



# Dauerhafte Eckverbindungen von Holzfenstern

Erhöhung der Dauerhaftigkeit durch konstruktive Maßnahmen

Notburga Pfabigan, Christina Fürhapper, Martin Weigl, Peter Schober

## 1. Einleitung

Von Holzfenstern wird neben der Erfüllung hoher ästhetischer Ansprüche eine lange Nutzungsdauer erwartet. Dies erfordert dauerhaft dichte Fenstereckverbindungen, denn Schäden durch holzerstörende Pilze sind bei Holzfenstern beinahe ausschließlich in den unteren Eckverbindungen vorzufinden. Ursache dafür sind Abrissfugen in der Beschichtung, hervorgerufen durch Quell- und Schwindbewegungen zwischen Längs- und Querholz in der Fensterecke.

Um diesen Problemen zu begegnen wird bei den heutigen Holzfenstern einerseits durch die gezielte Holz- auswahl (Rift/Halbrift) der Fensterkanteln das Quellen und Schwinden reduziert, andererseits durch Oberflächen- beschichtungen die Feuchteaufnahme des Holzes deutlich verzögert. Beide Strategien sind jedoch unzureichend in Bezug auf die Dauerhaftigkeit, weshalb es in den einzelnen Ländern weitere Zugänge gibt Fäulnisschäden hintanzuhalten. In Deutschland wird in der aktuellen Holzschutznormen DIN 68800-3, ein vorbeugender chemischer Holzschutz gegen holzerstörende Pilze, auszuführen vor der Verleimung der Eckverbindung, empfohlen. Dadurch werden zwar die Auswirkungen einer dauerhaften Auffeuchtung eingeschränkt, die eigentlichen Schadensursachen für Fäulnis, Wassereintrittspforten in der Fensterecke, jedoch nicht behoben.

Im Rahmen des von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) geförderten Forschungsprojektes "DauerFen" wurde an der Holzforschung Austria, gemeinsam mit Partnern aus der Industrie, an konstruktiven Lösungen zur Stabilisierung der Fensterecke geforscht. Als Einflussparameter wurden die Art der Verklebung, die Fugenausbildung im Übergangsbereich zwischen Längs- und Querholz, sowie der Einsatz von Fugenversiegelungssystemen im Bereich einer ausgebildeten V-Fuge identifiziert. Ferner wurde untersucht, welche Aufbringmengen an Holzschutzmittel mit den im Fensterbau üblichen Methoden wie Fluten oder Tauchen, bzw. bei Setzen der Holzschutzmaßnahmen vor oder nach Verklebung erzielbar sind.

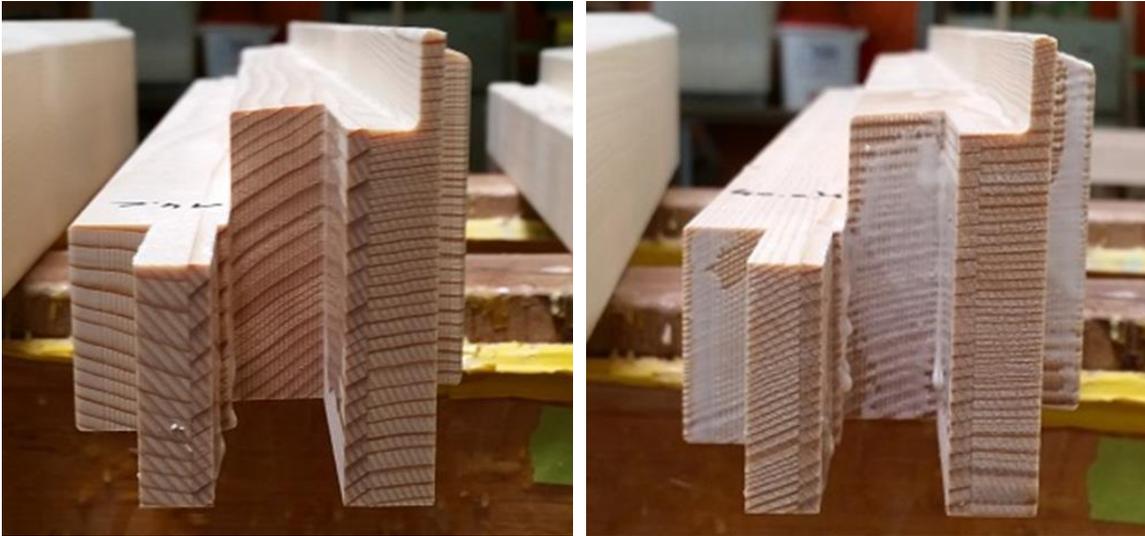
## 2. Material und Methoden

### 2.1. Probenherstellung

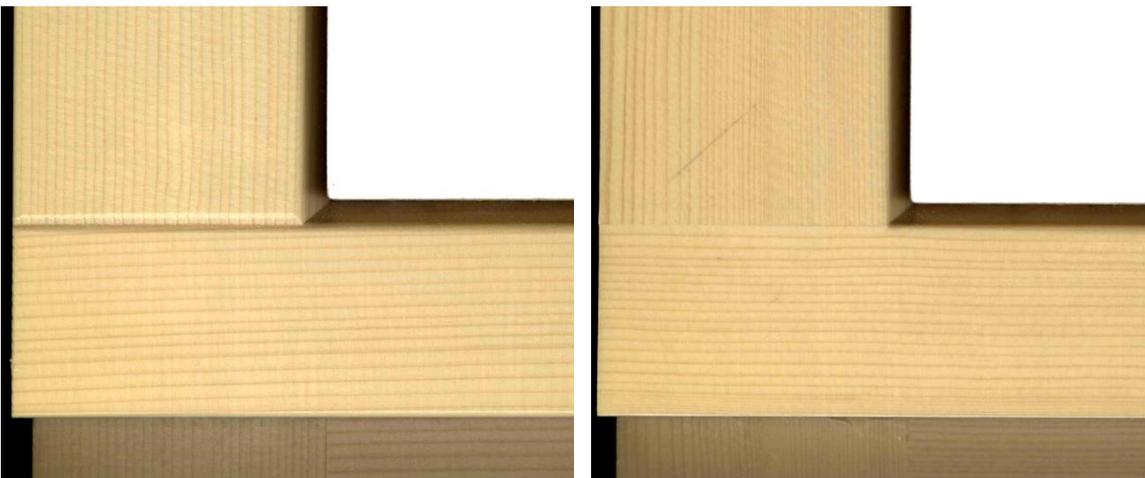
Die Fertigung der Fenstereckverbindungen erfolgte im industriellen Maßstab bei einem Fensterhersteller. Dazu wurden Fichten-Fensterkanteln entsprechend zugeschnitten, gefräst und endgefertigt. Während des Fertigungs- prozesses wurde jeweils einer der zuvor identifizierten Einflussparameter auf eine dauerhaft dichte Fenster- eckverbindung variiert:

- Art der Verklebung (siehe Abbildung 1; eine Klebstoffvariante):
  - „halb“ (Klebstoffauftrag „nur“ an den Schlitz/Zapfenflächen)
  - vollflächig „tageslicht“ (Klebstoffauftrag auch an der Brüstungswange)
- Die Art der Ausbildung des Übergangsbereiches zwischen Längs- und Querholz (siehe Abbildung 2):
  - flächenbündig
  - V-Fuge
- Fugenversiegelung im Falle der Ausbildung einer V-Fuge
- Holzschutzmaßnahme:
  - punktuelle Holzschutzmaßnahme im Brüstungswangenbereich
  - Holzschutzmaßnahme vor oder nach Verklebung der Eckverbindung
  - Schutz vor holzverfärbenden Pilzen oder zusätzlicher Schutz gegen holzerstörende Pilze bzw. Imprägnierung mit dem gleichen Produkt ohne Wirkstoffausrüstung
  - Aufbringmethode (Fluten oder Tauchen)

Derart wurden 63 Stockrahmen gefertigt (Außenmaß 700 x 490 mm), dies entspricht 252 Fensterecken. Der Großteil der Stockrahmen erhielt eine transparente Deckbeschichtung, vergleichend dazu wurden je 2 Stockrahmen mit einer deckend weißen bzw. einer Dünnschichtlasur versehen.



**Abbildung 1:** Unterschiedliche Arten der Verklebung: „halb“ (links) und vollflächig „tageslicht“ (rechts)

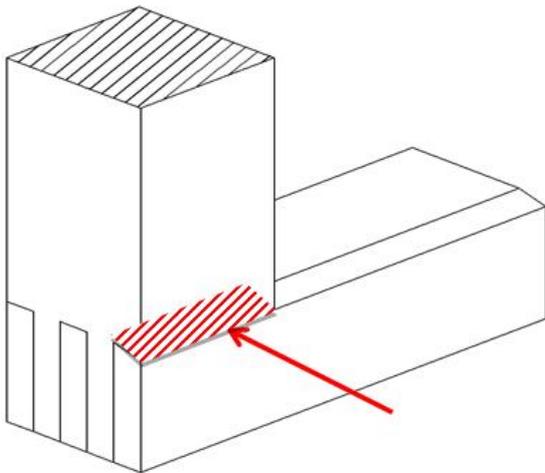


**Abbildung 2:** Ausführungsvarianten der Fenstereckverbindung mit V-Fuge (links) bzw. flächenbündig (rechts)

## 2.2. Holzschutzmittelaufnahme in der Fenstereckverbindung

Für die chemische Analytik wurden die notwendigen Holzproben aus 64 Fensterecken herauspräpariert. Dazu wurde in jeweils 1,5 mm Entfernung von der Brüstungsfuge im Längs- bzw. Querholz ein Sägeschnitt ausgeführt und die entsprechende Holzprobe entnommen (siehe Abbildung 3). Die ausgewählten Varianten unterscheiden sich, wie unter Pkt. 2.1 angegeben, in der Wirkstoffausstattung des aufgetragenen Holzschutzmittels, in der Art der Imprägnierung (Fluten, Kurztauchen), der Art der Verklebung („halb“ oder vollflächig) sowie im Zeitpunkt der Holzschutzmittelaufbringung (entweder vor oder nach der Verklebung).

Die Wirkstoffausstattung der aufgetragenen Holzschutzmittel bestand einerseits aus dem Wirkstoff IPBC zum Schutz vor holzverfärbenden Bläuepilzen, andererseits aus der Wirkstoffkombination aus IPBC und Tebuconazol, um eine zusätzliche Wirkung gegenüber holzerstörenden Pilzen zu erzielen.



**Abbildung 3:** Probenahme in der Fenstereckverbindung für die chemische Analytik

Die gemahlene Probe wurde im Ultraschallbad mit Methanol extrahiert. Die dadurch gewonnenen Extrakte wurden mittels HPLC/DAD (Hochdruckflüssigkeitschromatographie mit Diodenarray-Detektion) analysiert.

Die gemessenen Wirkstoffkonzentrationen an IPBC und Tebuconazol wurden ausgehend vom jeweiligen Wirkstoff sowie vom Mittelwert beider Wirkstoffe auf die Aufbringmenge des entsprechenden Holzschutzmittels umgerechnet.

### 2.3. Dauerhaftigkeit der Fenstereckverbindung

Zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit der Fenstereckverbindungen wurden 188 der gefertigten Fenstereckverbindungen am HFA-Freigelände Richtung Südwesten exponiert. Dazu wurden die entsprechenden Stockrahmen halbiert, die nun freiliegenden Hirnholzflächen versiegelt und so im Freiland angeordnet, dass sämtliche Fenstereckverbindungen als untere Eckverbindung zu liegen kamen (siehe Abbildung 4). Zusätzlich wurde eine Aluminiumfensterbank mit einer Auskrägung von 150 mm montiert, um einen praxisgerechten, erhöhten Spritzwasseranteil zu erreichen.



**Abbildung 4:** Anordnung der Fenstereckverbindungen mit Fensterbank am HFA-Freigelände

Die im Freiland exponierten Eckverbindungen wurden kontinuierlich visuell begutachtet und bewertet, um im Zuge dieser vergleichenden Untersuchung die Wirksamkeit der unterschiedlichen Holzschutzmaßnahmen (konstruktiv und chemisch) zu ermitteln. Dabei wurde einerseits ein ev. vorhandener Versatz festgehalten und mittels Fühlerlehre dessen Ausmaß gemessen (siehe Abbildung 5 links und Mitte). Andererseits wurde auf Dichtheit der Brüstungsfuge sowie auf sichtbare Feuchteunterwanderung ausgehend von der Brüstungsfuge beurteilt (siehe Abbildung 5, rechts).



**Abbildung 5:** Deutlich sichtbarer Versatz (links), Messung mittels Fühlerlehre (Mitte) und Feuchteunterwanderung, ausgehend von der Brüstungsfuge (rechts)

Nach 3 Jahren Bewitterung wurden im Oktober d.J. 50 % der im Freiland exponierten Fensterecken (jeweils 2 der 4 Parallelproben) demontiert. An diesen Fensterecken wurde die Holzfeuchte in der Brüstungsfuge bestimmt, die Fensterecken aufgeschnitten und visuell auf ev. vorhandene Feuchte-Eindringung und/oder Schädigungen begutachtet. Die restlichen 50 % der Fensterecken werden weiter im Freiland bewittert und zu einem späteren Zeitpunkt demontiert. Die Ergebnisse diese Auswertung sind in diesem Tagungsbandbeitrag noch nicht erfasst, da die Auswertung zum Zeitpunkt der Legung dieses Tagungsbandbeitrages noch im Gange war.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Holzschutzmittelaufnahme in der Fenstereckverbindung

Die einzelnen Varianten wurden unter Anwendung verschiedener statistischer Methoden hinsichtlich signifikanter Zusammenhänge untersucht. Es wurden Signifikanztests, t-Tests (Vergleich zweier unabhängiger Stichproben) und ANOVA-Tests (Vergleich von 3 oder mehreren unabhängigen Varianten) durchgeführt. Zur Visualisierung der Datenverteilung innerhalb der Varianten wurden für die grafischen Darstellungen Box-Plots verwendet.

Bei Betrachtung des gesamten Datensatzes ergaben sich signifikante Unterschiede bei zwei Varianten-Paaren:

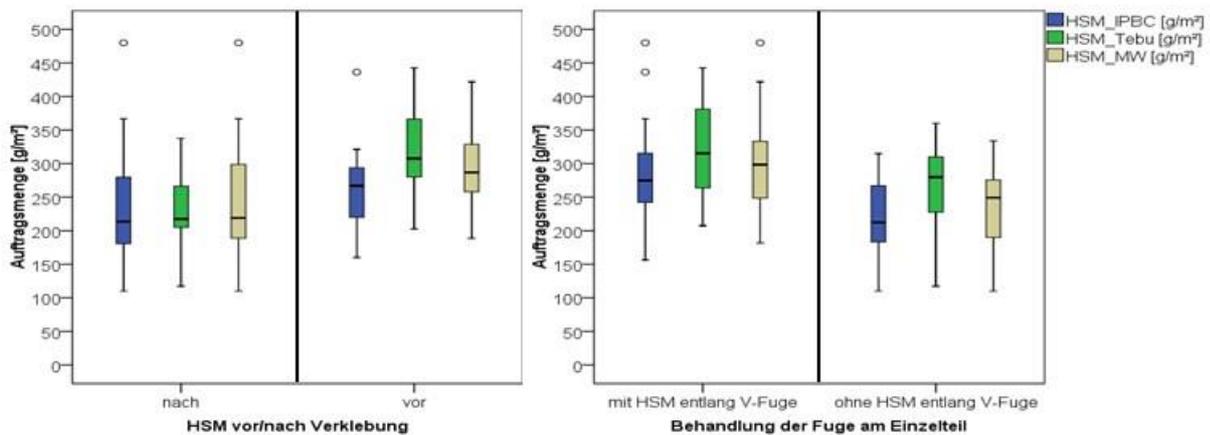
- Wie erwartet führte die Applikation des Holzschutzmittels vor der Verklebung zu einer höheren Schutzmittelaufnahme als eine Imprägnierung nach der Verklebung (Abbildung 6 links).
- Die zu erwartende höhere Schutzmittelaufnahme durch die zusätzliche Behandlung der V-Fuge am Einzelteil konnte ebenfalls analytisch nachgewiesen werden (Abbildung 6 rechts).

Bei Betrachtung der Varianten nach Verklebung, zeigte sich folgendes:

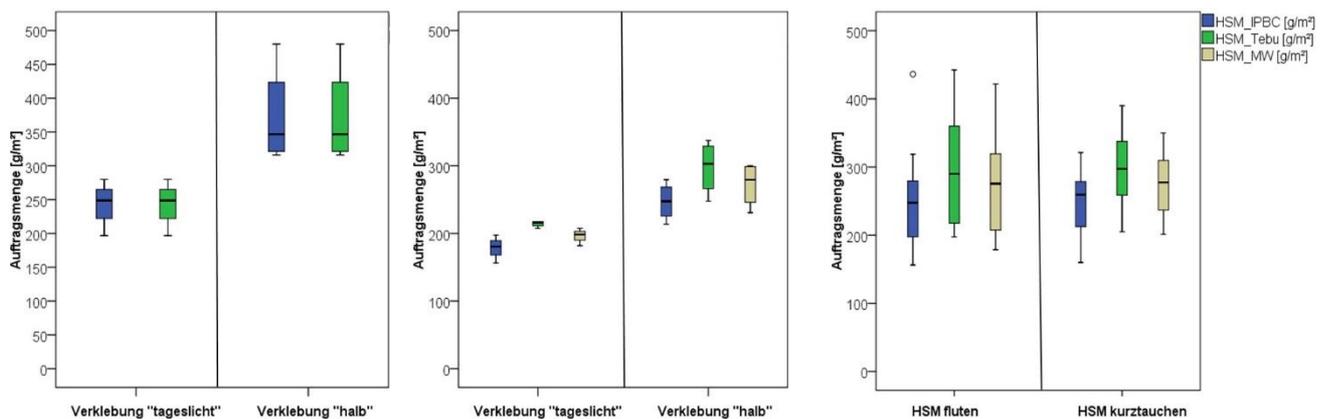
- Die Verklebung nur an den Schlitz-/ Zapfenflächen ("halb"), resultierte, im Vergleich zur zusätzlichen Verklebung an der Brüstungswange (vollflächig "tageslicht"), in einer höheren Schutzmittelaufnahme (Abbildung 7 links und Mitte). Beachtenswert ist, dass selbst bei Imprägnierung nach vollflächiger Verklebung der Einzelteile im Mittel immer noch 88 % (62 - 116 %) der Soll-Holzschutzmittelaufnahme nachgewiesen wurden.



- Beim Vergleich der beiden Imprägnierungsvarianten Fluten und Kurztauchen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abbildung 7 rechts).



**Abbildung 6:** Holzschutzmittelaufnahme (HSM) bei Applikation vor/nach Verklebung (links) und mit/ohne Behandlung der V-Fuge am Einzelteil (rechts); Betrachtung Gesamtdatensatz



**Abbildung 7:** Holzschutzmittelaufnahme bei Aufbringung nach der Verklebung - Vergleich zwischen vollflächiger („tageslicht“) und halber Verklebung (links und Mitte) bzw. durch Fluten und Kurztauchen (rechts)

### 3.2. Dauerhaftigkeit der Fenstereckverbindung

Zur Darstellung der Ergebnisse wurden die jeweiligen Fensterecken nach folgenden ausgewählten Versuchsvarianten gruppiert:

- Holzschutzmittelbehandlung vor/nach Verklebung
- mit/ohne Holzschutzmittelbehandlung in der Fuge
- Verklebung „halb“/„tageslicht“
- mit/ohne Fugenfüller.

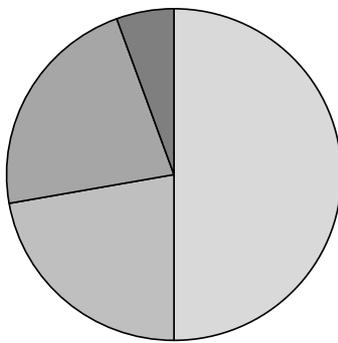
Zusätzlich wurden, wie in Tabelle 1 aufgeschlüsselt, die einzelnen Messergebnisse nach Größe des Versatzes kategorisiert und den jeweiligen Kategorien eine ampelähnliche Farbzugehörigkeit zugeteilt:

Tabelle 1: Kategorisierung der Größe des Versatzes und Farbuordnung

Kategorie	Farbe
Versatz < 0,2 mm	hellgrau
Versatz 0,2 - 0,35 mm	mittelhellgrau
Versatz 0,36 - 0,5 mm	mittelgrau
Versatz 0,51 - 1,0 mm	dunkelgrau
Versatz > 1,0 mm	schwarzgrau

Anhand der in Abbildung 8 dargestellten Ergebnisse ist erkennbar, dass die Fensterecken die nach der Verklebung die Holzschutzmittelbehandlung erhielten, einen geringeren Versatz aufweisen als jene Fensterecken, die vor der Verklebung die Holzschutzmittelbehandlung erhielten.

### Holzschutzmittelbehandlung vor Verklebung



- < 0,2 mm
- 0,2 - 0,35 mm
- 0,36 - 0,5 mm
- 0,51 - 1,0 mm
- > 1,0 mm

### Holzschutzmittelbehandlung nach Verklebung

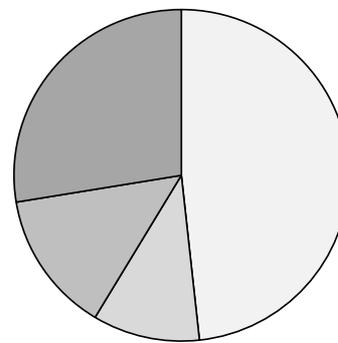
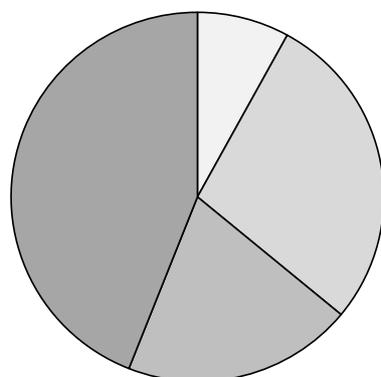


Abbildung 8: Ergebnisse gruppiert nach Holzschutzmittelbehandlung „vor“ bzw. „nach“ Verklebung

Desgleichen weisen jene Fensterecken die eine vollflächige Verklebung erhielten (Verklebung „tageslicht“) einen geringeren Versatz auf als jene Fenster die die Verklebung „halb“ erhielten (siehe Abbildung 9).

### Verklebung "halb"



- < 0,2 mm
- 0,2 - 0,35 mm
- 0,36 - 0,5 mm
- 0,51 - 1,0 mm
- > 1,0 mm

### Verklebung "tageslicht"

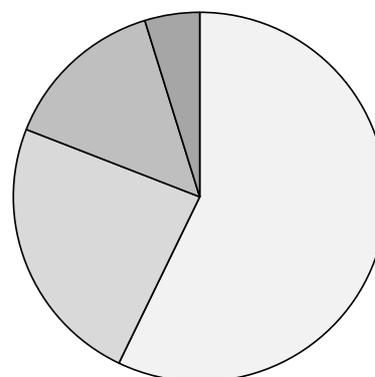
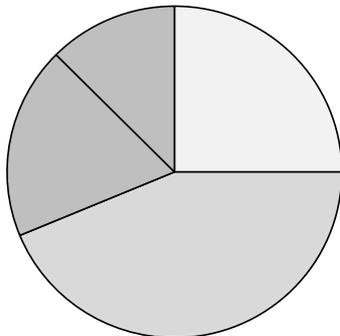


Abbildung 9: Ergebnisse gruppiert nach Verklebung „halb“ bzw. vollflächig „tageslicht“



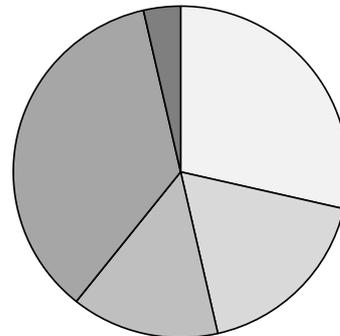
Hingegen ist bei den ausgewählten Varianten mit/ohne Holzschutzmittelbehandlung in der Fuge (Abbildung 10) und mit/ohne Fugenfüller (Abbildung 11) kein eindeutiger Trend ersichtlich, ob eine dieser Varianten besser geeignet ist eine dauerhaft dichte Eckverbindung zu ermöglichen.

**mit Holzschutzmittelbehandlung  
in der Fuge**



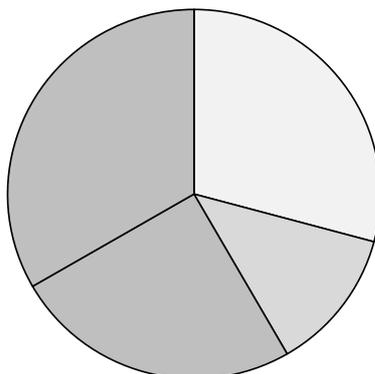
□ < 0,2 mm  
 □ 0,2 - 0,35 mm  
 □ 0,36 - 0,5 mm  
 □ 0,51 - 1,0 mm  
 ■ > 1,0 mm

**ohne Holzschutzmittelbehandlung  
in der Fuge**



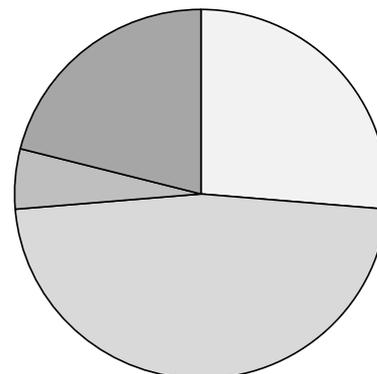
**Abbildung 10:** Ergebnisse gruppiert nach „mit“ bzw. „ohne“ Holzschutzmittelbehandlung in der Fuge

**mit Fugenfüller**



□ < 0,2 mm  
 □ 0,2 - 0,35 mm  
 □ 0,36 - 0,5 mm  
 □ 0,51 - 1,0 mm  
 ■ > 1,0 mm

**ohne Fugenfüller**



**Abbildung 11:** Ergebnisse gruppiert nach „mit“ bzw. „ohne“ Fugenfüller

#### 4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist anhand der ermittelten Ergebnisse festzuhalten:

- Fensterecken die nach der Verklebung die Holzschutzmittelbehandlung erhielten, weisen einen geringeren Versatz auf als jene Fensterecken, die vor Verklebung behandelt wurden.
- Die vollflächig „tageslicht“ verklebten Fensterecken weisen einen geringeren Versatz auf als jene Fenster, die „halb“ verklebt wurden.

Dies lässt den Schluss zu, dass die Holzschutzmittelbehandlung vor der Verklebung die Qualität der Verklebung reduziert.

**Aufgrund der derzeitigen Projektergebnisse empfehlen wir daher eine „vollflächige“ Verklebung und eine daran anschließende Holzschutzmittelbehandlung.**

## **5. Danksagung**

Das Projekt „DauerFen“ wurde von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), dem Fachverband der Holzindustrie Österreichs sowie von Firmenpartnern finanziell unterstützt. Wir danken für die Unterstützung.

## **6. Literatur**

DIN 68800-3 (02/2012): Holzschutz – vorbeugender Schutz von Holz mit Holzschutzmitteln