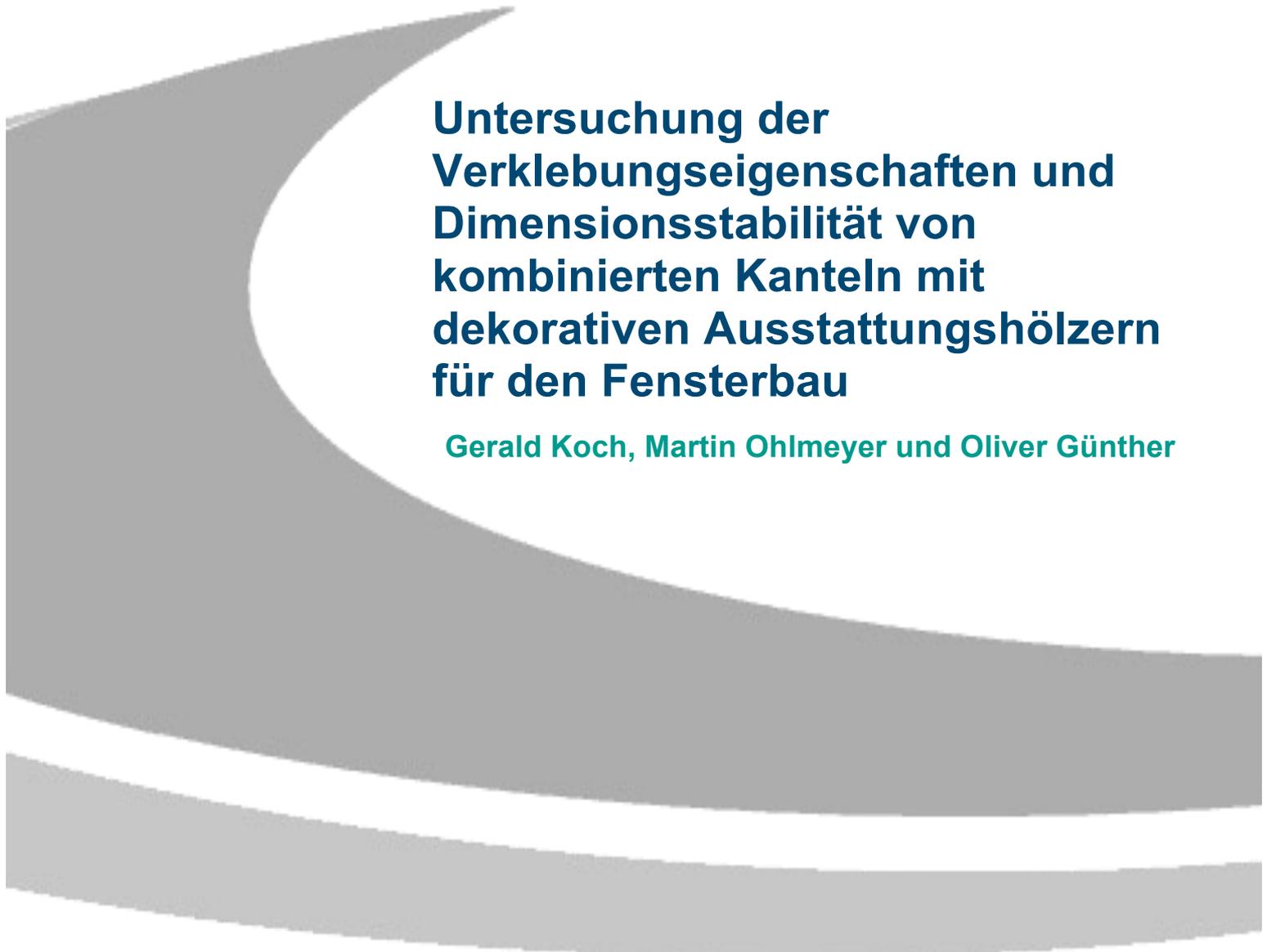


ARBEITSBERICHT

aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie

Nr. 2012/3



Untersuchung der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität von kombinierten Kanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern für den Fensterbau

Gerald Koch, Martin Ohlmeyer und Oliver Günther



Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundesforschungsinstitut für ländliche Räume, Wald und Fischerei

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **16047 N**

***"Untersuchung der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität von kombinierten
Kanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern für den Fensterbau"***

(Bewilligungszeitraum: 01.05.2009 bis 31.08.2011)

der AiF-Forschungsvereinigung

Internationaler Verein für Technische Holzfragen e.V.

Hamburg, 14.11.2011

Ort, Datum

PD Dr. Gerald Koch und Dr. Martin Ohlmeyer

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Abschlussbericht

„Untersuchung der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität von kombinierten Kanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern für den Fensterbau“
Investigation of bonding properties and dimensional stability of combined framings with decorative interior woods for window constructions

Zusammenfassung

Nachdem Holz über Jahrhunderte ein konkurrenzloser Werkstoff für den Rahmenbau war, besteht gegenwärtig ein scharfer Wettbewerb zwischen Holz-, Kunststoff- und Metallfenstern. Der Marktanteil der Holzfenster ist dabei von ca. 45% (1970) auf ca. 19% (2009) zurückgegangen. Um den Marktanteil an Holzfenstern wieder zu erhöhen, wurden in den letzten Jahren neue Rahmenkonstruktionen entwickelt, deren sichtbare Innenlagen (Wohnbereich) aus dekorativen Werthölzern bestehen. Damit können dem aktuellen Ausstattungstrend entsprechende Holzarten (z.B. Kirschbaum oder Nussbaum) verwendet werden, die aufgrund ihrer geringen natürlichen Dauerhaftigkeit bisher nicht für den Fensterbau geeignet waren. Für eine erfolgreiche Markteinführung dieser neuen kombinierten Holzkanteln sind grundlegende und anwendungsorientierte Untersuchungen der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität der unterschiedlichen Hölzer unerlässlich, um die erforderlichen Anforderungen in Bezug auf Standsicherheit und Funktionalität der Fenster zu gewährleisten.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität (Quell- und Schwindverhalten) von industriell hergestellten Kanteln aus insgesamt 25 Holzartenkombinationen grundlegend untersucht. Die Prüfungen der Verklebungen erfolgten nach EN 204:2001 „*Klassifizierung von thermoplastischen Holzklebstoffen für nichttragende Anwendungen*“ sowie nach der ift Richtlinie ift-HO-10/1 „*Massive, keilgezinkte und lamellierte Profile für Holzfenster, Anforderungen und Prüfungen*“. Die Untersuchungen zur Dimensionsstabilität (21.000 Einzelmessungen) wurden nach DIN 52184:1979 „*Prüfung von Holz, Bestimmung der Quellung und Schwindung*“ durchgeführt.

Auf der Basis umfangreicher Untersuchungen konnte für jede der 25 Holzartenkombinationen eine individuelle Empfehlungen in Bezug auf ihre Eignung für den Fensterbau gegeben werden, wobei die Kombinationen Belmadur[®] (Kiefer)-/Fichte-/Erle und Oregon pine-/Fichte-/Nussbaum die besten Kennwerte zeigten. In einem zweiten Schwerpunkt des Projektes wurden aus diesen Holzartenkombinationen vollständige Profile und Musterfenster (Typ WIN68 Classic mit zusätzlicher Flügelaufschlagdichtung) industriell hergestellt. Die Musterfenster wurden abschließend auf ihre Luftdurchlässigkeit (DIN EN 1026) und ihre Schlagregendichtheit (DIN EN 1027) geprüft. Die praxisrelevanten Gebrauchs- bzw. Eignungsprüfungen haben ergeben, dass die ausgewählten Kombinationen die Anforderungen in Bezug auf die Schlagregendichtheit und Luftdurchlässigkeit für den Fensterbau vollständig erfüllen. Die erzielten Ergebnisse liefern insgesamt neue und praxisrelevante (normgerechte) Kennwerte für die Herstellung und Verwendung von Fensterkanteln mit kombinierten Holzarten, die in das VFF - Merkblatt HO.06-3 „*Holzarten für den Innenausbau als dekorative Sichtflächen für lamellierte Fensterkanteln*“ (Verband der Fenster- und Fassadenhersteller) aufgenommen werden sollen.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Abschlussbericht

(Berichtszeitraum vom 01.05.2009 bis 31.08.2011)

1 Forschungsthema:

„Untersuchung der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität von kombinierten Kanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern für den Fensterbau“
„Investigation of bonding properties and dimensional stability of combined framings with decorative interior woods for window constructions“

2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Nachdem Holz über Jahrhunderte ein konkurrenzloser Werkstoff für den Rahmenbau war, besteht gegenwärtig ein scharfer Wettbewerb zwischen Holz-, Kunststoff- und Metallfenstern. Der Marktanteil der Holzfenster ist dabei von über 45% (1970) auf 19% (2009) zurückgegangen, wogegen der Anteil der Kunststoffenster von 8% (1970) auf 54% (2009) gestiegen ist (Mitteilung des VFF 2010). Die Ursachen für diese Marktverschiebung beruhen im Wesentlichen auf der Entwicklung des Preisniveaus, dem Verbraucherverhalten (begründet mit einem höheren Pflegeaufwand für Holzfenster) sowie der Diskussion um den Einsatz von Tropenhölzern. Um den Marktanteil an Holzfenstern wieder zu erhöhen, wurden in den letzten Jahren neue mehrlagige Rahmenkonstruktionen entwickelt, deren sichtbare Lagen für den Innenbereich (Wohnbereich) aus dekorativen Werthölzern bestehen. Damit können dem aktuellen Ausstattungstrend entsprechende Holzarten (z.B. Kirschbaum oder Nussbaum) verwendet werden, die aufgrund ihrer geringen natürlichen Dauerhaftigkeit bisher nicht für den Fensterbau geeignet waren. Für diese sog. „kombinierten Verbundsysteme“ mit dauerhaften (etablierten) Holzarten in den Außen- und Mittellagen und einem Ausstattungsholz in der sichtbaren Innenlage liegen derzeit noch keine abgesicherten Kennwerte der Gebrauchseigenschaften (Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität) und praktischen Verarbeitungseigenschaften (z.B. Beschichtungssysteme) vor. Insbesondere bei der Verklebung mit standardmäßig eingesetzten PVAc-Klebstoffen kommt es bei einer Vielzahl der verwendeten Holzartenkombinationen zu technischen Problemen (Fugenversatz, Delamellierung einzelner Lagen), deren Ursachen (z.B. Einfluss von Holzinhaltstoffen auf die Verklebung, spezifisches Quell-/Schwindverhalten) noch nicht hinreichend untersucht sind.

Eine Zulassung von kombinierten Kanteln mit dekorativen Sichtlagen erfolgte bisher nur im Einzelfall, ohne dass die Eignungs- und Bewährtheitskriterien des RAL-Gütezeichens erfüllt wurden. Das neu erstellte VFF-Merkblatt HO.06-3 „*Holzarten für den Innenausbau als dekorative Sichtflächen für lamellierte Fensterkanteln*“ beinhaltet zwar eine Auflistung von Ausstattungshölzern wie z.B. Ahorn, Birke, Buche, Esche, Erle, Kirschbaum und Nussbaum, die aufgrund ihrer physikalisch-technologischen Eigenschaften für sichtbare Innenlagen in Frage kommen können, es lässt aber noch keine Aussagen über ihre Eigenschaften im Materialverbund für den konstruktiven Rahmenbau zu.

Für eine erfolgreiche Markteinführung der „kombinierten Holzkanteln“ sind daher grundlegende und anwendungsorientierte Untersuchungen der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität der unterschiedlichen Hölzer unerlässlich, um die Anforderungen in Bezug auf Standsicherheit und Funktionalität der Fenster zu gewährleisten. Mit Hinblick auf den kontinuierlich abnehmenden Marktanteil der Holzfenster ist die Entwicklung und Bereitstellung von anwendungsorientierten Kennwerten für die neuen kombinierten Kanteln von großer Bedeutung für kmU (Fensterbaubetriebe und Tischlereien).

3. Forschungsziel und Ergebnisse

3.1 Forschungsziel

Ziel des Forschungsvorhabens war die Untersuchung der Dimensionsstabilität und der Verklebungseigenschaften (Prüfung geeigneter Klebstoffsysteme) kombinierter Fensterkanteln mit sichtbaren Lagen aus europäischen Werthölzern. Zusätzlich sollten die Ursachen für Verklebungsprobleme (Einfluss der Holzinhaltstoffe, Faserverlauf/Jahrringorientierung, holzartenspezifisches Quell-/Schwindverhalten) grundlegend untersucht werden, um praktische Empfehlungen für geeignete Holzartenkombinationen zu geben.

3.2 Materialbeschaffung und Herstellung von kombinierten Kanteln

Entsprechend dem Versuchsplan und in Absprache mit den kooperativen Industriepartnern wurden für die Herstellung und Prüfung der Dimensionsstabilität von kombinierten Fensterkanteln verschiedene, dem aktuellen Ausstattungstrend angepasste Hölzer ausgewählt. In einer ersten Versuchsserie wurden für die Fertigung der dekorativen Innenlagen die „Trendhölzer“ Ahorn/Hard maple (*Acer* spp.), Amerikanischer Nussbaum (*Juglans nigra*) und Amerikanische Weisseiche (*Quercus* spp.) von der Firma WOB Timber Team Holzmarketing GmbH zur Verfügung gestellt (Material für die Herstellung von jeweils 2,5 lfm Fensterkante). Für die Herstellung der Außenlagen wurden die im Fensterbau etablierte Holzart Oregon pine (*Pseudotsuga menziesii*) und die Holzart Sibirische Lärche (*Larix gmelinii*, *L. sibirica*) ausgewählt. Beide Hölzer wurden von der Firma Menck Fenster GmbH bereitgestellt. Durch die Auswahl und Verwendung von TMT-Kiefer (thermisch modifiziert) wurden entsprechend *-den aktuellen Marktentwicklungen-* auch modifizierte Hölzer für die Anwendung im Fensterbau berücksichtigt. Weiterhin wurden auch die modifizierten Holzarten Accoya[®] (acetylierte *Pinus radiata*) und Belmadur[®] (polymerisierte *Pinus sylvestris*) für die Außenlagen und Kirschbaum (*Prunus serotina*) und Erle (*Alnus glutinosa*) für die Innenlagen der Fenster ausgewählt und geprüft. Für die Herstellung der Mittellagen wurde ausschließlich die Holzart Fichte (*Picea abies*) verwendet, die sich durch ein gutes Stehvermögen sowie gute Verklebungseigenschaften auszeichnet und von Seiten der Fensterhersteller am „geeignetsten“ für Mittellagen von kombinierten Kanteln eingestuft wird. Die Fichten-Lagen wurden von der Firma Winter Holzbau GmbH bereitgestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die 25 Holzartenkombinationen für die Herstellung der kombinierten Fensterkanteln (mit den verwendeten Abkürzungen) aufgeführt.

Tabelle 1: Ausgewählte Holzartenkombinationen für die Herstellung von Kanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern für den Fensterbau

Aussenlage	Mittellage	Innenlage	Abkürzung
Oregon pine	Fichte	Amerik. Weisseiche	Op-Fi-Ei
Oregon pine	Fichte	Amerik. Nussbaum	Op-Fi-Nu
Oregon pine	Fichte	Ahorn (hard maple)	Op-Fi-Ah
Oregon pine	Fichte	Kirsche (black cherry)	Op-Fi-Ki
Oregon pine	Fichte	Erle	Op-Fi-Er
Sib. Lärche	Fichte	Amerik. Weisseiche	La-Fi-Ei
Sib. Lärche	Fichte	Amerik. Nussbaum	La-Fi-Nu
Sib. Lärche	Fichte	Ahorn (hard maple)	La-Fi-Ah
Sib. Lärche	Fichte	Kirsche (black cherry)	La-Fi-Ki
Sib. Lärche	Fichte	Erle	La-Fi-Er
Accoya®	Fichte	Amerik. Weisseiche	Ac-Fi-Ei
Accoya®	Fichte	Amerik. Nussbaum	Ac-Fi-Nu
Accoya®	Fichte	Ahorn (hard maple)	Ac-Fi-Ah
Accoya®	Fichte	Kirsche (black cherry)	Ac-Fi-Ki
Accoya®	Fichte	Erle	Ac-Fi-Er
Belmadur®	Fichte	Amerik. Weisseiche	Be-Fi-Ei
Belmadur®	Fichte	Amerik. Nussbaum	Be-Fi-Nu
Belmadur®	Fichte	Ahorn (hard maple)	Be-Fi-Ah
Belmadur®	Fichte	Kirsche (black cherry)	Be-Fi-Ki
Belmadur®	Fichte	Erle	Be-Fi-Er
Thermo Kiefer	Fichte	Amerik. Weisseiche	ThKi-Fi-Ei
Thermo Kiefer	Fichte	Amerik. Nussbaum	ThKi-Fi-Nu
Thermo Kiefer	Fichte	Ahorn (hard maple)	ThKi-Fi-Ah
Thermo Kiefer	Fichte	Kirsche (black cherry)	ThKi-Fi-Ki
Thermo Kiefer	Fichte	Erle	ThKi-Fi-Er

Auswahl der Klebstoffe für die Herstellung der kombinierten Fensterkanteln

Für die Verklebung der individuellen Holzartenkombinationen wurden nach Rücksprache mit den Projektpartnern (Fensterbaubetriebe) und dem Klebstoffhersteller Jowat AG (Mitglied des projektbegleitenden Ausschusses) zunächst drei verschiedene Klebstoffsysteme (PVAc-Klebstoff, EPI-Klebstoff und PUR-Klebstoff) ausgewählt (siehe Tabelle 2).

In der Holzverarbeitenden Industrie werden zumeist (standardmäßig) D4-Klebstoffe für die Herstellung von lamellierten (dreilagigen) Kanteln für den Fensterbau verwendet. Der ausgewählte PVAc-Klebstoff Jowacoll 102.26 erfüllt vollständig die Anforderungen an eine D4-Verklebung (Eignung für den bewitterten Aussenbereich). Zusätzlich zu dem (standardmäßigen) PVAc-Klebstoff wurde auch ein EPI-Klebstoff (Jowacoll EPI 102.49) verwendet, um höhere Klebfestigkeiten zu erreichen, bzw. mögliche Holzartenspezifische Reaktionen bei der Verklebung der unterschiedlichen Holzarten (z.B. Einfluss von Inhaltsstoffen) zu eruieren.

Der PUR-Klebstoff Jowapur 686.30 wurde nach den ersten industriellen Verklebungsversuchen (-prozessen) nicht weiter berücksichtigt bzw. ausgeschlossen, da die Presseinrichtungen der Firma Winter Holzbau GmbH jeweils mit hohem Aufwand gereinigt werden mussten, bzw. eine Umstellung der Anlagen auf den PUR-Klebstoff einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erforderte.

Für die Herstellung der kombinierten Kanteln wurden daher im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens die beiden Klebstoffsysteme Jowacoll 102.26 (PVAc-Klebstoff) und Jowacoll EPI 102.49 (EPI-Klebstoff) verwendet. Die 25 Holzartenkombinationen wurden dabei jeweils mit dem PVAc- und dem EPI-Klebstoff individuell verklebt.

Tabelle 2: Verwendete Klebstoffe für die Herstellung der kombinierten Fensterkanteln

Klebstoffsysteme			
Name	Abkürzung	Beschreibung	Code
Jowacoll 102.26	PVAc	D4-Leim mit 5% Härter 195.35	A
Jowacoll EPI 102.49	EPI	Zu verarbeiten mit Jowat-Vernetzer 195.60	B
Jowapur 686.30	PUR	Flüssiger Einkomponenten-Polyurethan- Klebstoff für den tragenden Holzleimbau	C

Die Verklebung der dreilagigen (kombinierten) Fensterkanteln in handelsüblichen Dimensionen (Bauteilquerschnitt 86 mm x 72 mm) erfolgte mit einer industriellen Presseinrichtung bei der Firma Winter Holzbau GmbH (industrieller Partner). Die Pressparameter für die Herstellung der einzelnen Kanteln sind in der nachfolgenden Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Daten der Pressparameter

Daten	
Pressdruck der Anlage	150 bar
Auftragsmenge des Klebstoffes	220 g/mm ²
Presszeiten	1 h für PVAc und EPI
	1,5 h für PUR

3.3 Prüfung der Verklebungseigenschaften

Die Prüfung der Verklebungseigenschaften ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von Fensterkanteln mit kombinierten Holzarten, um die Anforderungen an die Festigkeiten und Dimensionsstabilität der Rahmenbauteile zu erfüllen. Entsprechend den gültigen Normen und Prüfrichtlinien wurden die Verklebungen der insgesamt 25 Kombinationen systematisch untersucht. Die Prüfungen erfolgten nach EN 204:2001 „*Klassifizierung von thermoplastischen Holzklebstoffen für nichttragende Anwendungen*“ sowie nach der ift Richtlinie ift-HO-10/1 „*Massive, keilgezinkte und lamellierte Profile für Holzfenster, Anforderungen und Prüfungen*“ an genormten Prüfkörpern, die von den industriell hergestellten Kanteln entnommen und zunächst bei 20°C und 65% rel. Luftfeuchte (Normklima) konditioniert wurden. EN 204:2001 stellt ein Klassifizierungssystem für thermoplastische Holzklebstoffe für nichttragende Anwendungen dar. Die Klassifizierung in die Beanspruchungsgruppen D1 bis D4 erfolgt auf der Grundlage von Messungen der Festigkeit der Klebstoffugen im nassen und trockenen Zustand unter festgelegten Bedingungen im Anschluss an unterschiedliche Lagerungsfolgen.

Die Mindestwerte der Klebefestigkeiten dünner Klebstofffugen hängen von der Lagerungsfolge und der jeweiligen Beanspruchungsgruppe des Klebstoffes ab. Diese Werte (Anforderungen) sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Mindestwerte der Klebefestigkeit dünner Klebstofffugen nach EN 204:2001

Lagerungsfolgen	Klebefestigkeit in $[N/mm^2]$ / Beanspruchungsgruppen				
	Art und Dauer	D1	D2	D3	D4
I	7 Tage im Normalklima	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10
III	7 Tage im Normalklima 4 h in Wasser bei $(20 \pm 5)^\circ C$	–	–	≥ 2	≥ 4
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei $(20 \pm 5)^\circ C$	–	–	–	≥ 4

Die für die Herstellung der kombinierten Kanteln verwendeten Klebstoffe sind in die Beanspruchungsgruppe D4 einzuordnen. Für diese Beanspruchungsgruppe müssen die Lagerungsfolgen I, III und V geprüft und die angegebenen Scherfestigkeiten der Verklebungen erreicht werden. In der ersten Projektphase wurden die kombinierten Kanteln entsprechend der beschriebenen Prüfvorschrift getestet. Die Ergebnisse der umfangreichen Prüfungen für die einzelnen Holzartenkombinationen sind in den Tabellen 5 bis 8 aufgeführt.

Die Auswertung der Prüfergebnisse zeigt, dass die verschiedenen Holzartenkombinationen unterschiedliche Verklebungseigenschaften/-qualitäten aufweisen. Im Detail kann festgestellt werden, dass nach Prüfung der Scherfestigkeiten, die Klebfugen der Kombinationen Accoya[®]-/Fichte und Fichte-/Erle die geforderten Klebefestigkeiten nach EN 204:2001 vollständig für die gesamten Lagerungsfolgen erfüllen. Für die anderen Holzartenkombinationen konnte die Mindestfestigkeit nach der Lagerungsfolge V = Lagerung von 6h in kochendem Wasser ($\geq 4 N/mm^2$) z.T. nicht erfüllt werden (siehe Tabelle 5 u. 6).

Vergleichbar den Ergebnissen der Verklebungsversuche mit dem PVAc-Klebstoff, weisen die Holzartenkombinationen Sibirische Lärche-/Fichte und Fichte-/Ahorn, die mit dem EPI-Klebstoff verpresst wurden, eine zu geringe Klebefestigkeit nach der Lagerungsfolge V = Lagerung von 6h in kochendem Wasser ($\geq 4 N/mm^2$) auf (siehe Tabellen 7 u. 8).

Alle anderen Kombinationen, die mit dem EPI-Klebstoff verklebt wurden, erfüllen die Anforderungen an die Klebefestigkeiten nach EN 204:2001 für alle Lagerungsfolgen (siehe Anlage „Ergebnisdarstellung für die Praxis“).

Tabelle 5: Ergebnisdarstellung der verklebten Holzkombinationen nach EN 204:2001 mit Jowacoll 102.26

Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Oregon pine-Fichte	I	12,4
	III	5,3
	V	3,7
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Sib. Lärche-Fichte	I	11,0
	III	4,3
	V	3,3
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Accoya [®] -Fichte	I	10,4
	III	4,8
	V	4,6
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Belmadur [®] -Fichte	I	9,9
	III	4,9
	V	3,83
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
ThermoKiefer-Fichte	I	9,6
	III	4,7
	V	3,2

Tabelle 6: Ergebnisdarstellung der verklebten Holzkombinationen nach EN 204:2001 mit Jowacoll 102.26

Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Eiche	I	10,7
	III	4,2
	V	1,6
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Nussbaum	I	11,1
	III	3,6
	V	2,9
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Ahorn	I	10,5
	III	2,8
	V	2,8
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Kirsche	I	12,2
	III	4,5
	V	3,2
Klebefuge PVAc	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Erle	I	11,6
	III	4,7
	V	4,1

Tabelle 7: Ergebnisdarstellung der verklebten Holzkombinationen nach EN 204:2001 mit Jowacoll EPI 102.49

Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Oregon pine-Fichte	I	11,5
	III	5,0
	V	4,1
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Sib. Lärche-Fichte	I	11,6
	III	3,8
	V	3,4
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Accoya [®] -Fichte	I	10,8
	III	5,1
	V	4,3
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Belmadur [®] -Fichte	I	10,1
	III	4,8
	V	4,5
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
ThermoKiefer-Fichte	I	9,8
	III	4,9
	V	4,1

Tabelle 8: Ergebnisdarstellung der verklebten Holzkombinationen nach EN 204:2001 mit Jowacoll EPI 102.49

Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Eiche	I	11,5
	III	4,2
	V	4,2
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Nussbaum	I	11,4
	III	4,6
	V	4,2
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Ahorn	I	10,7
	III	4,1
	V	3,5
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Kirsche	I	11,3
	III	4,8
	V	4,1
Klebefuge EPI	Lagerungsfolge	Mittelwert in N/mm ²
Fichte-Erle	I	12,3
	III	4,9
	V	4,1

In einer weiteren Prüfserie wurden die Verklebungseigenschaften der kombinierten Kanteln entsprechend der ift-Richtlinie HO-10/1 getestet und beurteilt. Die temperierte Wasserlagerung nach ift-HO-10/1 ist eine visuelle Prüfung. Nach jeder Lagerungsphase und nach Abschluss der gesamten Lagerungsfolge wird die „Dichtheit“ der Fugen an den Profilabschnitten durch eine visuelle Prüfung beurteilt. Der Prüfabfolge der verschiedenen Lagerungsstufen ist in der nachfolgenden Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Prüfabfolge der temperierten Wasser- und Normalklima-Lagerung

Lagerung	Temperatur	Dauer
Wasser	20°C	3 h
	60°C	3 h
	20°C	18 h
Normalklima	23°C / 50% rel. Luftfeuchte	72 h

Die Auswertungen der visuellen Begutachtung der Klebfugen (siehe Abbildungen 1 bis 3) zeigen, dass die anatomische Ausrichtung (Jahrringlage) der Hölzer einen signifikanten Einfluss auf die Festigkeiten der Klebfugen haben. Insbesondere bei Kanteln mit der Holzart Eiche, können ausgeprägte Risse und Verwerfungen festgestellt werden, wenn das Eichenholz mit tangentialer Ausrichtung (sog. liegende Jahrringe) verarbeitet wurde. Dieses Verhalten muss auf die ausgeprägte Anisotropie des Eichenholzes (Dichteunterschiede durch Ringporigkeit und Wechsel von sehr breiten und einreihigen Holzstrahlen) zurückgeführt werden. Bei einer Ausrichtung der Eichenholzlagen mit sog. stehenden Jahrringen (radiale Ausrichtung oder auch Riftschnitt) kann das Problem der Rissbildungen und Verwerfungen weitgehend vermieden werden.

Die Klebfugen der kombinierten Kanteln, die mit dem EPI-Klebstoff verpresst wurden, zeigen insbesondere bei der Holzart Nussbaum lokal schwarz-graue Verfärbungen. Ein chemischer Test der Klebfugen und Holzoberflächen mit Kaliumthiocyanat hat eindeutig ergeben, dass die Verfärbungen durch Eisen-Gerbstoffreaktionen verursacht wurden (Reaktion zu Brenzcatechin). Diese Art der Verfärbung kommt bei Hölzern mit hohem Anteil an hydrolysierbaren = wasserlöslichen Gerbstoffen vor, wie z.B. bei Nussbaum oder der Weisseiche.

Neben den Verfärbungen von Klebfugen können Holzinhaltstoffe auch zu Problemen bei den Vernetzungsreaktionen (Aushärtung bzw. Festigkeitsverlust) der Klebstoffe führen. So zeigen z.B. die D4 verklebten Ahornkanteln auffällige Delamellierungen (offene Klebfugen). Die Ursache für diese Fehlverklebungen kann auf den hohen Anteil an hydrolysierbaren Kohlenhydraten im Ahornholz zurückgeführt werden.

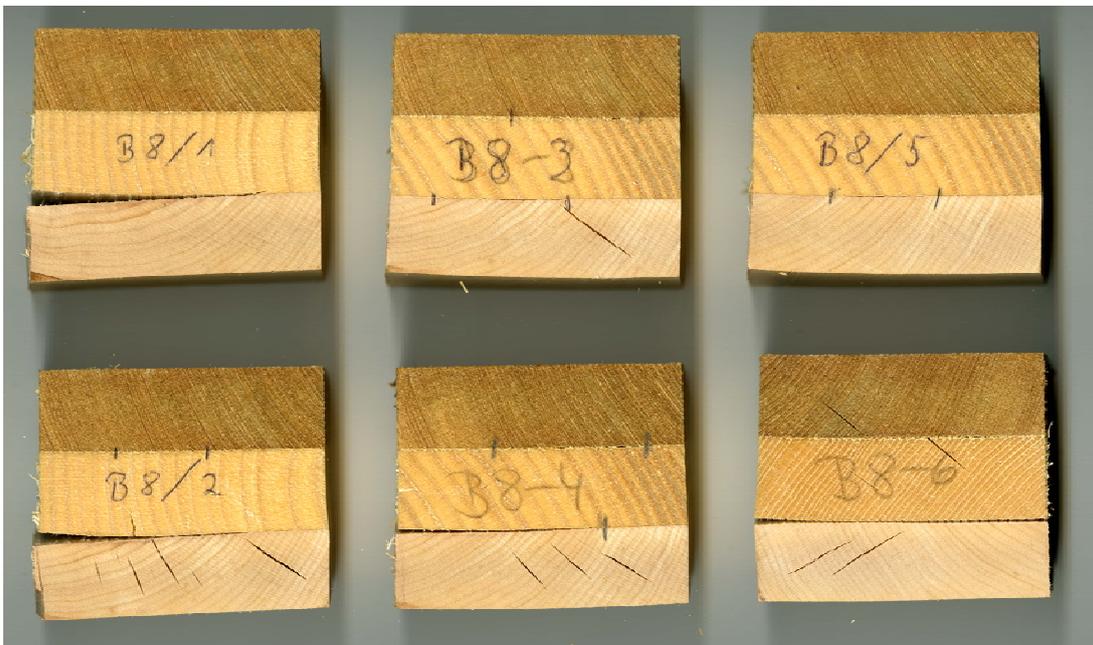
Die visuelle Begutachtung der PVAc-verklebten Außenlagen zeigt, dass nach der temperierten Wasserlagerung für die gesamten Kombinationen keine ausgeprägten Delamellierungen festgestellt werden konnten. Bei den Innenlagen Amerik. Weisseiche, Amerik. Nussbaum und Ahorn konnten dagegen -wie beschrieben- z.T. erhebliche Delamellierungen der Klebfugen nachgewiesen werden. Die Holzarten Kirschbaum und Erle zeigten nach der temperierten Wasserlagerung keine negativen Veränderungen (Delamellierungen) der Klebfugen.

Die Ergebnisse der temperierten Wasserlagerung (visuelle Begutachtung) zeigten bei den Kantelkombinationen, die mit dem EPI-Klebstoff verklebt wurden, für die Aussenlagen Sib. Lärche und Accoya® lokal offene Klebefugen.

Bei den Hölzern, die für die Innenlagen der Kanteln mit dem EPI-Klebstoff verklebt wurden, konnten mit Ausnahme der Holzart Ahorn, keine bzw. nur sehr geringfügige Delamellierungen der Klebfugen nach ift-HO-10/1-Richtlinie festgestellt werden. Die schlechten Verklebungseigenschaften (-ergebnisse) für Ahorn nach der temperierten Wasserlagerung müssen auf die natürlich im Holzgewebe vorkommenden (löslichen) Kohlenhydrate zurückgeführt werden, die sich negativ auf die Qualität (Aushärtung) der Klebstoffe auswirken. In den nachfolgenden Abbildungen 1 bis 3 sind verschiedene Prüfkörperkombinationen nach der temperierten Wasserlagerung dargestellt.



**Abbildung 1: Prüfkörper (EPI-Klebstoff) nach temperierter Wasserlagerung (ift-Richtlinie HO-10/1)
Kombination: Sib. Lärche-/Fichte-/Amerik. Weisseiche**



**Abbildung 2: Prüfkörper (EPI-Klebstoff) nach temperierter Wasserlagerung (ift-Richtlinie HO-10/1)
Kombination: Sib. Lärche-Fichte-Ahorn**

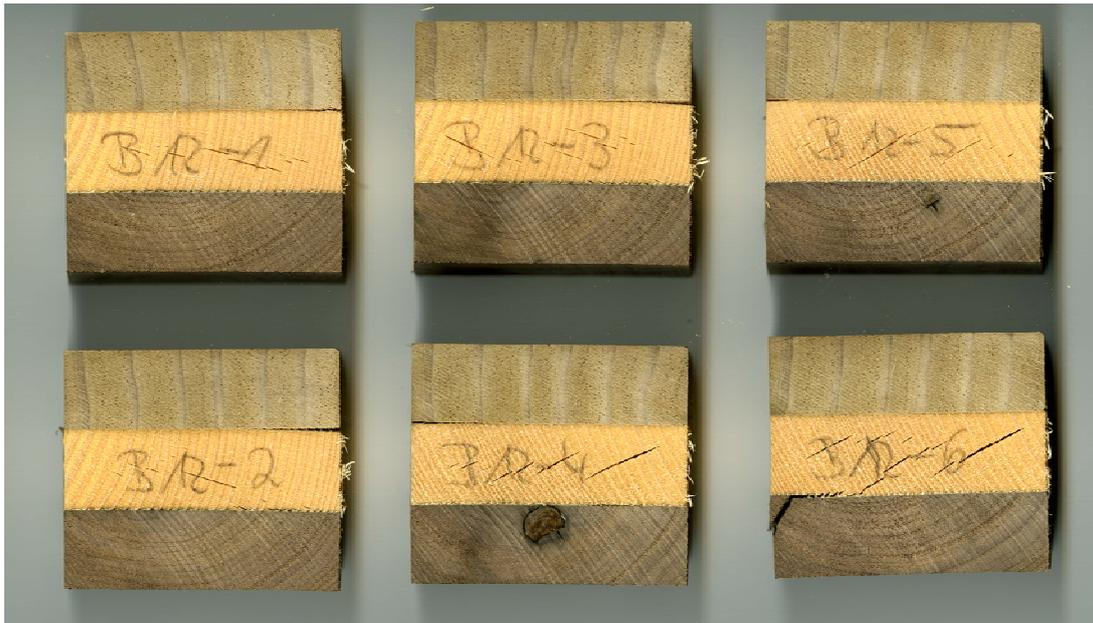


Abbildung 3: Prüfkörper (EPI-Klebstoff) nach temperierter Wasserlagerung (ift-Richtlinie HO-10/1)
Kombination: Accoya®-Fichte-Amerik. Nussbaum

3.4. Bestimmung der Quellung und Schwindung nach DIN 52 184:1979

Der Schwerpunkt der Untersuchung im zweiten Projektjahr lag in der Bestimmung von grundlegenden Kennwerten zum Quell- und Schwindverhalten der kombinierten Kanteln.

Holzfenster sind häufig wechselnden klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Dies bedeutet ein Höchstmaß an Beanspruchung für die Rahmenkonstruktion.

Durch die klimabedingten Änderungen der Holzfeuchte und den damit verbundenen Änderungen der Holzquerschnitte werden folgende Eigenschaften von Holzfenstern besonders beeinflusst:

- die Dichtheit der Konstruktionsfugen,
- die Haltbarkeit von Verleimungen an Rahmenverbindungen,
- die Funktionsfähigkeit von abgedichteten Fugen,
- die Formstabilität der Rahmen und Einzelteile,
- die Haftung von Beschichtungen.

Das Quellen und Schwinden des Holzes ist ein wichtiges Bewertungskriterium, um die Eignung von lamellierten Kanteln aus kombinierten Hölzern für den Fensterbau zu beurteilen.

Um diese Fragestellung zu untersuchen, wurden Quell- und Schwindversuche nach DIN 52 184:1979 durchgeführt. Dabei sind besonders die Werte der differentiellen Quellung, das Trocknungsschwindmaß und die Quellungsanisotropie relevant. Die differentielle Quellung ist das prozentuale Quellmaß je 1% Holzfeuchteänderung. Das Trocknungsschwindmaß beschreibt die Dimensionsänderung des Holzes in einer bestimmten Richtung (radial, tangential) beim Trocknen vom nassen auf den normalklimatisierten Zustand (bei 20°C/ 65% rel. Luftfeuchte). Die Quellungsanisotropie stellt das Verhältnis der tangentialen zur radialen differentiellen Quellung des Holzes dar.

Versuchsdurchführung:

Um für alle Prüfkörper die gleiche Ausgangsfeuchte zu erhalten, wurden die gesamten Proben in einer Klimakammer bei 20°C/ 65% rel. Luftfeuchte bis zur Gewichtskonstanz konditioniert. Nach DIN 52 184:1979 gilt die Gewichtskonstanz als erreicht, wenn sich das Gewicht der Proben gegenüber der vorherigen Wiegung im Abstand von 24 Stunden um nicht mehr als 0,1% geändert hat.

Anschließend wurden die Maße der Prüfkörper an definierten Messpunkten in radialer und tangentialer Richtung mittels Mikrometerschraube vermessen, sowie das Gewicht der Prüfkörper mit einer Feinwaage bestimmt.

Um den Hysterese-Effekt nicht als systematischen Fehler in die Prüfung einfließen zu lassen, erfolgte die Aufteilung der Prüfkörper in zwei Prüfkollektive „A“ und „B“. Das Holzfeuchtegleichgewicht variiert i.d.R. richtungsabhängig in bestimmten Grenzen innerhalb einer sog. Sorptionsschleife (= Hysterese), je nachdem ob zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes Wasser abgegeben (Desorption) oder aufgenommen (Adsorption) wird. Aus diesem Grund wurden die Prüfkörper nach der ersten Klimastufe (20°C/ 65% rel. Luftfeuchte) getrennt. Die Prüfkörper „B“ lagerten in einer Klimakammer mit 20°C/ 85% rel. Luftfeuchte, die Prüfkörper „A“ in einer Klimakammer mit 20°C/ 35% rel. Luftfeuchte bis zur Gleichgewichtskonstanz. In der dritten Klimastufe wurden die Prüfkörper entsprechend getauscht. Die Prüfkörper „B“ lagerten dann in der Klimakammer mit 20°C/ 35% rel. Luftfeuchte, die Prüfkörper „A“ in der Klimakammer mit 20°C/ 85% rel. Luftfeuchte bis zur Gleichgewichtskonstanz.

In der vierten Klimastufe wurden die Prüfkörper wieder zusammengeführt. Hier erfolgte die Darrtrocknung sukzessive in drei Temperaturstufen (bei 60°C, 80°C und 103°C), um eine schonende Trocknung sicherzustellen. Vor der fünften Klimastufe, der Wasserlagerung, wurden die Prüfkörper eine Woche lang im Normalklima bei 20°C/ 65% rel. Luftfeuchte klimatisiert, um Risse, die bei einem abrupten Klimawechsel entstehen, zu vermeiden. Bei der Wasserlagerung wurden die Prüfkörper so gelagert, dass das Wasser an der unteren Hirnfläche eindringen und Luft an der oberen Hirnfläche entweichen konnte. Dafür ragten die oberen Hirnenden einige Millimeter über den Wasserspiegel heraus. Um einem Schimmelbefall vorzubeugen wurde das Wasser mit Thymol (C₁₀H₁₄O) versetzt. Sobald die Hirnenden durchfeuchtet waren, wurden die Prüfkörper beschwert und vollständig mit Wasser bedeckt. Die Prüfkörper lagerten für ca. zwei Wochen in diesem Wasserbad, bis sie den maximalen Quellungszustand erreichten.

Nach Erreichung des Gleichgewichtszustandes in der jeweiligen Klimastufe wurden die Prüfkörper mittels Feinwaage gewogen und mit Hilfe einer Mikrometerschraube vermessen.

In Abbildung 4 ist der Verlauf der Klimastufen schematisch dargestellt.

Klimastufen	Klimabedingungen	
I	A + B 20°C, 65% rel. Lf	
II	A 20°C, 35% rel.Lf	B 20°C, 85% rel.Lf
III	A 20°C, 85% rel.Lf	B 20°C, 35% rel.Lf
IV	A + B Darrtrocken	
V	A + B Wasserlagerung	

Abbildung 4: Lagerungsabfolgen der Prüfkörper für den Quell- und Schwindversuch nach DIN 52 184:1979

Im Rahmen der Untersuchungen zur Bestimmung des Quell- und Schwindverhaltens wurden fünf ausgewählte Kantenkombinationen mit je 120 Prüfkörpern (jeweils 60 Prüfkörper mit stehenden Jahrringen und 60 Prüfkörper mit liegenden Jahrringen) analysiert. Die nachfolgend aufgelisteten Kantenkombinationen beinhalten dabei die gesamten elf Holzarten, die für das Forschungsvorhaben ausgewählt wurden.

- Oregon pine-/-Fichte-/-Erle
- Accoya[®]-/-Fichte-/-Weisseiche
- Thermo Kiefer-/-Fichte-/-Ahorn
- Sibirische Lärche-/-Fichte-/-Nussbaum
- Belmadur[®]-/-Fichte-/-Kirschbaum

Auf der Basis der ausgewählten Holzartenkombinationen resultierte eine Anzahl von insgesamt 600 Prüfkörpern (Ausrichtung mit liegenden und stehenden Jahrringen). Jeder dieser 600 Prüfkörper wurde in fünf verschiedenen Klimastufen gelagert (s. Abb.4). Nach Einstellung (Erreichen) der Gewichtskonstanz in der jeweiligen Klimastufe wurden die Prüfkörper gewogen und an den sechs definierten Messpunkten vermessen (siehe Abbildung 5). Für die 600 Prüfkörper wurden insgesamt 21.000 Messwerte ermittelt und ausgewertet.

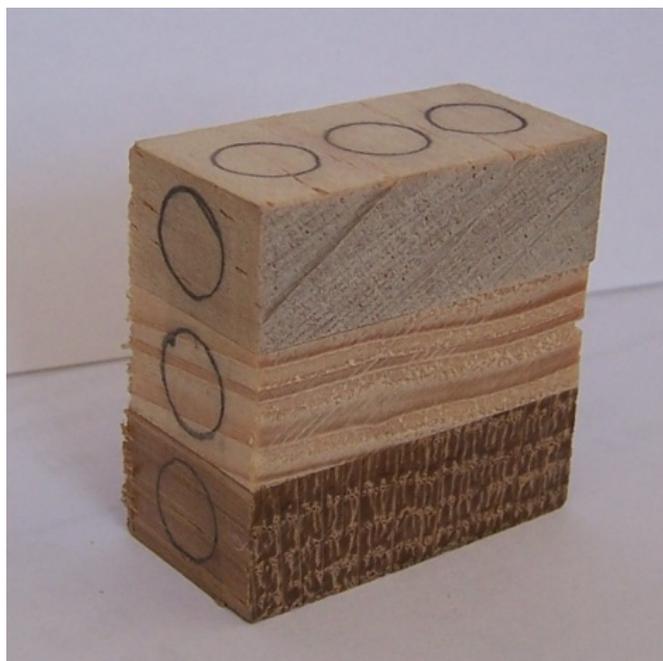


Abbildung 5: Anordnung der Messpunkte auf einem Prüfkörper für die Bestimmung des Quell und Schwindverhaltens der kombinierten Kanteln

Die Ergebnisse der umfangreichen Messungen des Quell- und Schwindverhaltens der individuellen Holzartenkombinationen sind in den Datenblättern der Anlage („Ergebnisdarstellung für die Praxis“) detailliert dargestellt und bewertet. Nachfolgend werden exemplarisch die Ergebnisse der Untersuchungen des Quell- und Schwindverhaltens für die Holzartenkombination Oregon pine-/Fichte-/Erle mit den besten Kennwerten vorgestellt. Neben den sehr guten Quell- und Schwindwerten weist diese Kombination auch gute Verklebungseigenschaften auf. In der nachfolgenden Tabelle 10 sind die gesamten Kennwerte mit den ermittelten Standardabweichungen und Variationskoeffizienten (Quell- und Schwindversuches nach DIN 52-184:1997) für die Kantelkombination Oregon pine-/Fichte-/Erle dargestellt (die Kennwerte der anderen Kantelkombinationen sind in der Anlage „Ergebnisdarstellung für die Praxis“ aufgeführt).

Tabelle 10: Darstellung der Kennwerte des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantenkombination: Oregon pine- /Fichte-/Erle

Kennwerte	Einheit	Anz.	Min.	Mittelwert	Max.	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q	[%/‰]						
q _{tan} Op		60	0,115	0,235	0,258	0,019	8,0
q _{tan} Fi		60	0,374	0,421	0,458	0,023	5,5
q _{tan} Er		60	0,210	0,302	0,374	0,052	17,2
q_{tan} MW		180	0,115	0,319	0,458		
q_{rad} MW		60	0,167	0,202	0,243	0,028	14,1
Quellungskoeffizient h	[%/‰]						
h _{tan} Op		60	0,0207	0,0445	0,0492	0,004	8,3
h _{tan} Fi		60	0,0687	0,0798	0,0901	0,006	7,1
h _{tan} Er		60	0,0389	0,0573	0,0732	0,011	18,6
h_{tan} MW		180	0,0207	0,0606	0,0901		
h_{rad} MW		60	0,0309	0,0382	0,0454	0,005	12,8
Quellungsanisotropie A_q							
A _q Op				1,2			
A _q Fi				2,1			
A _q Er				1,6			
A_q MW				1,6			
Max. lineares Quellmaß a_{max}	[%]						
a _{max tan} Op		60	6,51	7,03	7,49	0,235	3,3
a _{max tan} Fi		60	8,51	10,41	11,41	0,670	6,4
a _{max tan} Er		60	6,12	9,39	11,85	1,714	18,3
a_{max tan} MW		180	6,12	8,94	11,85		
a_{max rad} MW		60	4,38	5,33	6,39	0,700	13,1
Trocknungs-Schwindmaß β_N	[%]						
β _{N tan} Op		60	3,41	3,86	4,21	0,170	4,4
β _{N tan} Fi		60	4,75	5,60	6,16	0,328	5,9
β _{N tan} Er		60	3,73	5,96	7,73	1,114	18,7
β_{N tan} MW		180	3,41	5,14	7,73		
β_{N rad} MW		60	2,30	3,04	3,71	0,478	15,8
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A _β Op				1,3			
A _β Fi				1,9			
A _β Er				2,1			
A_β MW				1,7			

Die Auswertung der einzelnen Messwerte (Kennwerte) liefert detaillierte Informationen zum Quell- und Schwindverhalten der individuellen Holzarten bzw. einzelnen Lagen der verklebten Kombinationen sowie der gesamten Kante aus den kombinierten Hölzern.

Die Messwerte der ausgewählten Holzartenkombination „Oregon pine-/Fichte-/Erle“ belegen, dass die Aussenlage aus der Holzart Oregon pine durch sehr geringe Quell- und Schwindwerte (z.B. tangenciales Trocknungsschwindmaß 3,86%) bzw. eine niedrige Anisotropie der Schwindmaße ($A_{\beta} = 1,3$) charakterisiert wird. Die Innenlage aus dem Ausstattungsholz Erle weist *-in Übereinstimmung mit den vorliegenden Literaturwerten-* höhere Quell- und Schwindwerte (z.B. tangenciales Trocknungsschwindmaß 5,14%) und eine höhere Anisotropie ($A_{\beta} = 2,1$) auf, was insbesondere auf den unterschiedlichen anatomischen Aufbau (Nadelholz/Laubholz) zurückgeführt werden muss. Die Mittelwerte der einzelnen Kenngrößen für die kombinierte Kante ergeben Werte, die mit 5,14% für das tangenciales Trocknungsschwindmaß bzw. $A_{\beta} = 1,7$ für die Anisotropie der Schwindmaße besser eingestuft werden können als die Vergleichswerte für die etablierte Holzart Meranti ($\beta_{N \tan} 5,5\%$; vgl. Tabelle 11). Die visuelle Begutachtung der verklebten Lagen aus Oregon pine-/Fichte-/Erle nach den jeweiligen Klimastufen zeigte zudem, dass kein Fugenversatz festgestellt werden konnte und die Klebfugen vollständig geschlossen waren.

In der Tabelle 11 sind die praxisrelevanten Kenngrößen (differentielle Quellung, Trocknungsschwindmaß und Quellungsanisotropie) der Kantenkombination für eine vergleichende Bewertung übersichtlich zusammengestellt. Dabei werden die ermittelten Messwerte in radialer und tangentialer Richtung des Holzgewebes (stehende und liegende Jahrringe) gegenübergestellt und mit den Kennwerten von Dark Red Meranti (*Shorea spp.*) als bewährte Holzart für den Fensterbau, sowie mit Buche (*Fagus sylvatica*) als für den Fensterbau „ungeeignete“ Holzart verglichen. Bei den angegebenen Werten handelt es sich jeweils um Mittelwerte.

Die Kantenkombination aus Oregon pine-/Fichte-/Erle besitzt als einzige der getesteten Kantenkombinationen stets bessere Kennwerte als die für den Fensterbau bewährte Holzart Dark Red Meranti. Insbesondere die gemessenen Werte der differentiellen Quellung (0,16%%) erreichen in radialer Richtung den besten gemessenen Wert und in tangentialer Richtung (0,20%%) den zweitbesten gemessenen Wert aller untersuchten Kantenkombinationen.

Die Kantenkombination mit liegenden Jahrringen aus Oregon pine-/Fichte-/Erle weist geringfügig höhere Werte im Vergleich zu den Prüfkörpern mit stehenden Jahrringen auf, die in etwa den Kennwerten der etablierten Holzart Dark Red Meranti entsprechen (vgl. Tabelle 11). Die vollständigen Kennwerte der anderen vier Kantenkombinationen sind in der Anlage „*Ergebnisdarstellung für die Praxis*“ detailliert aufgeführt und beschrieben.

Tabelle 11: Gegenüberstellung der Quell- und Schwindwerte der untersuchten Kantenkombination Oregon pine- Fichte-Erle mit Dark Red Meranti und Buche

Kantenkombination	Differentielle Quellung [% / %]		Trocknungs-Schwindmaß [%]		Quellungs-anisotropie
	radial	tangential	radial	tangential	
Dark Red Meranti	0,17	0,32	3,0	5,5	1,9
Oregon pine-Fichte-Erle stehende Jahrringe	0,16	0,27	2,3	4,0	1,7
Oregon pine-Fichte-Erle liegende Jahrringe	0,20	0,32	3,0	5,1	1,6
Buche	0,20	0,41	4,0	8,0	2,1

3.5. Fertigung der Fensterelemente

Auf der Grundlage der ermittelten Ergebnisse der Verklebungseigenschaften nach DIN EN 204/205, sowie der ift-Richtlinie HO10/1 und der Bestimmung des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1979 wurden zwei Kantelkombinationen ausgewählt, deren Kennwerte die Anforderungen der VFF-Richtlinie HO.06-3 „Holzarten für den Innenausbau als dekorative Sichtflächen für lamellierte Fensterkanteln“ vollständig erfüllen. Die Holzartenkombinationen Oregon pine-/Fichte-/Erle und Belmadur[®]-/Fichte-/Nussbaum werden jeweils durch die besten Kennwerte charakterisiert (vgl. auch Anlage „Ergebnisdarstellung für die Praxis“).

Aus den Profilen dieser beiden Holzartenkombinationen wurden jeweils vier handelsübliche Fenster mit Blendrahmen vom Typ „WIN68 Classic“ mit zusätzlicher Flügelaufschlagdichtung für einen erhöhten Wärme- und Schallschutz durch die Firma Winter Holzbau GmbH (industrieller Kooperationspartner) mit den nachfolgenden Spezifizierungen industriell hergestellt:

- Holzartenkombinationen: „Oregon pine-/Fichte-/Erle und Belmadur[®]-/Fichte-/Nussbaum
- Verklebung mit dem Klebstoff Jowacoll EPI 102.49 (Vernetzer 195.60)
- Profilsystem 68 mm x 72 mm
- Typ: WIN68 Classic (einflügelige Fenster mit den Abmessungen 1230 mm x 1480 mm)
- je Holzartenkombination einmal Anschlagart DKL/DKR

Die industriell gefertigten Fensterelemente und Blendrahmen (siehe Abbildungen 6 und 7) wurden im Anschluss auf ihre Gebrauchseigenschaften hin geprüft. Die normgerechten Eignungsprüfungen der

- Luftdurchlässigkeit nach DIN EN 1026:2000 „Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Prüfverfahren“ und
- Schlagregendichtheit nach DIN EN 1027:2000 „Fenster und Türen - Schlagregendichtheit - Prüfverfahren“

der Elemente erfolgten auf den Prüfständen der Firma Menck-Fenster GmbH (industrieller Kooperationspartner) in Schwerin (siehe Abbildungen 8 und 9).



Abbildung 6: Musterfenster aus der Holzartenkombination Belmadur[®]-Fichte-Nussbaum



Abbildung 7: Detailansicht des Musterfensters Belmadur[®]-Fichte-Nussbaum

3.6. Eignungsprüfung der Musterfenster

Die Auswertungen der Testergebnisse (Klassifizierungen der Luftdurchlässigkeit nach DIN EN 12207 und Schlagregendichtheit nach DIN EN 12208) haben ergeben, dass die beiden ausgewählten Musterfenster mit den Holzartenkombinationen Oregon pine-/Fichte-/Erle und Belmadur[®]-/Fichte-/Nussbaum jeweils die Klasse 3 in Bezug auf die Luftdurchlässigkeit (DIN EN 12207) und die Klasse 4A in Bezug auf die Schlagregendichtheit (DIN EN 12208) erreichen.

Fensterprofile / Holzartenkombination	Klassifizierung der Schlagregendichtheit EN 12208	Klassifizierung der Luftdurchlässigkeit EN 12207
Oregon pine-/Fichte-/Erle	Klasse 4A (150 Pa)	Klasse 3
Belmadur [®] -/Fichte-/Nussbaum	Klasse 4A (150 Pa)	Klasse 3

Entsprechend den Klassifizierungen der Normen werden die Anforderungen in Bezug auf die Schlagregendichtheit und die Luftdurchlässigkeit für beide Holzartenkombinationen der Muster-Fenster erfüllt.



Abbildung 8: Musterfenster während der Eignungsprüfung „Schlagregendichtheit“



Abbildung 9: Schlagregensimulation während der Eignungsprüfung „Schlagregendichtheit“

Auf der Basis der umfangreichen Untersuchungen (Verklebungseigenschaften nach DIN EN 204/205 und Bestimmung des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1979) können für die ausgewählten Holzartenkombinationen individuelle Empfehlungen in Bezug auf ihre Eignung für den Fensterbau gegeben werden, wobei die Kombinationen Oregon pine-/Fichte-/Erle und Belmadur[®]-/Fichte-/Nussbaum die besten Kennwerte zeigen (vgl. auch Übersicht in der Anlage „*Ergebnisdarstellung für die Praxis*“). Die praxisrelevanten Gebrauchs- bzw. Eignungsprüfungen haben ergeben, dass die industriell hergestellten Musterfenster die Anforderungen in Bezug auf die Schlagregendichtheit und Luftdurchlässigkeit für den Fensterbau erfüllen. Die erzielten Ergebnisse liefern insgesamt neue und praxisrelevante (normgerechte) Kennwerte für die Fensterkanteln mit kombinierten Holzarten, die in das VFF-Merkblatt HO.06-3 „*Holzarten für den Innenausbau als dekorative Sichtflächen für lamellierte Fensterkanteln*“ (Verband der Fenster- und Fassadenhersteller) aufgenommen werden sollen.

4. Umsetzung der Forschungsergebnisse

Das Forschungsvorhaben wurde in enger Kooperation mit klein- und mittelständigen Betrieben des Holzhandels und des Fensterbaus durchgeführt.

Die im Rahmen des Forschungsvorhabens erzielten Ergebnisse wurden als Berichte dem projektbegleitenden Ausschuss regelmäßig vorgelegt und diskutiert. Zusätzlich wurde das Forschungsprojekt im Rahmen der folgenden Fachveranstaltungen vorgestellt:

- Fachseminar „Holzarten für den Fensterbau“ des Verbandes der Fenster- und Fassadenhersteller e.V. (VFF) am 28.01. 2010 in Hamburg,
- Fachtagung der BASF „Let’s talk Wood“ am 30.09.2010 in Hamburg,
- AGDW Pressedinner „Innovative Technologien und Produkte“ der FTP Deutschland am 19.01.2011 in Berlin,
- Innovationstag 2011 bei der Firma Menck-Fenster GmbH am 24.02.2011 in Hamburg,
- Präsentation der Ergebnisse des Forschungsvorhabens und Ausstellung der produzierten Kanteln und Fenster auf der LIGNA 2011 vom 30.05. bis 03.06.2011 in Hannover.

Weiterhin wurden für die 25 Holzartenkombinationen übersichtliche **Datenblätter** („**Ergebnisdarstellung für die Praxis**“) mit den relevanten Kennwerten erstellt und an die Kooperationspartner übergeben. Die Datenblätter sind dem Abschlussbericht in Anlage beigefügt.

Die umfassenden Untersuchungen (ca. 21.000 Einzelmessungen) zum Quell- und Schwindverhalten der Kanteln aus kombinierten Hölzern wurden begleitend im Rahmen einer Diplomarbeit „*Untersuchung der Verklebungseigenschaften und Dimensionsstabilität von kombinierten Kanteln für den Fensterbau*“ von Herrn MATTHIES EHMCKE am Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg durchgeführt. Die Diplomarbeit (Dokumentenummer: T1 10 1565, Signatur: 71 D 27, 111 Seiten) kann nach der Veröffentlichung des Abschlussberichtes ausgeliehen werden.

In der nachfolgenden Tabelle 12 ist der vollständige **Plan zum Ergebnistransfer in der Wirtschaft** dargestellt.

Tabelle 12: Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Ziel	Rahmen	Datum/ Zeitraum
Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses am vTI (Hamburg), Festlegungen, Maßnahmen und Diskussion	16. Juli 2009
Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses bei der Firma Jowat AG (Detmold), Fortschrittsbericht, Diskussion, Festlegungen, Maßnahmen	17. November 2009
Projektvorstellung	Vortrag über das Forschungsvorhaben im Fachseminar „Holzarten für den Fensterbau“ des Verbandes der Fenster- und Fassadenhersteller am vTI Hamburg	28. Januar 2010
Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses am vTI (Hamburg), Fortschrittsbericht, Diskussion, Festlegungen, Maßnahmen	27. April 2010
Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Fachtagung der BASF „Let’s talk Wood ² “ am vTI Hamburg	30. September 2010
Veröffentlichung	Vorstellung des Forschungsvorhabens auf der Homepage des vTI (Internetdarstellung)	seit Oktober 2010
Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Fachtagung „Holzfenster 2012“ in Fulda	26. November 2010
Veröffentlichung	Fachartikel im Jahresbericht 2010 des vTI	seit Januar 2011
Projektvorstellung	Vorstellung des Projektes durch den FTP Deutschland auf dem AGDW Pressedinner „Innovative Technologien und Produkte“ in Berlin	19. Januar 2011
Projektvorstellung	Innovationstag 2011 der Firma Menck-Fenster GmbH in Hamburg	24. Februar 2011
Ergebnistransfer in die Wirtschaft	Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses am vTI (Hamburg), Berichterstattung über den zweiten Forschungsabschnitt, Ergebnisdarstellung, Abschlussdiskussion	17. März 2011
Projektvorstellung	Präsentation (fünf Tage) der Ergebnisse des Forschungsvorhabens und Ausstellung der produzierten Kanteln und Fenster auf der LIGNA 2011 in Hannover	30. Mai bis 3. Juni 2011
Projektvorstellung	Vorstellung des Forschungsvorhabens auf der Projektsitzung „Holzfenster 2012“ am ift-Rosenheim	05. Mai 2011
Projektvorstellung	Präsentation während des Besuches der Bundesministerin Frau Aigner (BMELV) am vTI in Hamburg	30. August 2011

6. Durchführende Forschungsstelle

Forschungsstelle: Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI)
Leuschnerstraße 91, 21031 Hamburg
Tel.: 040 – 739 62 410 / Fax: 040 – 739 62 499

Leiter der Forschungsstelle: Prof. Dr. F. Isermeyer

Ausführendes Institut: Institut für Holztechnologie und Holzbiologie (HTB)

Projektleiter: PD Dr. G. Koch;
e-mail: gerald.koch@vti.bund.de
Dr. M. Ohlmeyer;
e-mail: martin.ohlmeyer@vti.bund.de

Projektbearbeitung: Diplom-Holzwirt O. Günther,
e-mail: oliver.guenther@vti.bund.de

PD Dr. G. Koch



Dr. M. Ohlmeyer



Hamburg, 14.11.2011

Inhaltsverzeichnis

Oregon pine – Fichte – amerikanische Eiche.....	1
Oregon pine – Fichte – Nussbaum.....	2
Oregon pine – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	3
Oregon pine – Fichte – Kirsche.....	4
Oregon pine – Fichte – Erle.....	5
sibirische Lärche – Fichte – amerikanische Eiche.....	6
sibirische Lärche – Fichte – Nussbaum.....	7
sibirische Lärche – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	8
sibirische Lärche – Fichte – Kirsche.....	9
sibirische Lärche – Fichte – Erle.....	10
Accoya – Fichte – amerikanische Eiche.....	11
Accoya – Fichte – Nussbaum.....	12
Accoya – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	13
Accoya – Fichte – Kirsche.....	14
Accoya – Fichte – Erle.....	15
Belmadur – Fichte – amerikanische Eiche.....	16
Belmadur – Fichte – Nussbaum.....	17
Belmadur – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	18
Belmadur – Fichte – Kirsche.....	19
Belmadur – Fichte – Erle.....	20
Thermo Kiefer – Fichte – amerikanische Eiche.....	21
Thermo Kiefer – Fichte – Nussbaum.....	22
Thermo Kiefer – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	23
Thermo Kiefer – Fichte – Kirsche.....	24
Thermo Kiefer – Fichte – Erle.....	25
DIN 52 184:1997 Oregon pine – Fichte – Erle.....	26
DIN 52 184:1997 Oregon pine – Fichte – Erle.....	27
DIN 52 184:1997 sibirische Lärche – Fichte – Nussbaum.....	28
DIN 52 184:1997 sibirische Lärche – Fichte – Nussbaum.....	29
DIN 52 184:1997 Accoya – Fichte – amerikanische Eiche.....	30
DIN 52 184:1997 Accoya – Fichte – amerikanische Eiche.....	31
DIN 52 184:1997 Belmadur – Fichte – Kirsche.....	32
DIN 52 184:1997 Belmadur – Fichte – Kirsche.....	33
DIN 52 184:1997 Thermo Kiefer – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	34
DIN 52 184:1997 Thermo Kiefer – Fichte – Ahorn (Hard maple).....	35

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Douglassie / Oregon pine** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **amerikanische Eiche** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001
(A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestwerte der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	12,03	10,77	12,14	11,65
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,93	4,12	5,04	4,94
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,28	1,75	4,59	4,42

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	36,7	1,6

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Verklebungseigenschaften ergab, dass eine Verklebung mit Jowacoll EPI den Anforderungen an die Normen erfüllt.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Douglasie / Oregon pine** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Nussbaum** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestwerte der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	13,30	13,54	10,59	10,02
III	7 Tage im Normalklima 4 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,34	4,10	4,45	3,94
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,98	3,39	4,18	4,05

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass eine Verklebung mit Jowacoll EPI die Anforderungen an die Normen der Verklebungseigenschaften erfüllt.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Douglasie / Oregon pine (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Ahorn/Hard maple (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,47	9,27	12,07	12,16
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,72	2,57	4,92	4,92
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei(20 ± 5) °C	≥4	3,25	3,50	4,21	4,37

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0,8	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass eine Verklebung mit Jowacoll EPI die Anforderungen an die Normen der Verklebungseigenschaften erfüllt.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Douglasie / Oregon pine** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Kirsche** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	13,31	12,20	11,31	9,78
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,86	4,25	5,08	4,12
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,85	2,83	4,60	4,39

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass eine Verklebung mit Jowacoll EPI die Anforderungen an die Normen der Verklebungseigenschaften erfüllt.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Douglasie / Oregon pine** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Erle** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lage- rungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	11,51	12,77	11,45	11,48
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,64	5,39	5,57	5,13
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,94	4,41	2,82	3,43

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	2,5	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass eine Verklebung mit Jowacoll D4 die Anforderungen an die Normen der Verklebungseigenschaften erfüllt.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **sibirische Lärche (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **amerikanische Eiche (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	11,72	11,24	12,73	11,93
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,70	4,78	3,25	3,99
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	2,81	3,21	2,83	3,44

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	46,6
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	3,3	36,6

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen nicht ausreichend erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **sibirische Lärche (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Nussbaum (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,93	11,32	12,22	11,54
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,77	3,19	5,51	4,71
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	2,87	2,11	4,41	4,61

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	5,8	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestfestigkeiten in dem Bereich der Mittellage-Innenlage für die Normen erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **sibirische Lärche** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Ahorn/Hard maple** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lage- rungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	11,48	10,50	10,09	7,69
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,71	2,86	4,09	3,50
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,32	2,99	3,79	2,66

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	4,2
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	1,7	49,2

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte nach den Normen für die Verklebungseigenschaften nicht erreicht wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **sibirische Lärche (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Kirsche (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	11,98	11,94	11,78	12,50
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,19	4,50	4,49	4,90
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,87	3,58	3,70	4,13

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0,8	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die Verklebungseigenschaften den Anforderungen der Normen mit geringen Abweichungen entsprechen.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **sibirische Lärche (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Erle (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,77	10,75	11,92	12,48
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,19	4,49	3,41	5,42
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,28	3,82	3,30	4,91

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	2,5	25
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	1,7	0,83

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung dieser Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte nach den Normen für die Verklebungseigenschaften nicht erreicht wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Accoya (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Eiche (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lage- rungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,78	11,56	11,17	11,60
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,04	4,59	5,77	5,13
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,97	3,98	4,66	4,28

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	12,5
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	1,7	78,3

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Accoya (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Nussbaum (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	8,69	8,75	9,26	11,69
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,44	2,66	3,78	5,10
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,99	3,22	3,83	4,10

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	15,8
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	4,2

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen überwiegend erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Accoya (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Ahorn/Hard maple (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,55	11,72	9,26	11,69
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,72	3,00	3,78	5,10
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,00	2,62	3,83	4,10

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0,8
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	16,7	58,3

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen, für den Bereich der Mittellage-Innenlage, nicht erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Accoya** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Kirsche** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,72	11,79	n.v.	n.v.
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,06	4,64	n.v.	n.v.
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,52	3,71	n.v.	n.v.

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	2,5	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll D4 erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Accoya (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Erle (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	11,46	11,79	12,06	11,11
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,84	5,39	5,80	4,80
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,39	4,54	4,59	4,14

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	5,8

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Belmadur (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **amerikanische Eiche (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	9,29	8,92	10,11	12,27
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,28	3,64	5,16	5,45
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,67	1,32	4,95	5,07

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	5
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	17,5	5

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Belmadur (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Nussbaum (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	9,16	8,99	9,86	11,35
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,06	3,91	3,58	4,69
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,00	2,79	4,25	4,70

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	19,2	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Belmadur (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Ahorn/Hard maple (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lage- rungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	9,51	10,03	9,52	11,59
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,16	2,94	5,07	4,14
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,58	2,27	3,81	3,88

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	3,3
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	56,2	60,0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen nicht erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Belmadur (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Kirsche (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	12,19	12,02	10,42	12,63
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,50	5,05	5,33	5,68
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,08	2,41	4,68	4,94

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0,8	5,8

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Belmadur** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Erle** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	9,11	11,20	10,51	11,47
III	7 Tage im Normalklima 4 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,14	4,03	4,97	4,49
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,78	3,80	4,80	4,03

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	11,7
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	1,7	37,5

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen nicht ausreichend erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Thermokiefer** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **amerikanische Eiche** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	6,56	10,79	9,72	10,09
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,81	3,89	4,14	4,49
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,75	2,05	3,96	3,90

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	1,7	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	11,7	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Thermokiefer** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Nussbaum** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001
(A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,13	12,74	10,70	12,40
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,31	4,36	4,71	4,65
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	3,67	3,02	3,91	4,06

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Thermokiefer** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Ahorn/Hard maple** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001
(A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	9,57	11,54	10,18	11,87
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,76	2,73	4,85	4,59
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,00	2,35	3,94	4,14

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	0
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	66,7	0

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte der Verklebungseigenschaften nach den Normen für den Klebstoff Jowacoll EPI erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Thermokiefer** (Aussenlage A)
- **Fichte** (Mittellage M)
- **Kirsche** (Innenlage I)

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lage- rungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	10,68	12,84	9,46	10,37
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,68	4,04	5,55	4,47
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,30	3,23	4,77	3,07

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnistabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	1,7
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	73,3

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen nicht ausreichend erfüllt wurden.

Verklebungseigenschaften lamellierter Fensterkanteln mit dekorativen Ausstattungshölzern



- **Thermokiefer (Aussenlage A)**
- **Fichte (Mittellage M)**
- **Erle (Innenlage I)**

Verklebung nach EN 204:2001

Tabelle 1: Ergebnisstabelle der Verklebungseigenschaften nach EN 204:2001 (A-M Aussenlage-Mittellage / M-I Mittellage-Innenlage)

Mindestfestigkeit der Klebfestigkeit in N/mm ² Beanspruchungsgruppe			Ergebnisse der Verklebungsversuche Klebfestigkeit in N/mm ²			
Nr. Lagerungsfolge	Art und Dauer	D4	Jowacoll 102.26 D4		Jowacoll 102.49 EPI	
			A-M	M-I	A-M	M-I
I	7 Tage im Normalklima	≥10	11,00	11,71	8,86	12,07
III	7 Tage im Normalklima 4 h im Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	5,01	4,38	5,01	4,64
V	7 Tage im Normalklima 6 h in kochendem Wasser 2 h in Wasser bei (20 ± 5) °C	≥4	4,23	3,71	3,82	4,20

Verklebung nach ift-Richtlinie HO-10/1

Tabelle 2: Ergebnisstabelle der Verklebungseigenschaften nach ift-Richtlinie HO-10/1

	Jowacoll 102.26 D4	Jowacoll 102.49 EPI
Delamellierung Aussenlage-Mittellage [%]	0	5
Delamellierung Mittellage-Innenlage [%]	0	27,5

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn an allen Klebstoffugen sich bis zum Abschluss der Lagerungsfolge keine Fugen öffnen, maximal dürfen im Mittel über alle untersuchten Proben 5 % der gesamten Fugenlänge (Einzelwerte von bis zu 10 % je Probe) geöffnet sein.

Die Untersuchung der Kombination ergab, dass die geforderten Mindestwerte für die Verklebungseigenschaften nach den Normen nicht ausreichend erfüllt wurden.

**Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach
DIN 52 184:1997 für die Kantelkombination
Oregon pine-Fichte-Erle**

Tabelle 1: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantelkombination: Oregon pine (DGA)- Fichte (Fi)- Erle(Er) **liegende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q	[%/%]						
q_{\tan} DGA		60	0,115	0,235	0,258	0,019	7,992
q_{\tan} Fi		60	0,374	0,421	0,458	0,023	5,450
q_{\tan} Er		60	0,210	0,302	0,374	0,052	17,179
q_{\tan} MW		180	0,115	0,319	0,458		
q_{rad} MW		60	0,167	0,202	0,243	0,028	14,079
Quellungsanisotropie A_q							
A_q DGA				1,2			
A_q Fi				2,1			
A_q Er				1,6			
A_q MW				1,6			
Trocknungs-Schwindmaß β_N	[%]						
$\beta_{N \tan}$ DGA		60	3,41	3,86	4,21	0,170	4,396
$\beta_{N \tan}$ Fi		60	4,75	5,60	6,16	0,328	5,855
$\beta_{N \tan}$ Er		60	3,73	5,96	7,73	1,114	18,681
$\beta_{N \tan}$ MW		180	3,41	5,14	7,73		
$\beta_{N \text{rad}}$ MW		60	2,30	3,04	3,71	0,478	15,755
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β DGA				1,3			
A_β Fi				1,9			
A_β Er				2,1			
A_β MW				1,7			

Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach DIN 52 184:1997 für die Kantelkombination Oregon pine-Fichte-Erle

Tabelle 2: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantelkombination: Oregon pine(DGA) – Fichte(Fi) – Erle(Er) **stehende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{rad} DGA		60	0,118	0,133	0,149	0,006	4,304
q_{rad} Fi		60	0,115	0,146	0,182	0,017	11,688
q_{rad} Er		60	0,190	0,205	0,220	0,007	3,181
q_{rad} MW		180	0,115	0,162	0,220		
q_{tan} MW		60	0,256	0,270	0,287	0,007	2,698
Quellungsanisotropie A_q							
A_q DGA				2,0			
A_q Fi				1,9			
A_q Er				1,3			
A_q MW				1,7			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N rad}$ DGA		60	1,5	1,79	2,17	0,169	9,469
$\beta_{N rad}$ Fi		60	1,67	2,09	2,59	0,209	9,985
$\beta_{N rad}$ Er		60	2,41	3,08	3,67	0,274	8,917
$\beta_{N rad}$ MW		180	1,50	2,32	3,67		
$\beta_{N tan}$ MW		60	3,69	4,02	4,26	0,133	3,298
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β DGA				2,3			
A_β Fi				1,9			
A_β Er				1,3			
A_β MW				1,7			

Die Kantelkombination Oregon pine-Fichte-Erle kann aufgrund der guten Quell- und Schwindwerte insbesondere bei stehenden Jahrringen als gut geeignet für den Fensterbau eingestuft werden.

Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach DIN 52 184:1997 für die Kantenkombination sibirische Lärche-Fichte-Nussbaum

Tabelle 3: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fenstereckenkombination: sibirische Lärche(Lä) – Fichte(Fi) - Nussbaum(Nu) **liegende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{\tan} Lä		60	0,264	0,321	0,382	0,043	13,505
q_{\tan} Fi		60	0,239	0,282	0,311	0,017	5,911
q_{\tan} Nu		60	0,263	0,293	0,333	0,013	4,604
q_{\tan} MW		180	0,239	0,299	0,382		
q_{rad} MW		60	0,202	0,228	0,268	0,017	7,516
Quellungsanisotropie A_q							
A_q Lä				1,4			
A_q Fi				1,2			
A_q Nu				1,3			
A_q MW				1,3			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N \tan}$ Lä		60	4,06	4,94	5,80	0,559	11,324
$\beta_{N \tan}$ Fi		60	4,65	5,03	6,12	0,279	5,541
$\beta_{N \tan}$ Nu		60	4,93	5,81	6,49	0,400	6,882
$\beta_{N \tan}$ MW		180	4,06	5,26	6,49		
$\beta_{N \text{rad}}$ MW		60	2,78	3,78	4,53	0,364	9,614
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β Lä				1,3			
A_β Fi				1,3			
A_β Nu				1,6			
A_β MW				1,4			

Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach DIN 52 184:1997 für die Kantenkombination sibirische Lärche-Fichte-Nussbaum

Tabelle 4: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantenkombination : sibirische Lärche(Lä) – Fichte(Fi) - Nussbaum(Nu) **stehende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{rad} Lä		60	0,175	0,220	0,257	0,022	9,968
q_{rad} Fi		60	0,143	0,172	0,231	0,017	9,636
q_{rad} Nu		60	0,200	0,228	0,263	0,014	6,345
q_{rad} MW		180	0,143	0,207	0,263		
q_{tan} MW		60	0,285	0,311	0,361	0,016	5,211
Quellungsanisotropie A_q							
A_q Lä				1,4			
A_q Fi				1,8			
A_q Nu				1,4			
A_q MW				1,5			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N rad}$ Lä		60	2,13	2,67	3,11	0,215	8,046
$\beta_{N rad}$ Fi		60	2,10	2,72	4,48	0,431	15,872
$\beta_{N rad}$ Nu		60	5,40	6,34	7,62	0,591	9,324
$\beta_{N rad}$ MW		180	2,10	3,91	7,62		
$\beta_{N tan}$ MW		60	4,52	4,93	5,61	0,255	5,170
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β Lä				1,9			
A_β Fi				1,9			
A_β Nu				0,8			
A_β MW				1,3			

Für die Kantenkombination sibirische Lärche-Fichte-Nussbaum wird in Bezug auf das Stehvermögen eine bedingte Verwendung für den Fensterbau ausgesprochen.

Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach DIN 52 184:1997 für die Kantelkombination Accoya-Fichte-Eiche

Tabelle 5: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantelkombination: Accoya(Ac) – Fichte(Fi) - amerikanische Eiche(Ei) **liegende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{\tan} Ac		60	0,052	0,070	0,290	0,030	42,056
q_{\tan} Fi		60	0,326	0,401	0,488	0,050	12,513
q_{\tan} Ei		60	0,215	0,417	0,466	0,040	9,514
q_{\tan} MW		180	0,052	0,296	0,488		
q_{rad} MW		60	0,168	0,204	0,249	0,027	13,403
Quellungsanisotropie A_q							
A_q Ac				2,1			
A_q Fi				2,0			
A_q Ei				0,4			
A_q MW				1,5			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N \tan}$ Ac		60	0,56	0,91	1,90	0,217	23,899
$\beta_{N \tan}$ Fi		60	1,67	4,79	5,60	0,563	11,746
$\beta_{N \tan}$ Ei		60	5,06	7,54	8,48	0,537	7,124
$\beta_{N \tan}$ MW		180	0,56	4,41	8,48		
$\beta_{N \text{rad}}$ MW		60	1,83	2,18	2,65	0,203	9,326
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β Ac				0,4			
A_β Fi				2,2			
A_β Ei				3,5			
A_β MW				2,0			

Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach DIN 52 184:1997 für die Kantelkombination Accoya-Fichte-Eiche

Tabelle 6: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantelkombination: Accoya(Ac) – Fichte(Fi) - amerikanische Eiche(Ei) **stehende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
$q_{rad} Ac$		60	0,026	0,038	0,051	0,005	13,649
$q_{rad} Fi$		60	0,133	0,190	0,249	0,029	14,984
$q_{rad} Ei$		60	0,317	0,374	0,438	0,026	6,983
$q_{rad} MW$		180	0,026	0,201	0,438		
$q_{tan} MW$		60	0,257	0,302	0,336	0,020	6,514
Quellungsanisotropie A_q							
$A_q Ac$				0,8			
$A_q Fi$				1,6			
$A_q Ei$				0,8			
$A_q MW$				1,5			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N rad} Ac$		60	-0,24	0,36	0,99	0,132	36,260
$\beta_{N rad} Fi$		60	1,42	2,18	3,21	0,366	16,802
$\beta_{N rad} Ei$		60	4,77	5,75	6,47	0,450	7,829
$\beta_{N rad} MW$		180	-0,24	2,76	6,47		
$\beta_{N tan} MW$		60	3,32	3,86	4,36	0,249	6,440
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
$A_\beta Ac$				8,0			
$A_\beta Fi$				1,6			
$A_\beta Ei$				0,8			
$A_\beta MW$				1,5			

Die Kantelkombination Accoya-Fichte-amerikanische Eiche wird aufgrund der guten Quell- und Schwindwerte für den Fensterbau als geeignet eingestuft. Die Verklebungsproblematik der Eiche darf aber nicht außer Acht gelassen werden.

**Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach
DIN 52 184:1997 für die Kantelkombination
Belmadur-Fichte-Kirsche**

Tabelle 7: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantelkombination: Belmadur(BeL) – Fichte(Fi) – Kirsche(Ki) **liegende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q	[%/%]						
q_{\tan} Be		60	0,179	0,205	0,243	0,012	5,918
q_{\tan} Fi		60	0,245	0,315	0,396	0,040	12,831
q_{\tan} Ki		60	0,164	0,266	0,303	0,022	8,423
q_{\tan} MW		180	0,164	0,262	0,396		
q_{rad} MW		60	0,189	0,218	0,263	0,016	7,473
Quellungsanisotropie A_q							
A_q Be				0,9			
A_q Fi				1,5			
A_q Ki				1,2			
A_q MW				1,2			
Trocknungs-Schwindmaß β_N	[%]						
$\beta_{N \tan}$ Be		60	1,75	2,05	3,64	0,299	14,608
$\beta_{N \tan}$ Fi		60	2,85	4,00	5,10	0,684	17,092
$\beta_{N \tan}$ Ki		60	2,19	3,80	4,61	0,513	13,481
$\beta_{N \tan}$ MW		180	1,75	3,28	5,10		
$\beta_{N \text{rad}}$ MW		60	2,17	2,60	3,23	0,283	10,863
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β Be				0,8			
A_β Fi				1,6			
A_β Ki				1,5			
A_β MW				1,3			

Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach DIN 52 184:1997 für die Kantenkombination Belmadur-Fichte-Kirsche

Tabelle 8: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fenstereckenkombination: Belmadur(Bel) – Fichte(Fi) – Kirsche(Ki) **stehende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{rad} Be		60	0,111	0,129	0,146	0,007	5,057
q_{rad} Fi		60	0,160	0,182	0,215	0,010	5,479
q_{rad} Ki		60	0,227	0,265	0,318	0,023	8,685
q_{rad} MW		180	0,111	0,192	0,318		
q_{tan} MW		60	0,300	0,321	0,334	0,009	2,760
Quellungsanisotropie A_q							
A_q Be				2,5			
A_q Fi				1,8			
A_q Ki				1,2			
A_q MW				1,7			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N rad}$ Be		60	0,85	1,05	1,35	0,093	8,867
$\beta_{N rad}$ Fi		60	1,73	2,30	3,37	0,340	14,786
$\beta_{N rad}$ Ki		60	4,17	4,78	5,80	0,481	10,055
$\beta_{N rad}$ MW		180	0,85	2,71	5,80		
$\beta_{N tan}$ MW		60	3,67	4,13	4,80	0,205	4,960
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β Be				4,0			
A_β Fi				1,8			
A_β Ki				0,9			
A_β MW				1,5			

Die Kantenkombination Belmadur-Fichte-Kirsche wird aufgrund des guten Stehvermögens als geeignet für den Fensterbau eingestuft.

**Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach
DIN 52 184:1997 für die Kantenkombination
Thermokiefer-Fichte-Ahorn**

Tabelle 9: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterkantenkombination: Thermokiefer(ThKi) – Fichte(Fi) – Ahorn(Ah) **liegende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{\tan} ThKi		60	0,126	0,160	0,202	0,015	9,601
q_{\tan} Fi		60	0,261	0,350	0,434	0,046	13,261
q_{\tan} Ah		60	0,349	0,445	0,494	0,035	7,937
q_{\tan} MW		180	0,126	0,318	0,494		
q_{rad} MW		60	0,164	0,205	0,248	0,020	9,833
Quellungsanisotropie A_q							
A_q ThKi				0,8			
A_q Fi				1,7			
A_q Ah				2,2			
A_q MW				1,5			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N \tan}$ ThKi		60	1,39	3,06	3,78	0,334	10,903
$\beta_{N \tan}$ Fi		60	3,10	4,83	5,96	0,529	10,961
$\beta_{N \tan}$ Ah		60	5,58	7,92	9,28	0,908	11,456
$\beta_{N \tan}$ MW		180	1,39	5,27	9,28		
$\beta_{N \text{rad}}$ MW		60	2,19	2,76	5,04	0,418	15,131
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β ThKi				1,1			
A_β Fi				1,8			
A_β Ah				2,9			
A_β MW				1,9			

**Ergebnisse für die Quell – und Schwindwerte nach
DIN 52 184:1997 für die Kantenkombination
Thermokiefer-Fichte-Ahorn**

Tabelle 10: Darstellung der Kennwerte sowie der Standardabweichung und Variationskoeffizient des Quell- und Schwindverhaltens nach DIN 52 184:1997 für die Fensterekantenkombination: Thermokiefer(ThKi) – Fichte(Fi) – Ahorn(Ah) **stehende Jahrringe**

Kennwerte	Einheit	Anz	Min	Mittelwert	Max	Standardabweichung s [%]	Variationskoeffizient V [%]
Differentielle Quellung q							
	[%/%]						
q_{rad} ThKi		60	0,065	0,084	0,112	0,011	12,984
q_{rad} Fi		60	0,152	0,173	0,191	0,009	5,112
q_{rad} Ah		60	0,225	0,328	0,443	0,066	20,008
q_{rad} MW		180	0,065	0,195	0,443		
q_{tan} MW		60	0,270	0,315	0,372	0,029	9,115
Quellungsanisotropie A_q							
A_q ThKi				3,8			
A_q Fi				1,8			
A_q Ah				1,0			
A_q MW				1,6			
Trocknungs-Schwindmaß β_N							
	[%]						
$\beta_{N rad}$ ThKi		60	1,33	1,50	2,77	0,194	12,998
$\beta_{N rad}$ Fi		60	1,57	2,15	3,65	0,258	11,971
$\beta_{N rad}$ Ah		60	2,91	5,52	7,94	1,419	25,722
$\beta_{N rad}$ MW		180	1,33	3,06	7,94		
$\beta_{N tan}$ MW		60	0,00	4,74	5,78	1,037	21,859
Anisotropie der Trocknungs-Schwindmaße A_β							
A_β ThKi				3,2			
A_β Fi				2,3			
A_β Ah				1,0			
A_β MW				1,6			

Für die Kantenkombination Thermokiefer-Fichte-Ahorn werden aufgrund der weniger guten Quell- und Schwindwerte in Verbindung mit der Problematik der Verklebung der Ahornlamellen vom Einsatz im Fensterbau abgeraten

Holzartenkombinationen	Blockschertest nach EN 204:2001		Delamellierung nach ift-Richtlinie HO-10/1		Stehvermögen nach DIN 52 184:1979
	Jowacoll D4	Jowacoll EPI	Jowacoll D4	Jowacoll EPI	
Oregon pine-Fichte-ameri. Eiche	Red	Green	Green	Red	
Oregon pine-Ficht-Nussbaum	Green	Red	Green	Green	
Oregon pine-Fichte-Ahorn	Red	Green	Green	Green	
Oregon pine-Fichte-Kirsche	Green	Red	Green	Green	
Oregon pine-Fichte-Erle	Green	Red	Green	Green	geprüft
sib. Lärche-Fichte-ameri.Eiche	Red	Red	Green	Red	
sib. Lärche-Fichte-Nussbaum	Red	Green	Green	Green	geprüft
sib.Lärche-Fichte-Ahorn	Red	Red	Green	Green	
sib-Lärche-Fichte-Kirsche	Green	Yellow	Yellow	Green	
sib.Lärche-Fichte-Erle	Red	Yellow	Red	Green	
Accoya-Fichte-ameri.Eiche	Green	Green	Green	Red	geprüft
Accoya-Fichte-Nussbaum	Green	Red	Green	Red	
Accoya-Fichte-Ahorn	Green	Red	Yellow	Green	
Accoya-Fichte-Kirsche	Green	Yellow	n.v.	n.v.	
Accoya-Fichte-Erle	Green	Green	Green	Green	
Belmadur-Fichte-ameri.Eiche	Yellow	Red	Green	Red	
Belmadur-Fichte-Nussbaum	Green	Red	Green	Green	
Belmadur-Fichte-Ahorn	Yellow	Red	Yellow	Green	
Belmadur-Fichte-Kirsche	Green	Red	Green	Green	geprüft
Belmadur-Fichte-Erle	Yellow	Yellow	Green	Red	
Thermo Kiefer-Fichte-ameri.Eiche	Yellow	Red	Green	Red	
Thermo Kiefer-Fichte-Nussbaum	Yellow	Red	Green	Green	
Thermo Kiefer-Fichte-Ahorn	Green	Red	Green	Red	geprüft
Thermo Kiefer-Fichte-Kirsche	Green	Yellow	Green	Yellow	
Thermo Kiefer-Fichte-Erle	Green	Yellow	Yellow	Green	

Abbildung 1: Übersicht der verwendeten Holzartenkombination und der Beurteilung der Verklebungseigenschaften. Grün = Bestanden, Gelb = Bestanden mit leichten Abweichungen, Rot= nicht Bestanden, Zweifarbige Kombinationen bei einem Klebstoff bedeuten: erster Teil=Aussenlage-Mittellage und zweiter Teil = Mittellage-Innenlage der Kanteln