

Formstabilität von Fensterflügel-Eckverbindungen

Richard Mohn

Im Rahmen eines von der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (KWF), Bern, unterstützten Forschungs- und Entwicklungsprojektes sollte ein ganz neues Fertigungskonzept für Holzfenster realisiert werden. Durchgeführt wurde das Projekt von der Abteilung F+E der Schweizerischen Ingenieur- und Technikerschule für die Holzwirtschaft in Biel (SISH) in enger Zusammenarbeit mit der Fensterfabrik Albisrieden AG, Zürich. Im Zuge dieser neuen Fertigung wurden auch verschiedene Konstruktionen im Bereiche der Fenstereckverbindung untersucht.

Die Eckverbindungen werden traditionellerweise mit verleimten Schlitz-/ Zapfenkonstruktionen erzielt. Diese Verbindungsart hat zwei Nachteile: Zum einen öffnen sich aufgrund von Schwindspannungen, die aus Holzfeuchteänderungen infolge kurz- bis langfristiger Klimaänderungen resultieren, oft die wetterexponierten

Dipl.-Ing. Richard Mohn bearbeitete das Projekt für die Schweizerische Ingenieur- und Technikerschule für die Holzwirtschaft (SISH) in Biel

Leimfugen in den Fensterecken [1]. Hier kann sodann Regenwasser eintreten und das Holz kapillar durchfeuchten. Dies wiederum kann zu Anstrich- und Holzschäden führen, etwa zu frühzeitiger Ablösung des Außenanstrichfilms und zu Verfärbungen oder

gar Fäulnis des Holzes infolge Pilzbefalls. Zum anderen wird bei dieser Verbindungsart auf der Rahmenschmalseite in den Ecken ziemlich viel Hirnholz exponiert, was wegen dessen besonderer Saugfähigkeit für Wasser ebenfalls ungünstig ist.

Zwar lassen sich diese beanspruchungsempfindlichen Partien des Fensterrahmens durch geeignete Oberflächenbehandlungen recht gut schützen, doch ist deren Haltbarkeit begrenzt. Daher verwundert es nicht, daß Mängel und Schäden an wetterexponierten Rahmenhölzern vorzugsweise im Eckenbereich auftreten.

Nun weiß man seit langem, daß eine Eckenverleimung auf Gehrung über Minizinken sehr gute und dauerhafte Eckverbindungen ohne Fugenöffnungen ergibt [1] [2], bei der Hirnholz zudem nicht exponiert ist. Allerdings neigen so verleimte Rahmen bei Schwind- und Quellungsbewegungen des Holzes zu konkaven bzw. konvexen Verformungen (Bild 1), wodurch die Schluß- und Dichtungsfunktion des Fensters beeinträchtigt werden könnten.

Dieser Problemkomplex führte zur Entwicklung von neuen, möglichen Eckverbindungen für Fenster.

An eine neue Eckverbindung wurde als Projektziel die Anforderung gestellt; sie soll

- mit einer neuen Maschinenteknologie (CNC-Bearbeitungszentrum) rationell produzierbar sein
 - dauerhaft geschlossene Eckverbindungen ohne Fugenöffnungen gewährleisten
 - andererseits aber nicht zu große Rahmenverformungen aufweisen
- Im Rahmen des vorliegenden Versuches wurde der Einfluß der Eckverbindungen auf die Formstabilität von ganzen Flügelrahmen im künstlichen Wechselklima untersucht.

Ziel hierbei war es, die Gebrauchstauglichkeit der Konstruktion zu beurteilen und nach Möglichkeit eine in

Zukunft herstellbare Variante zu eruiieren. Eine erfolgversprechende Konstruktion kann dann, sofern nötig, im Anschluß noch eingehender untersucht werden.

Anforderungen an Rahmenecken

Die Anforderungen an Rahmeneckverbindungen sind in DIN 68 121 „Holzprofile für Fenster und Fenstertüren“, in DIN 18 355 „Tischlerarbeiten“ (VOB), in DIN 18 361 „Verglasungsarbeiten“ (VOB) und in den RAL-Güte- und Prüfbestimmungen für Holzfenster sowie in der Norm des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins SIA 331 nur allgemein beschrieben. Vom Grundsatz her müssen Rahmeneckverbindungen gegenüber Wasser und Luft dicht sein.

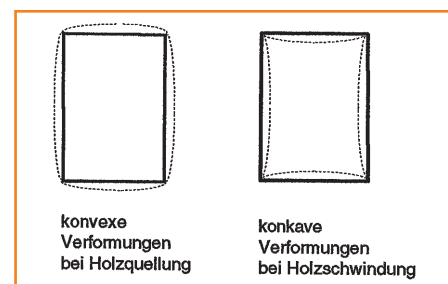


Bild 1: Mögliche Verformungen von Flügelrahmen aufgrund von Holzfeuchteänderungen

Rahmeneckverbindungen müssen außerdem die auftretenden mechanischen Einwirkungen aus Windbeanspruchung, aus Beanspruchungen bei gebrauchsmäßiger Nutzung und aus der Bedienbarkeit entsprechend DIN 18 055 „Fenster; Anforderungen und Prüfung“ schadfrei aufnehmen. Unter diesen Beanspruchungen dürfen an den Rahmen keine die Funktion beeinträchtigenden, bleibenden Verformungen und Beschädigungen auftreten.

Versuchsmethodik

Versuchsproben:

Untersucht wurden 4 verschiedene Konstruktionen (Bilder 2–5). Als Prüfkörper kamen hierbei Fensterflügelrahmen aus teilweise längsverleimtem Fichtenholz in den Außenabmessungen ($B \times H \times D$) $600 \times 1200 \times 69 \text{ mm}^3$ ohne Oberflächenbehandlung zum Einsatz.

Die Schlitz-Zapfen-Konstruktion (Bild 2) hat die Prüfungen durchlaufen, um Referenzwerte zu erhalten. Nur so können die Ergebnisse der neuen Konstruktionen auch bewertet werden.

Als denkbare Lösungen für die zukünftige Fertigung kommt die Dübelverbindung (Bild 3) in Frage. Die Dübelverbindung weist allerdings fertigungstechnische Nachteile gegenüber einer reinen Fräsverbindung auf.

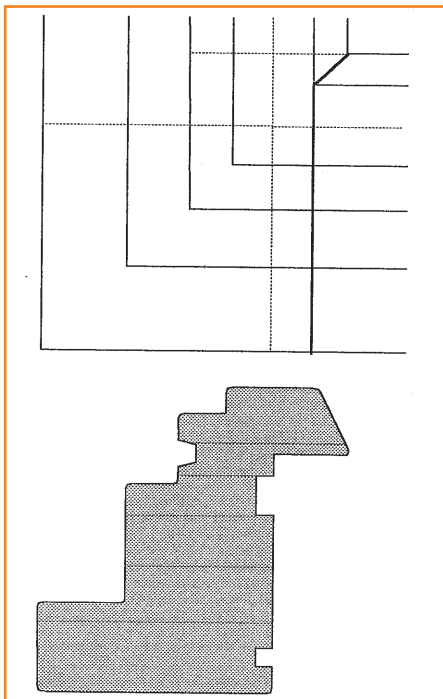


Bild 2: Schlitz-Zapfen-Verbindung

Die neuentwickelten Eckverbindungen sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Es handelt sich hierbei jeweils um eine abgekröpfte Zinkenverbindung mit dem Radius $r = 52 \text{ mm}$, wobei der Ansatz zur Krümmung bei den beiden Varianten an verschiedenen Punkten liegt.

Die Prüflügel wurden wie folgt hergestellt:

- **Holz:**
Das Holz für sämtliche Prüf-Körper wurde von der Firma Hochuli zur Verfügung gestellt. Die Firma Hochuli hat das qualitativ beste Holz, welches sie in Fichte anbieten kann, aussortiert.
- **Profilierung:**
Das Flügelprofil (IV 2000) wurde durch die Fensterfabrik Albisrieden AG erstellt.
- **Eckverbindung:**
Die Schlitz-Zapfen-Verbindung wurde durch die Fensterfabrik Albisrieden AG erstellt. Die Dübelverbindung wurde im Technologie-Park der SISH in Biel gefertigt. Die Eckverbindungen der neuentwickelten Konstruktion sind an der SISH in Biel auf einer SCM-Oberfräse gefertigt worden. Die Werkzeuge hierzu lieferte die Firma Leitz.

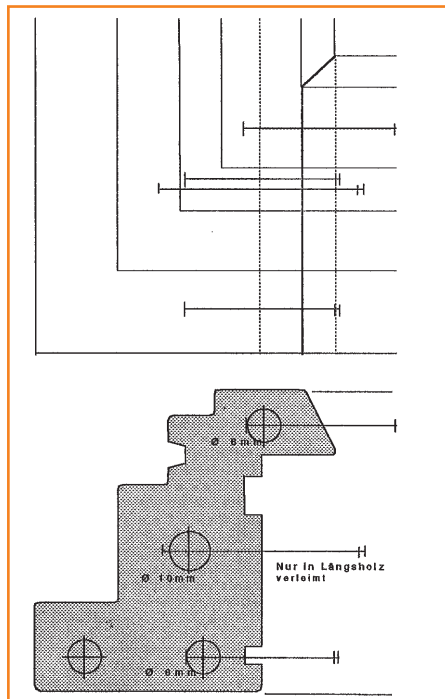


Bild 3: Dübelverbindung mit Konterprofil

- **Verleimung:**
Für die Verleimungen der Schlitz-Zapfen-Verbindung wurde der Klebstoff Syncoll 124 (PVAc) der Firma Casanin AG eingesetzt. Durch diesen Klebstoff werden nach Herstellerangaben die Anforderungen nach EN-204 D4 erfüllt. Für die anderen Konstruktionen wurde der Klebstoff Miracol 8F1 der Firma Ed. Geistlich Söhne AG eingesetzt. Durch diesen Klebstoff

werden nach Herstellerangaben die Anforderungen nach EN-204 D3 erfüllt.

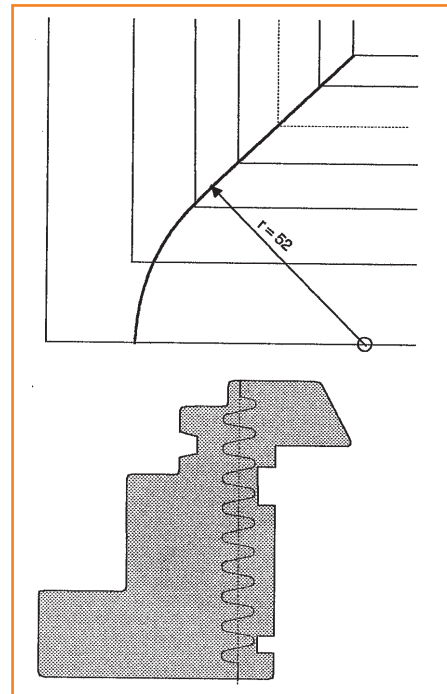


Bild 4: Abgekröpfte Verbindung, keilgezinkt (neue Fräsverbindung 1)

Untersuchungen:

Die Wechselklimaersuche wurden in der Klimakammer der SISH durchgeführt. Dabei wurden die Flügelrahmen bis zum Erreichen einer maximalen Holzfeuchte von ca. 18 % in einem Klima von $20 \text{ °C}/90 \text{ %}$ relative Luftfeuchte (RLF) gelagert. Im Anschluß erfolgte die Rücktrocknung der Rahmen durch Lagerung im Klima $20 \text{ °C}/30 \text{ %}$ RLF.

Während den Prüfungen wurde die Holzfeuchte mittels Widerstandsmessung und die Formveränderung, das heißt die Durchbiegung des langen Frieses, nach Bild 6 registriert. Bei allen Prüf-Flügeln wurde zudem auch das Fugenöffnen beurteilt.

Ergebnisse

Wechselklimaersuche:

Die Ergebnisse bezüglich der Formstabilität im Wechselklimaersuch sind in Bild 7 dargestellt. Die Werte basieren auf einem Klimazyklus, was dem Holzfeuchteverlauf von $8 \text{ %}-18 \text{ %}$ – 8 % entspricht.

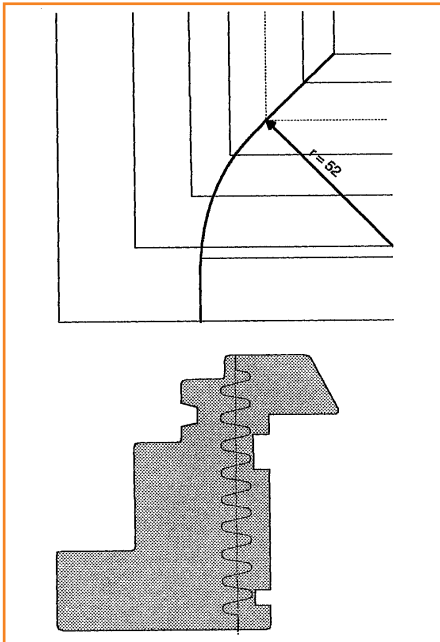


Bild 5: Abgekropfte Verbindung, keilgezinkt (neue Fräsverbindung 2)

Aus den Wechselklimaversuchen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Bei der Dübelverbindung treten die kleinsten Verformungen auf.
- Die Verformungen der Schlitz-Zapfen-Verbindung liegen etwas über denjenigen der Dübelverbindung.
- Die Verformungen der beiden Fräsverbindungen 1 und 2 sind größer als diejenigen der Dübel- und der Schlitz-Zapfen-Verbindung
- Je nach Ausführung der Fräsverbindung (Tiefe der Fräsung) sind die Verformungen unterschiedlich.
- Je näher die Fuge der Fräsverbindung an die Fuge der Schlitz-Zapfen-Verbindung zu liegen kommt (Fräsverbindung 2), desto kleiner sind die Verformungen. Je weiter die Fuge der Fräsverbindung gegen außen, das heißt zur Flügelecke hin zu liegen kommt (Fräsverbindung 1), desto größer sind die Verformungen.

Öffnen der Fugen:

Bezüglich des Fugenöffnens wurde klar ersichtlich, daß sich die verschiedenen Konstruktionen auch unterschiedlich verhalten.

- Bei der Schlitz-Zapfen-Verbindung war das Öffnen der Fugen am ausgeprägtesten.

Nach [1] beträgt die Spaltbreite für Schlitz-Zapfen bei einer Holzaustragsfeuchte von $u_{gl} = 5\%$ bis zu 1,5 mm.

- Bei der neuen Fräsverbindung konnte ein Öffnen der Fugen praktisch nicht festgestellt werden.
- Ebenfalls konnte bei der Dübelverbindung kein Fugenöffnen festgestellt werden.

Bewertung und weiteres Vorgehen

Die Dübelverbindung schneidet bezüglich der Verformungen im Wechselklimaversuch am besten ab.

Sie weist allerdings folgende vor allem fertigungstechnische Nachteile auf:

- Dübel als zusätzliche Teile
- Werkzeuge für die Bearbeitung sind extrem profilabhängig
- zur Herstellung der Verbindung müssen relativ viel Bearbeitungen angebracht werden
- die Dichtheit der Konstruktion durch ein zu geringes Ineinandergreifen ist nicht optimal

Die Schlitz-Zapfen-Verbindung weist Verformungswerte auf, die, wie in der Praxis bewiesen, zu keinen Problemen führen. Das relativ starke Fugenöffnen durch Holzfeuchteschwankungen hingegen ist bekannt und führt in der Praxis immer wieder zu Problemen (siehe Einleitung).

Bei den beiden Fräsverbindungen konnten deutliche Unterschiede festgestellt werden. Je kleiner der Gehungsanteil der Verbindung ist, desto kleiner werden auch die Verformungen. Ein Fugenöffnen konnte dagegen nicht festgestellt werden.

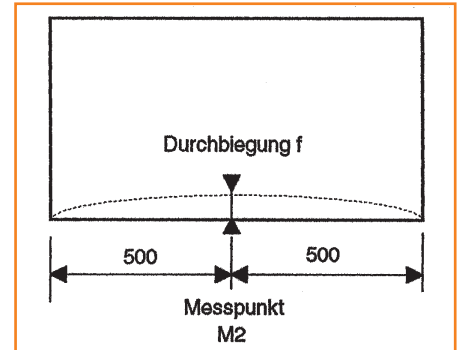


Bild 6: Messung der Durchbiegung bei verschiedenen Holzfeuchten

Der Ansatz einer Fräsverbindung ist unter den Gegebenheiten des neuen Fertigungskonzeptes am interessantesten und muß weiterverfolgt werden. Als Zielsetzung für die Weiterentwicklung der Konstruktion sind zu nennen:

- Die Verformungen aufgrund von Änderungen der Holzfeuchtigkeit müssen tolerierbar sein.
- Es darf auch bei großen Holzfeuchteänderungen (Schwinden – Quellen des Holzes) kein Fugenöffnen eintreten.
- Die offenen Löcher an der Innenseite der Verbindung müssen vermieden werden. □

Literatur

- [1] R. Goswin, K. Lieb, J. Schmid, W. Stiell: Rahmenverbindungen an Holzfenstern und Holz Türen, Institut für Fenstertechnik e. V., Rosenheim 1989
- [2] E. Seifert, J. Schmid, D. Rauch: Entscheidung für Minizinken: Die Rosenheimer empfehlen kühlen Kopf zu bewahren, BM Bau- und Möbelschreiner (1973) Heft 2
- [3] J. Sell. Physikalische Vorgänge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen: Fensterrahmen, EMPA-Bericht Nr. 214, EMPA, 1984

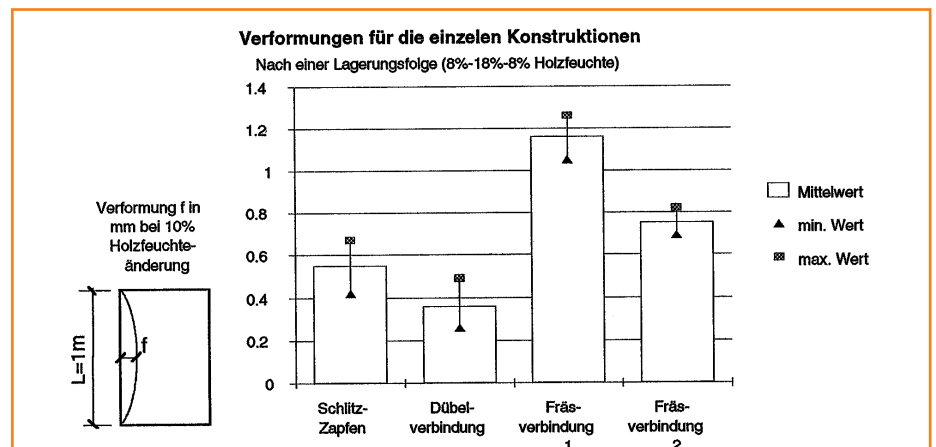


Bild 7: Ergebnisse aus dem Wechselklimaversuch Verformung f in Abhängigkeit der Fenstereckkonstruktion bei einer Holzfeuchteänderung von 10 %