

AiF-Forschungsvorhaben Nr. 16043 N

**„Simulationsmodelle zur numerischen Berechnung des Widerstandes bei
Wasserdampfdiffusion in Holzwerkstoffen“**

Durchgeführt von:

Fraunhofer-Institut für Holzforschung
Wilhelm-Klauditz-Institut WKI
Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig

Projektleiter:

Dipl.-Ing. (FH) Norbert Rüter

Laufzeit:

01.04.2009 – 30.09.2011

Zusammenfassung:

Dieses mit den Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie geförderte Forschungsvorhaben wurde durchgeführt, da bei einzelnen, weitestgehend vergleichbaren Holzwerkstoffen Kennwerte über die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl (μ -Wert) vorlagen, die um mehr als eine Zehnerpotenz voneinander abwichen. Die Literaturrecherche im Vorfeld der Antragstellung lieferte keine Erklärungen dafür, so dass eine systematische Untersuchung der Einflüsse einzelner Parameter erforderlich schien.

Im Laufe der Bearbeitung des Vorhabens zeigte sich, dass einzelne Parameter, wie z.B. die Art des Bindemittels, ohne erkennbaren Einfluss, andere jedoch von großer Bedeutung sind. So hat z.B. die Rohdichte einen exponentiellen Einfluss. Dies in Verbindung mit dem Umstand, dass die Rohdichte von Holzwerkstoffen relativ große, jedoch für die Baupraxis unbedeutende Streuungen aufweist, erklärt, warum die großen Unterschiede bei den Kennwerten vorlagen. Die Ergebnisse der Untersuchungen dieses Vorhabens zeigen auch, dass Messwerte des μ -Wertes nicht sinnvoll interpretierbar sind, wenn nicht zumindest die Rohdichte des Prüfkörpers

berücksichtigt wird. Neben der Rohdichte haben auch die Partikelgröße und der Kleberanteil jeweils unter bestimmten Bedingungen einen maßgeblichen Einfluss.

Der für Exponentialfunktionen charakteristische überproportionale Anstieg des μ -Wertes ist je nach Partikelgröße im Rohdichtebereich zwischen etwa 400 kg/m³ und 700 kg/m³ zu beobachten und somit in dem Bereich, den übliche Holzwerkstoffe als Rohdichte haben.

Während die Rohdichte sehr gut mit dem μ -Wert korreliert, ist der logarithmische Einfluss der Partikelgröße nur schlecht zu modellieren, so dass innerhalb dieses Vorhabens für übliche Partikel wie Fasern, Späne und Strands einzelne Modelle erarbeitet wurden. Der Einfluss des Klebstoffanteils korreliert wiederum mit der Rohdichte und der Partikelgröße, so dass die Modelle zur Beschreibung des μ -Wertes zwei Summanden aufweisen.

Der erste beschreibt mit

$$\mu_1 = a + b * e^{\left(\frac{-\rho}{-c}\right)}$$

den exponentiellen Einfluss der Rohdichte und der zweite mit

$$\mu_2 = d * \left(\frac{\beta}{f}\right)^{1,5} * \left(\frac{\rho}{g}\right)^2$$

den Einfluss des Klebstoffanteils in Abhängigkeit der Rohdichte.

Die einzelnen Faktoren a bis g sind für die einzelnen Holzwerkstofftypen in Tabelle 1 aufgeführt. Die Rohdichte ist immer in kg/m³ einzugeben, der Klebstoffanteil als Wert in Prozentpunkten. Zum Klebstoffanteil ist der Anteil an Hydrophobierungsmitteln hinzuzufügen. Da Holzwerkstoffe in den einzelnen Schichten unterschiedliche Partikelgrößen, Rohdichten und Klebstoffanteile aufweisen können, sind die Modelle in der Praxis differentiell, also für jede Schicht gesondert anzuwenden.

Tabelle 1: Werte der Faktoren

Faktor	Wert der Faktoren bei Platten aus			
	Fasern	Spänen	Grobspänen / feinen Strands	grobe Strands / Furnier
a	5	10	70	120
b	0,1	0,2	0,3	0,4
c	150	150	130	145
d	0,1	0,1	0,2	0,2
f	10	5	4	3
g	100	50	50	30

Die Modelle sind keine mathematisch - physikalisch exakten Modelle, sondern empirisch auf der Grundlage von Versuchsergebnissen ermittelt worden. Eine Fehlerabschätzung zeigte, dass die Ergebnisse einen Fehler von etwa +/- 10 % enthalten, wobei auch Messungen einen Fehler in ähnlicher Größenordnung aufweisen. Da die Klebstoffmenge in einer Diffusionsprobe und innerhalb einer Schicht nicht exakt zu bestimmen ist und die Partikelgrößen in der Regel auch innerhalb einer Schicht stark differieren können, kann der Unterschied zwischen Messung und Rechnung auch größer als oben angegeben sein. Im Mittel ist jedoch mit einem μ -Wert gemäß oben aufgeführten Modellen zu rechnen, so dass für eine Produktionscharge der μ -Wert mit ausreichender Genauigkeit prognostiziert werden kann.

Im Vergleich der Ergebnisse aus Diffusionsmessungen mit kleinen Proben von etwa 54 cm² Diffusionsfläche zu denen mit großen Proben von etwa 250 cm² Diffusionsfläche konnte festgestellt werden, dass die kleineren Prüfkörper insbesondere bei in der Fläche inhomogenen Materialien zu Prüfergebnissen mit größeren Abweichungen vom Mittelwert führen, als die großen Prüfkörper. Gemäß ISO 12572 ist der Wert für den Diffusionswiderstand als (arithmetischer) Mittelwert aus 5 Proben zu bestimmen. Mit dieser Betrachtung wird jedoch nicht berücksichtigt, dass es sich hier physikalisch betrachtet um parallel „geschaltete“ Widerstände handelt. Die Fläche (A_{ges}) eines Holzwerkstoffes setzt sich zusammen aus vielen kleinen nebeneinander liegenden Teilflächen (A_i). Somit wird die Fläche

$$A_{ges} = \sum A_i$$

Jede Teilfläche hat dabei einen eigenen Diffusionswiderstand. Da die Teilflächen nebeneinander liegen, ist der Diffusionswiderstand der Gesamtfläche (R_{ges}) zu ermitteln wie der Gesamtwiderstand mehrerer „parallel geschalteter“ Einzelwiderstände. Die Gleichung lautet

$$\frac{1}{R_{ges}} = \sum \frac{1}{R_i}$$

Aus dieser Gleichung wird deutlich, dass einzelne Teilflächen mit sehr geringem Diffusionswiderstand den Gesamtwiderstand erheblich beeinträchtigen können. Bei Faserplatten sind diese (mikroskopisch kleinen) Teilflächen mit dem sehr geringen Diffusionswiderstand aufgrund der Partikelstruktur sehr gleichmäßig über die Fläche verteilt. Je größer die Fläche eines Partikels ist (Faser – Span – Strand – Furnier), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Teilflächen entstehen, die einen sehr geringen Diffusionswiderstand haben.

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben 16043 N der Forschungsvereinigung Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Maßgeblich zum Gelingen des Vorhabens und zur Lösung hat insbesondere das Engagement der Holzwerkstoffindustrie beigetragen. Dieser und den anderen Mitgliedern des Projektbegleitenden Ausschusses sei hier ein besonderer Dank ausgesprochen.

Ein ganz besonderer Dank gilt auch den vielen Mitarbeitern des Fraunhofer WKI in den Laboren und Werkstätten, im Technikum und in der Verwaltung, die ihre Arbeit häufig weitestgehend unbemerkt von der Öffentlichkeit durchführen, ohne die jedoch solche Vorhaben nicht realisierbar sind. Bis die ersten Ergebnisse vorlagen, mussten über die Rohstoffbeschaffung, Fertigung und Sichtung der Partikel, Fertigung der Laborplatten, Probenzuschnitt, Probenvor- und Nachbereitung und Durchführung etlicher Messungen und weiterer Untersuchungen etliche Arbeitsschritte erledigt werden, die in der Regel zu späteren Zeitpunkten nur noch untergeordnet Erwähnung finden. Jedoch wird mit der Präzision dieser Arbeiten und dem Engagement der Kolleginnen und Kollegen der Grundstein für den Erfolg gelegt.

Ein weiterer herzlicher Dank gilt den Mitarbeiterinnen des ivTH für die hervorragende Betreuung während des Vorhabens.