

Teilprojekt 19

Konstruktionsgrundlagen für
Fenster, Türen und Fassadenelemente
aus Verbundwerkstoffen und Holz



Kurzfassung

Für die Sicherstellung und Weiterentwicklung der Marktanteile der Holzfenster auf dem Deutschen Markt ist es notwendig, die Erfahrungen der Vergangenheit auszuwerten und vorausschauend technisches Wissen zur Verfügung zu stellen. Der Fensterhersteller wird dadurch in seiner Konstruktionsarbeit unterstützt, um innovative Fenster zu entwickeln und dem Markt anzubieten.

Die normative Beschreibung der Konstruktion und Ausführung von Holzfenstern, wie sie z. B. in DIN 68121 vorliegt, hat sich hierfür in der Vergangenheit nicht bewährt. Sie hat sich als Hemmnis bei der Entwicklung neuer Produkte gezeigt. Die konstruktiven Vorgaben in der Norm wurden häufig als verbindlich betrachtet und als Maßstab für die Bewertung neuer Produkte angesehen. Damit wurde die Entwicklung neuer Produkte erschwert und die Bereitschaft der Hersteller, sich durch ein Markenprodukt mit innovativen Alleinstellungsmerkmalen am Markt zu positionieren, negativ beeinträchtigt.

3.4.3 Profil-Kurzzeichen IV 68

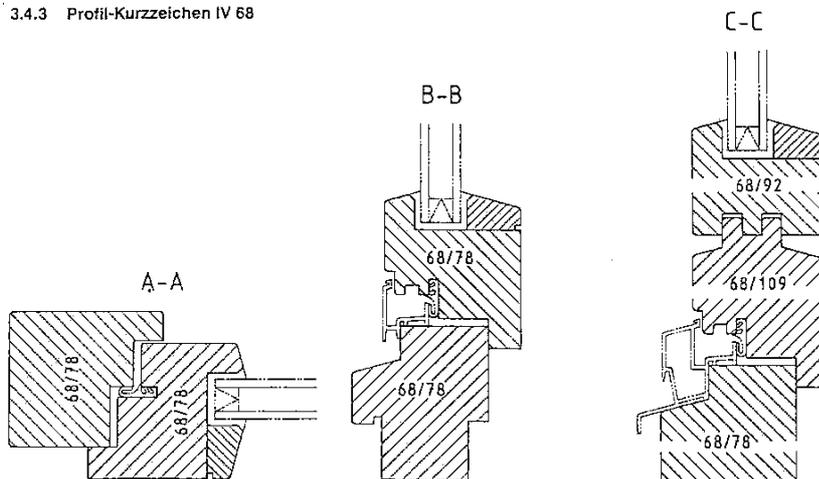


Abbildung 1: Holzfensterprofil IV 68 nach DIN 68121-1

Bei der Aufbereitung neuer Erkenntnisse muss der Mensch im Mittelpunkt stehen und sich das Fenster in Gestaltung, Handhabung und Funktion an seinen Bedürfnisse orientieren. Auch muss den Wünschen der Architektur unter Beachtung technischer Grenzen ein Freiraum gegeben werden.

Bei der Bewertung technischer Eigenschaften kann auf die derzeit gültigen Regelwerke wie DIN EN 14351-1 „Fenster und Außentüren – Produktnorm“ zurückgegriffen werden. DIN EN 14351-1 trifft gemeinsame europäische technische Festlegungen zur Prüfung, Klassifizierung und Kennzeichnung.

Die Produktnorm gibt ausreichend Freiraum, um landesübliche Wünsche und Bedürfnisse bei der Konstruktion, den Holzarten und der Oberflächenbehandlung zu berücksichtigen. Für die sich im deutschsprachigen Raum abzeichnende Entwicklung der Einbeziehung der Fenster in das Wohnumfeld sind in den europäischen Normen für Fenster keine Hemmnisse erkennbar.

Da im Wohnumfeld dekorative Holzarten erwünscht sind, die sich nicht immer für die Außenanwendung und die damit verbundene Witterungseinwirkung eignen, ist ein Schichtaufbau der Profilquerschnitte unter Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe erforderlich. Dies gibt auch die Möglichkeit, die einzelnen Schichten hinsichtlich ihrer Aufgaben zu optimieren.

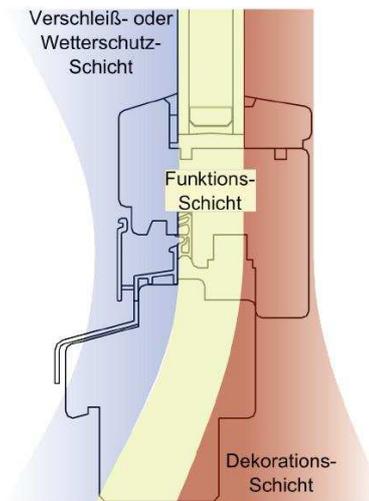


Abbildung 2: Struktur der Fensterprofile in Schichten mit Zuweisung der Aufgaben

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Eignung und das Verhalten verschiedener Holzarten innerhalb eines Profilquerschnittes untersucht und die Verwendung verschiedener Werkstoffe als Option beschrieben.

Derzeit ist die Marktentwicklung für Holzfenster gekennzeichnet durch eine Verringerung der Marktanteile, die schon über Jahre anhält und deren Ursachen vielschichtig sind. Der Aufwand an Instandhaltung und die Veränderung des Aussehens sind dabei wesentlich.

Profil	Aufbau	Verbund
Vollholz		voll
Verbundholz alle Lagen aus Holz		verklebt
Sandwich Decklagen aus Holz Mittellage aus verschiedenen Werkstoffen		verklebt
Schichten Decklagen aus Holz Mittellage aus verschiedenen Werkstoffen		mechanisch verbunden

Abbildung 3: Schichtenmodell für den Aufbau von Fensterprofilen unter Verwendung von Holz und Holzwerkstoffen

Aus der Beobachtung, dass sowohl Bewohner als auch Architekten Holz verstärkt in die Gestaltung der Wohnräume einbeziehen, lässt sich die Möglichkeit einer Trendwende ableiten. Erreichbar ist die Trendwende, wenn die notwendigen Maßnahmen zur Instandhaltung auf einem zumutbaren Niveau gehalten werden und die Gebrauchstauglichkeit über einen angemessenen Nutzungszeitraum sichergestellt ist.

Als Nutzungszeitraum geht man beim Holzfenster im Durchschnitt von 40 Jahren aus. Der Nutzungszeitraum wird in der Regel dadurch beendet, dass das Fenster den technischen Anforderungen nicht mehr entspricht oder der Bedienungskomfort nicht mehr akzeptiert wird. Eine Beendigung des Nutzungszeitraums ist teilweise auch durch einen Substanzabbau als Folge des Befalls durch holzerstörende Pilze gegeben.

Der Befall durch holzerstörende Pilze setzt immer eine anhaltende Durchfeuchtung des Holzes voraus, deren Ursachen in den Klimaeinwirkungen von der Raumseite und von der Außenseite gegeben sind. Diese Einwirkungen können durch bauliche Maßnahmen und durch die Gebäudetechnik zwar gemindert werden, im Grundsatz sind sie aber nicht zu vermeiden und deshalb bei der weiteren Entwicklung der Fenster als Störgröße zu berücksichtigen.

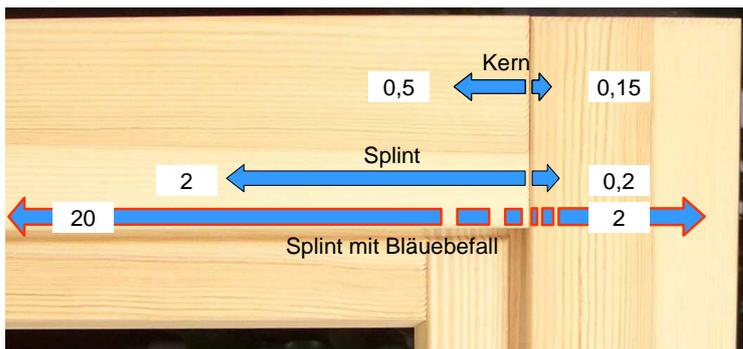


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Wasseraufnahme zwischen ungeschädigtem und geschädigtem Holz senkrecht und quer zur Faser. Die angegebenen Zahlenwerte beschreiben die kapillare Wasseraufnahme (Wasseraufnahmekoeffizient) in $\text{kg/m}^2 \text{h}^{0,5}$

Begünstigt wird der Feuchtigkeitseintritt in die Konstruktion und Holzquerschnitte sehr häufig durch vermeidbare Konstruktions- und Herstellungsmängel, aber auch durch eine Vorschädigung des Holzes, die für den Verarbeiter durch Inaugenscheinnahme nicht erkennbar ist.

Für die Berücksichtigung der Feuchtigkeitseinwirkung ist die Kenntnis des Außenklimas und des Raumklimas notwendig. Das Außenklima ist als unbeeinflussbares Kriterium zu betrachten, wobei die direkten Witterungseinwirkungen durch bauliche Maßnahmen gemindert werden können.

Die Einwirkungen des Raumklimas auf das Fenster haben sich mit den Anforderungen an die Dichtheit der Außenhülle eines Gebäudes verstärkt, da der bisher über die Undichtheit der Gebäudehülle erfolgte Luftaustausch nicht mehr gegeben ist. Damit ist auch der Feuchtigkeitshaushalt des Gebäudes beeinträchtigt, so dass die relative Luftfeuchte im Gebäude ansteigt. Die erhöhte Belastung der Fenster durch das Raumklima zeigt sich durch Tauwasserbildung am Randbereich des Isolierglases und in den Falzen der Fenster.

Aus der Messung des Raumklimas in 27 Wohnungen in den Monaten November 2007 bis April 2008 wurde die relative Luftfeuchtigkeit über einen Messzeitraum von jeweils 2 Wochen zwischen 40 und 60 % im Durchschnitt ermittelt. Die Werte fügen sich gut in den Jahresgang der relativen Luftfeuchtigkeit ein, wenn auf der Raumseite von einer normalen bis hohen Feuchtlast ausgegangen wird.

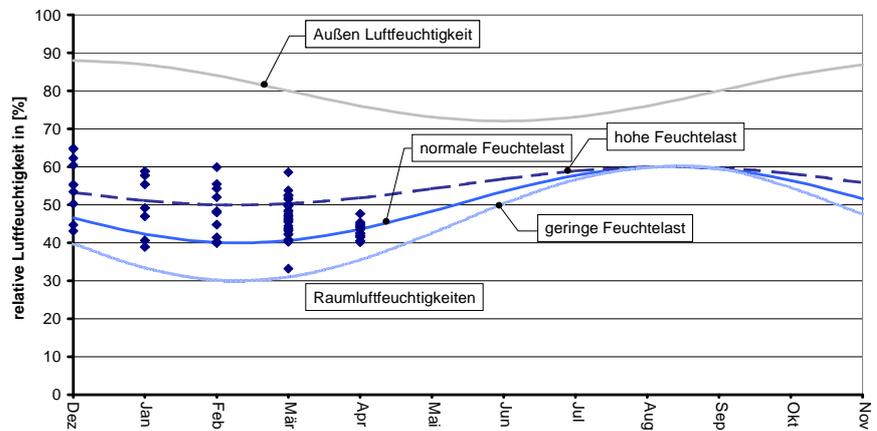


Abbildung 5: Vergleich der relativen Luftfeuchtigkeit der gemessenen Wohnungen mit dem Jahresgang der relativen Luftfeuchtigkeit auf der Raumseite und auf der Außenseite

Die Auswertung der Messung zeigt weiter, dass bei zwei Lüftungsvorgängen pro Tag durch das Öffnen der Fenster die relative Luftfeuchtigkeit nur kurzzeitig gesenkt werden kann. Nach dem Schließen der Fenster wird die ursprüngliche Luftfeuchtigkeit schnell wieder erreicht. Dies ist damit zu erklären, dass die Feuchtigkeit, die in den Wandflächen und in der Einrichtung gespeichert wird, die über die Lüftung abgeführte Feuchtigkeit wieder ausgleicht. Die Messungen zeigen, dass wenn alle Bewohner berufstätig sind, zwei Lüftungsvorgänge pro Tag die Regel sind.

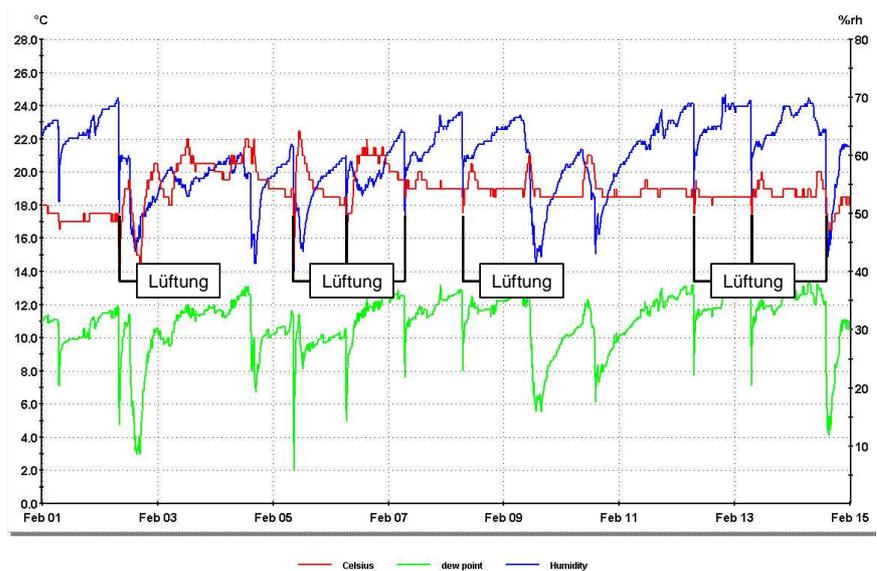


Abbildung 6: Auswertung der Klimaaufzeichnung einer Wohnung für den Zeitraum vom 01.02 – 16.02.2008 mit Angabe der Raumlufttemperatur (rot), der relativen Luftfeuchtigkeit der Raumluft (blau) und der Taupunkttemperatur für das gemessene Raumklima (grün).

Die in Verbindung mit der Messung des Raumklimas durchgeführte Überprüfung der Falze zwischen Flügel und Blendrahmen zeigt, dass während der Heizperiode ein häufiger Tauwasseranfall im Falz vorliegt und es in den unteren Falzen zu einer anhaltenden Ansammlung von Tauwasser und damit zu einer erhöhten Belastung des Holzes kommt.



Abbildung 7: Tauwasserbildung im Falz zwischen Flügel und Blendrahmen

Die Tauwasserbildung in den Falzen wurde in Feldversuchen bestätigt. In den Feldversuchen konnten auch Einflüsse auf die Tauwasserbildung und Bedingungen zur Vermeidung des Tauwassers erarbeitet werden.

In einem Versuchshaus wurden unter definierten Raumklimabedingungen Untersuchungen an verschiedenen Fensterkonstruktionen durchgeführt. Dabei sind folgende Varianten in die Untersuchungen einbezogen worden:

Anzahl der Dichtebenen im Fenster	<ul style="list-style-type: none"> • Mitteldichtung • Mitteldichtung und innere Anschlagdichtung • Nur innere Anschlagdichtung
Raumseitige Abdichtung des Glasfalzes	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Fugen zwischen Glashalteleisten und Flügelrahmen • Abgedichtete Fugen zwischen Glashalteleisten und Flügelrahmen
Belüftungsöffnungen für den Glasfalz	<ul style="list-style-type: none"> • Über eine Öffnung in der Schlitzzapfenverbindung • Über Bohrungen im Fensterflügel
Wetterschutzschienen	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgesetzte, in den Falzbereich reichende Wetterschutzschienen • Vorgesetzte Wetterschutzschiene

Abbildung 8 zeigt exemplarisch die Ergebnisse einer Messung. Zur eindeutigen Beschreibung der Feuchtebedingungen in den Falzräumen des Fensters ist ein Kennwert eingeführt worden (Abbildung 9). Dieser Kennwert, der als dimensionsloser Dampfdruck definiert ist, kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je kleiner der Wert ist, umso mehr nähert sich der Dampfdruck den Außenklimabedingungen an.

Bei Werten nahe 1 herrschen im Falzraum die gleichen Dampfdrücke wie im Innenraum und die Gefahr einer Tauwasserbildung ist sehr hoch. Zur Vermeidung von Tauwasserniederschlägen sind daher möglichst kleine Werte für den dimensionslosen Dampfdruck anzustreben. In Abbildung 10 sind beispielhaft die aus einer Messung gewonnenen dimensionslosen Dampfdrücke in den Falzräumen eines Fensters dargestellt.

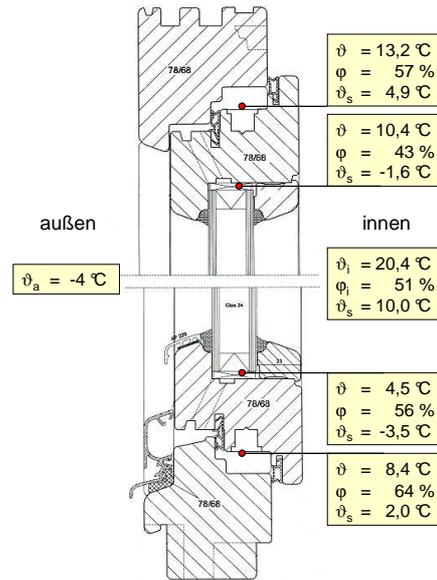
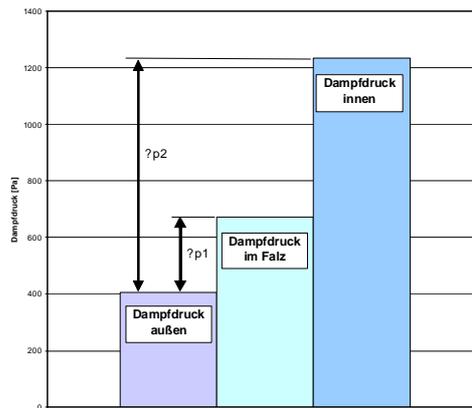


Abbildung 8: Schnitt durch eine Fensterkonstruktion [Huber & Sohn, Bachmehring] mit Angabe der Temperatur- und Feuchteverhältnisse in den Falzräumen



Dimensionsloser Dampfdruck
 $p = \Delta p_1 / \Delta p_2$ [-]

Abbildung 9: Definition des dimensionslosen Dampfdruckes als Verhältnis der Dampfdruckdifferenzen $p' = \Delta p_1 / \Delta p_2$ [-]

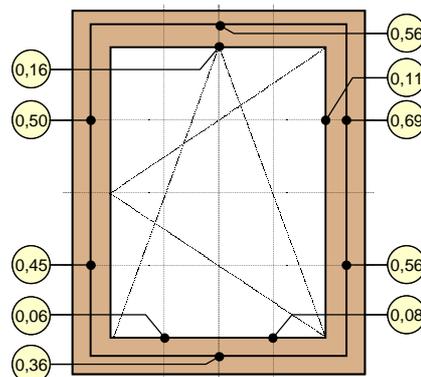


Abbildung 10: Fenster mit Angabe der in einer Feldmessung ermittelten dimensionslosen Dampfdrücke an verschiedenen Stellen im Falzbereich

Aus den Ergebnissen der Freilandmessungen lassen sich Konstruktionsempfehlungen für künftige Fenster ableiten, die eine hohe Sicherheit gegenüber Tauwasserproblemen in den Falzräumen haben.

Die durchgeführten Untersuchungen zur Druckverteilung in Gebäuden bestätigten den Einfluss des Innendruckes der Gebäude auf die Tauwasserbildung im Falz. Durch die Versuche konnten nicht alle Einflüsse auf die Tauwasserbildung geklärt werden. Die Anbringung einer raumseitigen Dichtung zwischen Flügel und Blendrahmen bestätigte sich dennoch als unabdingbare Maßnahme zur Vermeidung von Tauwasser.

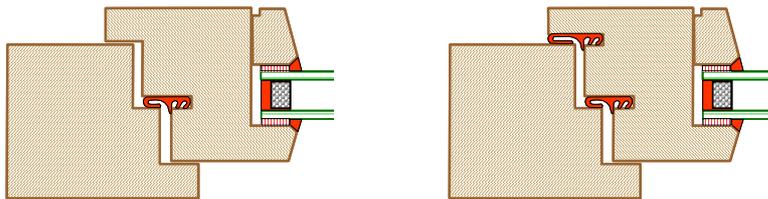


Abbildung 11: Fensterprofil nach DIN 68121 mit Mitteldichtung (links) und der zusätzlich notwendigen inneren Anschlagdichtung (rechts)

Um die Einbeziehung des Holzes in das Wohnumfeld zu ermöglichen, war eine Untersuchung des Verformungsverhaltens von verklebten Querschnitten unter Verwendung unterschiedlicher Holzarten notwendig. Hierzu wurden zunächst für eine Abschätzung drei Rechenmodelle miteinander verglichen. Dabei zeigte sich eine relativ gute Übereinstimmung der durchgeführten Berechnungen zwischen allen Modellen, so dass das Modell des frei aufliegenden Einfeldträgers mit der Einwirkung von Momenten an den Trägerenden für die weitere Betrachtung ausgewählt wurde. Das ausgewählte Modell ermöglicht die Berechnung der Verformung im Differenzklima unter Berücksichtigung des Jahresgangs der relativen Luftfeuchtigkeit auf der Raum- und auf der Außenseite.

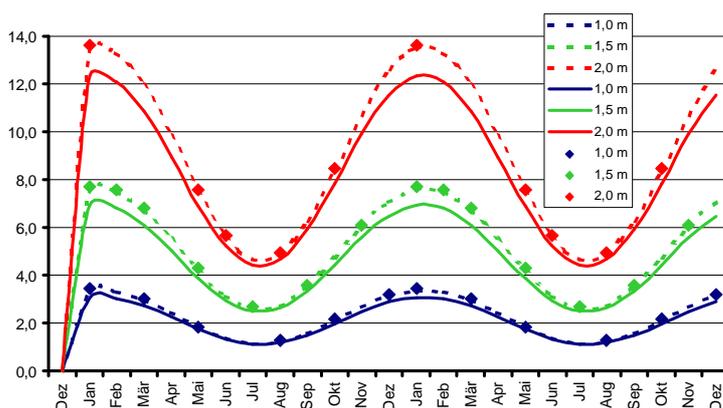


Abbildung 12: Vergleich der Verformung eines Rechteckprofils über den Verlauf von 24 Monaten für verschiedene Rechenmodelle mit dem Profilaufbau Esche (0,004), Fichte (0,003), Eiche (0,004), mit Esche auf der Raumseite

Ausgleichsfeuchte: 50 % Luftfeuchtigkeit bei der Herstellung

Profillänge: 1,00, 1,50, 2,00 m / Profildicke: 66 mm / Profilhöhe: 80 mm

Grundlage der Berechnung:

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| (2) Vereinfachtes Modell | (gestrichelte Linie) |
| (3) Delta M Modell | (volle Linie) |
| (1) FEM Modell | (Punkte) |

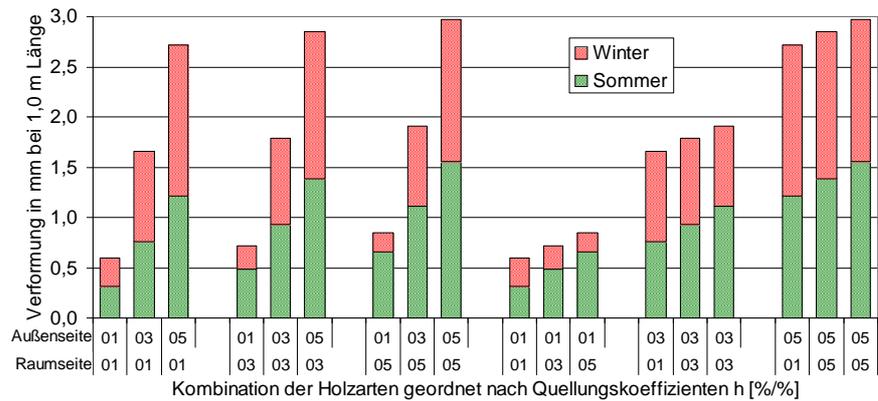


Abbildung 13: Einfluss der Quellungskoeffizienten h auf das Verformungsverhalten eines Rechteckprofils (Profilform B) für die Klimabedingungen:

Winter: November - Luftfeuchtigkeit 86,9 % außen / 51,6 % innen
 Sommer: Juni - Luftfeuchtigkeit 72,0 % außen / 53,5 % innen

mit dem Profilaufbau Quellungskoeffizienten 0,001, 0,003, 0,005 auf der Raumseite und auf der Außenseite

Ausgleichsfeuchte: 60 % Luftfeuchtigkeit bei der Herstellung

Profillänge: 1,00 m / Profildicke: 66 mm / Profilbreite: 80 mm

Grundlage der Berechnung:

(3) Delta M Modell

Die wesentlichen Einflüsse auf die Verformung sind die Luftfeuchtigkeit des Umgebungsklimas und die Längsquellung des Holzes, die durch den Quellungskoeffizienten „h“ % / % beschrieben wird. Die Quellungskoeffizienten zeigten sich als die größte Unsicherheit in den Annahmen der Berechnungen, da die in der Literatur angegebenen Werte sehr stark streuen. Dies ist dadurch bedingt, dass die Längsquellung nur in Ausnahmen durch eine direkte Messung ermittelt wird. Zum Teil sind die Streuungen auch durch die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften innerhalb einer Holzart bedingt.

Im Rahmen des Vorhabens wurden die Koeffizienten der Längsquellung „h“ an 10 Holzarten bestimmt. Um eine höhere Genauigkeit zu erreichen, wurden für die Messung von DIN 52184 abweichende Probekörper gewählt.

Die Auswertung der Berechnungen der Verformung im Differenzklima zeigt, dass die Quellungskoeffizienten der Außenlamellen das Verformungsverhalten des Rahmenprofils stärker beeinflussen als die Quellungskoeffizienten der Innenlamellen.

Entsprechend der Zielsetzung wurden die gewonnenen Erkenntnisse als Orientierungswissen aufbereitet, so dass es den Anwendern in folgenden Punkten zur Verfügung steht.

a) Raumseitige Oberflächentemperatur am Glas

Die raumseitige Oberflächentemperatur im Randbereich des Isolierglases wird durch den Glaseinstand, die Ausführung des Abstandhalters des Isolierglases und durch die Lage des Isolierglases über die Rahmentiefe bestimmt.

Die niedrigsten Oberflächentemperaturen treten auf, wenn das Isolierglas mit der Außenseite des Rahmens bündig ist oder wenn die Außenscheibe des Isolierglases über den Rahmen vorsteht. Je größer der Glaseinstand ist, um so günstiger ist die Oberflächentemperatur.

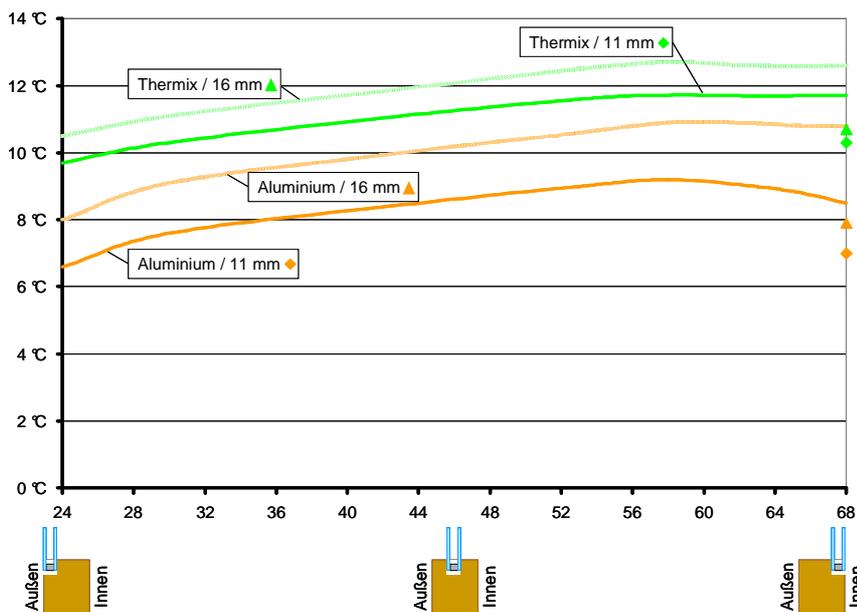


Abbildung 14: Niedrigste Oberflächentemperatur am Rand des Mehrscheiben-Isolierglases bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C und einer Außentemperatur von -10 °C auf der raumseitigen Scheibenoberfläche des Fensters mit einer Rahmendicke von 68 mm

Scheibenaufbau: 4 / 16 / 4 mm - U = 1,1

Glaseinstand: 11 mm (Linie) / 16 mm (gestrichelt)

Abstandhalter: Aluminium (braun) / Thermix (grün)

b) Wärmebrücken im Falz

Wenn die Mitteldichtung direkten Kontakt zur metallischen Wetterschutzschiene hat, kommt es im Falzraum zu einer stärkeren Abkühlung der Fläche im unteren Falz, als wenn die Dichtung am Holz anliegt.

Wärmegeädämmte Wetterschutzschienen, bei welchen zur Raumseite ein Kunststoffprofil den Anschlag bildet und die Wetterschutzschienen bündig mit der Ausfräsung des Holzes enden, verbessern das Temperaturverhalten nicht wesentlich.

Anzustreben ist deshalb, dass die Mitteldichtung an einer Holzfläche anliegt und kein Kontakt zu einer Metallfläche besteht.

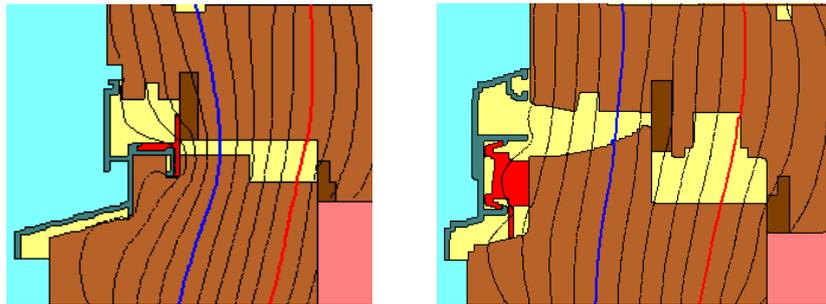


Abbildung 15: Isothermenverlauf im Falz bei unterschiedlicher Ausführung der Wetzschutzschienen

c) Tauwasser im Falz

Zur Vermeidung der Tauwasserbildung in den Falzen, ist die Anbringung einer raumseitigen Dichtung notwendig. Diese Dichtung muss umlaufend sein und darf durch Beschlagteile weder unterbrochen noch durch Ausnehmungen für Beschläge umgangen werden.

Bei dem derzeitigen Marktangebot von Beschlägen werden diese Forderungen nur von verdeckt liegenden Beschlägen, bei denen alle Beschlagteile im Falz angebracht sind, erfüllt.

Die Mitteldichtung muss in ihrer Wirkung luftdurchlässiger sein als die Dichtung am raumseitigen Überschlag, damit ein Druckausgleich mit dem Außenklima möglich und der Kennwert des dimensionslosen Dampfdruckes p möglichst klein ist.

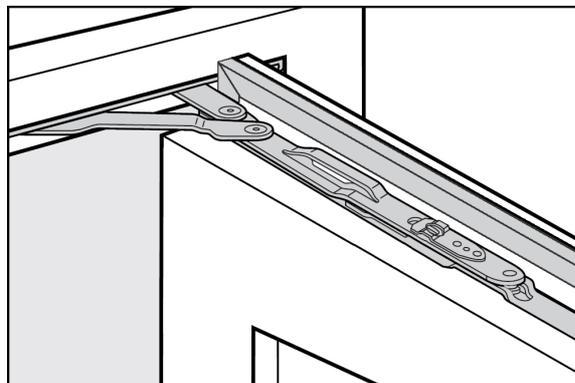


Abbildung 16: Verdeckt liegender Beschlag für Holzfenster mit der Möglichkeit des Einbaus einer umlaufenden Dichtung, die durch Beschlagteile nicht unterbrochen wird. [Quelle: Roto-Frank]

d) Tauwasser im Glasfalz

Die Verglasung muss von der Raumseite her dicht sein, damit keine feuchte Raumluft in den Falz eindringen kann. Die übliche Befestigung mit Nägeln oder Klammern ist hierfür in der Regel nicht ausreichend, so dass zusätzliche Maßnahmen der Abdichtung notwendig sind.

Die notwendigen Öffnungen des Glasfalzes zur Außenseite sollten nicht in die Schlitzzapfen der Eckverbindungen integriert sein, sondern mit Abstand von der Ecke angebracht werden.

e) Verklebte Kanteln aus unterschiedlichen Holzarten

Bei der Herstellung von verklebten Kanteln aus unterschiedlichen Holzarten ist bei der Auswahl der Holzarten darauf zu achten, dass für die Außenlamellen Holz mit einem niedrigen Quellungskoeffizienten eingesetzt und bei Innenlamellen Holz mit hohem Quellungskoeffizienten vermieden wird.

Nr.	Holzart	Mittellamelle Fichte h = 0,003 in [% / %]												
		Innenlamelle										h bis 0,003	h größer 0,004	
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j			k
h bis 0,003	Ahorn	Winterlinde	Birke	Rüster	Fichte	0,003 < h < 0,004	Kirschbaum	Rotbuche	Esche	Nussbaum	h größer 0,004	Birbaum	Erle	
h bis 0,002														
1	Thermo-Kiefer	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
2	Stieleiche	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
3	Robinie	1	1	1	1	1		2	2	2	2		2	2
0,002 < h < 0,004														
4	Khaya Mahagoni	2	2	2	2	2		2	2	2	2		2	2
5	Lärche	2	2	2	2	2		2	2	2	2		2	2
6	Dark Red Meranti	2	2	2	2	2		2	2	2	2		2	2
7	Fichte	2	2	2	2	2		2	2	2	2		2	2
8	Western Red Cedar	2	2	2	2	2		2	2	2	2		2	2
9	Douglasie	2	2	2	2	2		2	2	2	2		2	2
10	Traubeneiche	2	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3
h größer 0,004														
11	Tanne	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3
12	Shortleaf Pine	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3
13	Teak	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3
14	Gemeine Kiefer	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3
15	Edelkastanie	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3
16	Pitch Pine	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3

Tabelle 1: Zuordnung von Holzarten für Innenlamellen und Außenlamellen bei der Verklebung von Profilquerschnitten in der Dicke aus drei Schichten.

Die Klasse 1 (grüne Felder) zeigt günstige Paarungen.

Die Klasse 2 (orange Felder) zeigt Paarungen, die noch als ausreichend gelten können.

Die Klasse 3 (rote Felder) zeigt Paarungen, die hinsichtlich der Verformung als kritisch zu bewerten sind.

Vor der Verklebung sind die Hölzer in gleichem Ausgleichsklima, das heißt bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit, zu lagern. Die in der Praxis geläufige Holzfeuchtigkeit ist für den Vergleich des Zustandes der verschiedenen Holzarten ungeeignet. Der Klebstoff und die Verklebung müssen auf die Eigenschaften der Hölzer abgestimmt sein. Eine allgemein gültige Empfehlung für die Verklebung kann zur Zeit nicht gegeben werden.

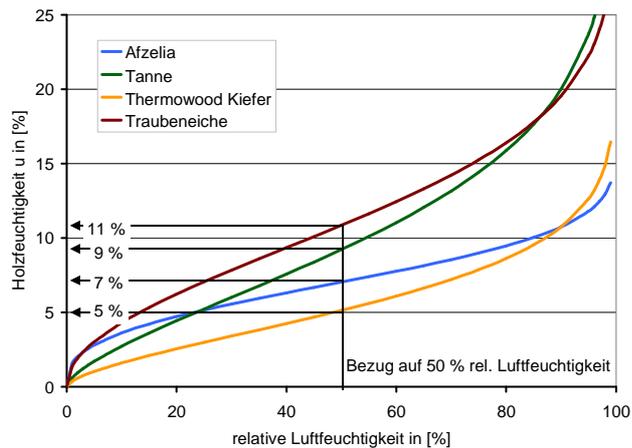


Abbildung 17: Verlauf der Sorptionsisothermen für verschiedene Holzarten und die Zuordnung der Holzfeuchtigkeit für die Ausgleichsfeuchtigkeit von 50 %

Neben den als Orientierungswissen beschriebenen Grundsätzen folgen für die Konstruktion und Herstellung von Fenstern weitere Erkenntnisse wie:

- Die Einwirkung von Feuchtigkeit durch das Raumklima stellt eine wesentliche Beanspruchung für die Fensterkonstruktion dar.
- Bei der Auswahl des Holzes ist darauf zu achten, dass zur Vermeidung von erhöhter Wasseraufnahme kein vorgeschädigtes Holz zum Einsatz kommt, wobei nach Möglichkeiten zu suchen ist, die Vorschädigung im Fertigungsprozess rechtzeitig zu erkennen.
- An Fugen von Rahmenverbindungen muss die Wasseraufnahme über Hirnholz vermieden werden. Um dies zu erreichen, ist gegebenenfalls eine Trennung zwischen Tragfähigkeit und Abdichtung erforderlich.

Weiterer Klärungsbedarf besteht bei den Maßnahmen zur Vermeidung der Tauwasserbildung in den Falzen. Hier sind weitere Arbeiten notwendig, um unter anderem folgende Fragen zu klären:

- Welchen Einfluss nehmen die Druckverhältnisse in Gebäuden und die Gebäudeumströmung durch Wind?
- Welche Anforderungen an die raumseitige Abdichtung sind zu stellen?
- In welchem Verhältnis muss die Wirkung der äußeren Dichtung zur raumseitigen Abdichtung stehen, wenn weitere Eigenschaften wie Wärmeschutz und Schallschutz in die Betrachtung mit einbezogen werden?

Zusammenfassend ergibt sich aus den durchgeführten Arbeiten die Folgerung, dass Fenster aus Holz in Verbindung mit Holzwerkstoffen oder anderen Werkstoffen den Anforderungen des Marktes gerecht werden können. Um dies zu erreichen, sind die Wünsche der Nutzer zu berücksichtigen und der noch offene Forschungsbedarf abzarbeiten.

Summary

To maintain and enlarge the market share of wood windows in Germany it is of essential importance to both evaluate past experience and to provide technical know-how for the future. The normative description for the construction of wood windows as outlined in DIN 68121 has not proven useful. The specifications defined therein were often considered compulsory and thus used as a benchmark for the evaluation of new products.

The interpretation of new findings will have to focus on customers' needs with respect to design, handling and functionality. Within certain technical limitations, window construction will further need to accommodate architects' demands.

Current rules and regulations such as DIN EN 14351-1 "Windows and external pedestrian doorsets - Product standard" serve as a reference for the evaluation of physical properties. DIN EN 14351-1 defines common European standards for testing, classification and labeling. Such product standards allow for sufficient flexibility to meet local requirements with regard to design, types of wood and surface treatment.

Decorative types of wood are preferred in a residential environment. However, these may not necessarily be suitable for outdoor use as they tend to be sensitive to weather. Thus, a layer composition of different materials is required. For this study, the suitability of different types of wood and their respective behavior in a cross section has been examined. Further, it outlines the optional usage of different materials.

For various complex reasons there has been a decline in the market share of wood windows for several years, the major issues being the necessary maintenance effort and the materials' change in appearance.

Studies have shown that both residents and architects have begun to use wood more frequently for interior design, thus indicating a possible reversal of the trend. A change in trend can only be achieved if the necessary maintenance effort is kept at an acceptable level and the fitness for use can be maintained for an adequate use period. The average use period for wood windows is 40 years.

The actual use period is usually determined by the fact that the windows no longer meet technical requirements or are no longer considered comfortable to use. In some cases, the use period is terminated by wood decomposition as a result of wood-destroying fungi. Infestation of wood-destroying fungi requires persistent moisture penetration of the wood, mostly caused by the climate either on the indoor or on the outdoor face.

Taking into consideration the influence of humidity requires detailed knowledge of the respective climate conditions both in the outdoor and indoor environment. Weather conditions cannot be controlled. Structural adaptations can, however, reduce the extent of direct weather influence.

Due to the air tightness of the outer walls of the building the air exchange supported by lack of air tightness of the outer shell is no longer given. As a result, the effects on windows caused by indoor environment have increased. The indoor environment causes increased stress on windows which in turn results in condensate on the margin of insulation glass and window rebates.

Tests in rooms showed a relative humidity between 40% to 60%. These figures resemble the annual change in humidity based on a normal to high indoor humidity. Test results further showed that airing a room twice a day by opening the window the relative humidity can only be lowered temporarily.

During the indoor climate tests the window rebates between the wing and the frame were checked. It became evident that during the heating period condensate in the window rebates was a common problem. Increased stress on the wood was caused by persistent condensate in the lower rebates.

The formation of condensate in the rebates was confirmed in field studies. Factors leading to the formation of condensate and conditions for the avoidance of condensate could be determined.

Tests regarding pressure distribution in buildings confirmed the influence of the interior pressure of a building on the development of condensate in window rebates. Tests did not provide a complete explanation regarding influences on the formation of condensate. The use of sealing on the inside between wings and frames proved to be a vital aspect for avoiding condensate.

Three mathematical models were compared to study the deformation behavior of laminated wood-profiles made from different types of wood. The correlation of the results was similar for all models, therefore the model "single-span girder suspended in two points and influenced by a momentum at the end of the girders" was chosen. In this case, it is possible to calculate the distortion caused by different climates both on the inside and the outside respectively, taking into consideration the relative humidity throughout the year.

Environmental humidity and longitudinal swelling of wood – specified by the swelling coefficient "h" in [% / %] - influence the distortion considerably. The swelling coefficient was the greatest factor of uncertainty in the calculations since other sources provided a great variety of strongly deviating figures.

During the research project the coefficient for longitudinal swelling of wood „h“ was determined for 10 different types of wood. For greater accuracy a work piece not meeting the DIN 52184 standard was selected.

Evaluating the calculations of the distortion in differential climates revealed that the swelling coefficient of the outer segments of the laminated wood-profiles had a greater influence on the distortion of the than the swelling coefficient of the inner segments of the laminated wood-profiles.

Following the objectives of this study, the findings provide several guidelines for users focusing on the following aspects:

- Indoor glass surface temperature
- Condensate on thermal bridges of the notch
- Laminated wood-profiles of different types of wood
- Condensate in rebates
- Condensate in glass rebates

Projektleitung:	Prof. Josef Schmid
Autoren:	Prof. Josef Schmid Prof. Dr. Bernhard Schwarz Michael Stiller
Kontakt:	isp Rosenheim – Ingenieurbüro Prof. Schmid Hechtseestraße 16 83022 Rosenheim Tel.: (0 80 31) 22 27-8 64 Fax: (0 80 31) 22 27-8 62 Email: mail@isp-rosenheim.de
