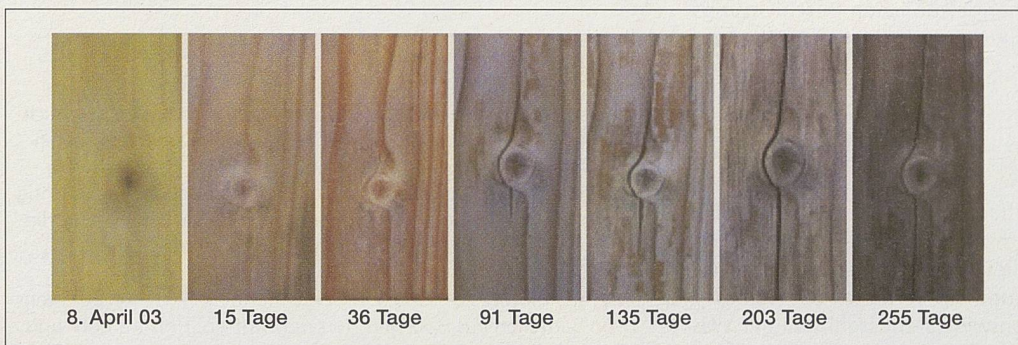


Abbildung 9: Verwitterungsprozess der unbehandelten Probe.

Figure 9: Weathering process on untreated samples.

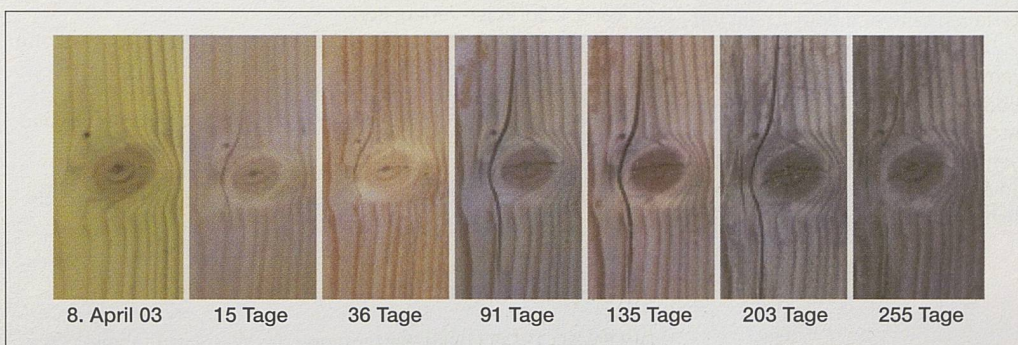


Abbildung 10: Verwitterungsprozess der mit Soda behandelten Probe.

Figure 10: Weathering process on samples treated with soda.



Abbildung 11: Verwitterungsprozess der mit Osmo Color behandelten Probe.

Figure 11: Weathering process on samples treated with Osmo Color.

deren im Freien. Dadurch ist ein gewisser Einfluss des Lichtes vorhanden. Im Freien macht sich auch der Einfluss der variierenden Holzfeuchte auf die Farbe bemerkbar. Der Trend der Vergrauung und des teilweise starken Auswaschens der Beschichtung ist aber gut erkennbar.

Auch die Rissbildung war bei den mit unkonventionellen Mitteln behandelten Proben etwa gleich stark ausgebildet wie bei den unbehandelten. Die handelsüblichen Oberflächenbehandlungsmittel zeigten dagegen eine bessere Schutzwirkung. So wiesen die mit Pento-Fluid behandelten Proben im Prüfzeitraum noch keine Rissbildung auf, die mit Lasinol UV nur mikroskopisch kleine Risse.

4. Schlussfolgerungen

Der Diffusionswiderstand erhöhte sich bei thermisch modifiziertem Holz und bei Beschichtung mit handelsüblichen Oberflächenbehandlungsmaterialien teilweise deutlich. Die unkonventionellen Beschichtungsmittel brachten dagegen keine Veränderungen des Diffusionswiderstandes. Dies gilt gleichermaßen für die Wasseraufnahmekoeffizienten. Durch die neunmonatige Freibewitterung wurden die unkonventionellen Beschichtungsmittel stark ausgewaschen. Die Oberfläche vergraute. Es waren keine Unterschiede zwischen den mit diesen Mitteln behandelten und den unbehandelten Proben vorhanden. Die mit Soda, Borsäure, Pottasche, Holzteer, E-653 und U-653 behandelten Proben vergrauten stark. Der Beschichtungseffekt war nach der Freibewitterung kaum noch sichtbar. Auch die Rissbildung war bei den mit handelsüblichen Beschichtungsmitteln behandelten Proben geringer als bei den mit unkonventionellen Mitteln.

Zusammenfassung

An mit verschiedenen Oberflächenbeschichtungsmitteln behandeltem sowie an thermisch vergütetem Fichtenholz (*Picea abies* (L.) Karsten) wurden die Diffusionswiderstandszahl, der Wasseraufnahmekoeffizient und das Verhalten bei Freibewitterung getestet. Die Diffusionswiderstandszahl und der Wasseraufnahmekoeffizient erhöhten sich bei thermisch modifiziertem Holz und bei der Beschichtung mit handelsüblichen Oberflächenbehandlungsmaterialien teilweise deutlich im Vergleich zu unbehandeltem Holz. Die unkonventionellen Beschichtungsmittel brachten dagegen keine Veränderungen dieser Eigenschaften. Durch die Freibewitterung wurden die unkonventionellen Beschichtungsmittel stark ausgewaschen. Die Oberfläche vergraute wie bei unbehandeltem Holz. Auch die Rissbildung war bei diesen unkonventionellen Beschichtungsmitteln höher als bei handelsüblichen Holzschutzmitteln.

Résumé

Etudes comparatives de différentes possibilités de protection du bois contre les champignons destructeurs. Partie 2: résistance à la diffusion, absorption d'eau, comportement face aux éléments climatiques

L'indice de résistance à la diffusion, le coefficient d'absorption d'eau et le comportement face aux éléments climatiques ont été déterminés pour du bois d'épicéa (*Picea abies* (L.) Karsten) enduit de différents produits de protection de surface ou traité thermiquement. Par rapport au bois non traité, les valeurs de l'indice de résistance à la diffusion et du coefficient d'absorption se sont révélées supérieures, parfois nettement meilleures, pour le bois modifié thermiquement ou protégé par des

produits courants de protection de surface. Les produits non conventionnels de protection de surface n'ont par contre pas modifié ces propriétés. Soumis aux conditions extérieures, les produits non conventionnels ont été fortement lessivés. La surface est devenue grise comme pour le bois non traité. La formation de fissures a également été nettement plus marquée pour ces produits que pour ceux de production courante.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Summary

Comparative examination of various possibilities of tempering wood to withstand destructive fungi. Part 2: Vapour resistance, water absorption and effect of outdoor exposure

On surfaces that had been treated with various coatings, as well as on thermally tempered spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) we tested the water vapour resistance factor, water absorption coefficient and the effects of outdoor weathering. The water vapour resistance factor and the water absorption coefficient were sometimes significantly increased in thermally modified wood and in wood coated with commercially available protective products and compared the values to those of untreated wood. Unconventional coatings products, on the other hand, had no influence on these properties. When tempered outdoors unconventional coating products were leached from the wood and surfaces became as grey as those of untreated wood. The formation of cracks was also higher in wood treated with unconventional coating products than with commercially available products.

Literatur

- BÖTTCHER, P.; NEIGENFIND, W. 1975: Verhalten unterschiedlich feuchtedurchlässiger Anstriche auf einigen einheimischen Holzarten bei natürlicher Bewitterung. WKI-Bericht Nr. 6, Braunschweig.
- BURMESTER, A. 1970: Formbeständigkeit von Holz gegenüber Feuchtigkeit: Grundlagen und Vergütungsverfahren. BAM-Bericht, Berlin.
- DIN-Taschenbuch 132, 1998: Holzschutz. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 4. Auflage.
- KIESSL, K.; MÖLLER, U. 1989: Zur Berechnung des Feuchteverhaltens von Bauteilen aus Holz und Holzwerkstoffen. Holz als Roh- und Werkstoff 47: 317–322.
- KOLLMANN, F. 1955: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Band 1, Springer-Verlag, Berlin.
- KOLLMANN, F. 1955: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Band 2, Springer-Verlag, Berlin.
- KÜNZEL, H. 1993: Risse in bewittertem Holz. Bauen mit Holz 12.
- LIGNOVISIONEN, Band 3, 2002: Modifiziertes Holz: Eigenschaften und Märkte. IHF, Wien.
- POPPER, R.; NIEMZ, P.; EBERLE, G. 2004: Untersuchungen zu Diffusionsvorgängen in mehrschichtigen Massivholzplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 62: 253–260.

Zitierte Normen

- DIN EN ISO 15148 (1996): Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen.
- DIN 52615 (1987): Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Bau- und Dämmstoffen.

Dank

Die Arbeit wurde mit Mitteln des Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung unterstützt und an der ETH Zürich durchgeführt.

Autoren

- Prof. Dr.-Ing. habil. PETER NIEMZ, Institut für Baustoffe, Holzphysik, Schafmattstrasse 6, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich.
- MARKUS JAKOB, dipl. Holzingenieur FH, HSB Biel, Solothurnstrasse 102, 2500 Biel 6.
- Dr. ANDREAS HURST, dipl. Forsting. ETH, HSB Biel, Solothurnstrasse 102, 2500 Biel 6.