

15 (1988) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

## Fraunhofer-Institut für Bauphysik

K. Kießl

### Läßt sich das Feuchteverhalten von Holzbauteilen berechnen ?

#### Problemstellung

Um das Feuchteverhalten von Bauteilen aus Holz bzw. Holzwerkstoffen unter natürlichen Umgebungseinflüssen zu überprüfen, sind z. Zt. aufwendige Bewitterungsversuche notwendig. Dies gilt auch, wenn spezielle konstruktive Parameter (z.B. Schichtdicken) variiert oder optimiert, oder wenn besondere Einflüsse auf den Feuchtehaushalt (z. B. unterschiedliche Klimabedingungen) untersucht werden sollen. Ein in [3] entwickeltes Verfahren, das sich bei der Berechnung von realen Feuchtetransportvorgängen in mineralischen Baustoffen und daraus aufgebauten mehrschichtigen Bauteilen bewährt hat, könnte hier als effizientes Hilfsmittel zur Vorklärung der angedeuteten Fragestellungen dienen.

#### Erforderliche Stoffwerte

Für eine genauere Beschreibung der Feuchtespeicher- und Feuchtetransportvorgänge sind in dem Berechnungsverfahren bestimmte Stoffeigenschaftenfunktionen erforderlich, welche für Hölzer bzw. Holzwerkstoffe noch nicht vorlagen. In umfangreichen Recherchen und Literaturlauswertungen [5] ist daher überprüft worden, inwieweit vorhandene Meßergebnisse zur Ermittlung der benötigten neuen feuchtetechnischen Koeffizienten für

- Feuchtespeicherung (Sorption im hygroskopischen und überhygroskopischen Bereich)
- Wasserdampfdiffusion (wassergehaltsabhängig, nichtisotherm; Koeffizienten FDP und FDT)
- Kapillarleitung (wassergehaltsabhängig; Koeffizient FKU)

herangezogen werden können. Das Ergebnis dieser Auswertung ist qualitativ in **Tabelle 1** dargestellt. Sie zeigt, daß wesentliche Lücken bei Diffusions- und Kapillartransportkoeffizienten sowie bei Speicherfunktionen im überhygroskopischen Feuchtebereich bestehen.

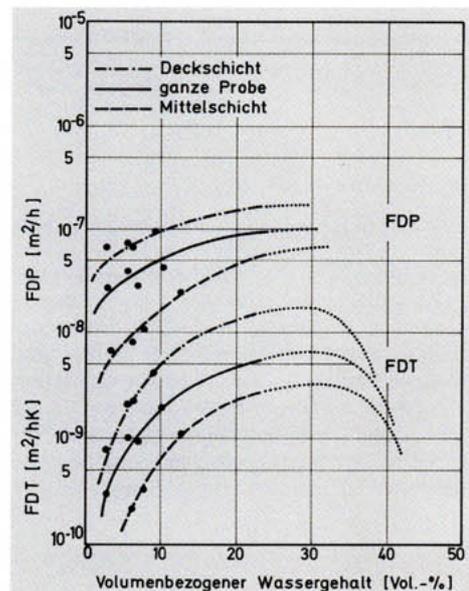
**Tabelle 1:** Übersicht über weitgehend vorhandene (x), ansatz- oder teilweise vorhandene (o) und fehlende (-) Kennwerte bzw. Kennfunktionen derjenigen feuchtetechnischen Stoffeigenschaften von Hölzern/Holzwerkstoffen, welche für Feuchteberechnungen erforderlich sind.

	Sorption		Diffusion			Kapillarleitung		
	hygroskopisch	überhygrosk.	$\mu$ -Wert	Einflüsse Feuchte	Temp.	w-Wert	Sätt.-feuchte	Koeff.
Laubholz	X	O	O	O	-	O	-	O
Nadelholz	X	O	O	O	-	O	-	O
Spanplatten	X	-	O	O	-	O	-	-
Sperrholzpl.	X	-	O	O	-	O	-	-
Holzfaserspl.	X	-	O	-	-	O	-	-

Am Beispiel von Holzspanplatten wird im folgenden gezeigt, welchen Verlauf die erforderlichen Funktionen - näherungsweise aus Meßergebnissen gemäß vorliegender Literatur und aus ergänzenden eigenen Messungen ermittelt - jeweils besitzen und wie sich damit berechnete zeitliche Verläufe des Wassergehalts von Außen- und Innenbeplankung eines Holzfertigteilelements im Vergleich zu gemessenen Werten darstellen.

#### Diffusion

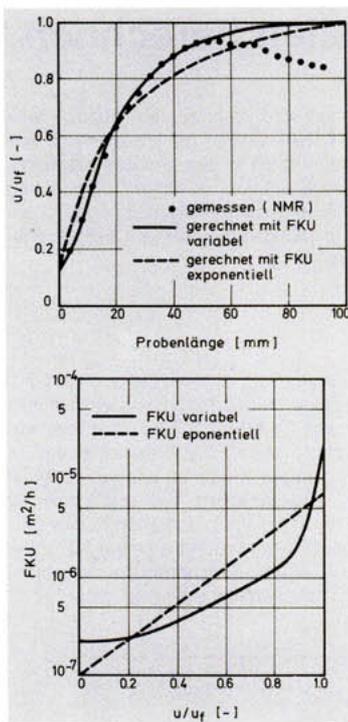
Die in [3] hergeleiteten Koeffizienten FDP und FDT dienen zur Berechnung von Diffusionsvorgängen in Baustoffen, wobei Einflüsse von Stoffeuchte, Temperatur und Temperaturgradienten berücksichtigt werden. Die Koeffizienten können aus Diffusionsmessungen bei entsprechenden Bedingungen bestimmt werden. Dies ist durch Auswertung der in [1] angegebenen Meßergebnisse für Spanplatten geschehen. **Bild 1** gibt die approximierten Kurvenverläufe an. Verwertbare Messungen liegen auch für einige Naturhölzer (Buche, Eiche, Fichte) vor, wobei ausgeprägte Anisotropie sowie Wassergehaltseinflüssen festzustellen sind (vgl. [5]).



**Bild 1:** Diffusionstransportkoeffizienten FDP und FDT in Abhängigkeit vom volumenbezogenen Wassergehalt für eine phenolharzgebundene Holzspanplatte, jeweils dargestellt für Deck- und Mittelschicht sowie für den Gesamtquerschnitt der Platte.

## Kapillarleitung

Wasseraufnahmekoeffizienten ( $w$ -Werte) sind für Naturhölzer unter Berücksichtigung der Anisotropie in ausreichender Zahl (Schwankungsbreite 0,15 bis ca. 2  $\text{kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ ), für Holzwerkstoffe deutlich lückenhafter (z.B. Spanplatte V 100: senkrecht zur Ebene ca. 2, parallel ca. 7  $\text{kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ ) bestimmt worden. Kapillartransportkoeffizienten FKU (vgl. [3]) können für Naturhölzer, wenn auch nur mit großen Unsicherheiten, angegeben werden. Für Holzwerkstoffe fehlen sie völlig. In einem eigenen Experiment ist daher der Kapillartransportkoeffizient für eine Spanplattenprobe aus einem Saugversuch parallel zur Plattenebene mit Hilfe einer NMR-Anlage [4] ermittelt worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung bei Annahme eines exponentiellen und eines variablen FKU-Ansatzes gehen aus Bild 2 hervor. Der variable FKU-Ansatz darf zunächst als gute Basis für Berechnungen angesehen werden. Im Bereich höherer Wassergehalte ist jedoch mit deutlichen Auswirkungen von Quellungseffekten auf den Kapillartransport zu rechnen, was vermutlich auch die Ursache für die Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Verteilungskurven in Bild 2 oben darstellt. Weiterführende Untersuchungen dazu sind noch erforderlich.



**Bild 2:** Bestimmung des wasser-gehaltsabhängigen Kapillar-transportkoeffizienten FKU für Spanplatte in Richtung der Plattenebene und im Bereich der freien Wasser-aufnahme-fähigkeit ( $u_i \approx 60 \text{ Vol.-%}$ ).

**Oben:** Mittels NMR-Messung bestimmte Wassergehaltsverteilung über eine stabförmige Spanplatten-Probe während eines stationären Saugvorgangs und nach [3] mit den unten dargestellten FKU-Ansätzen berechnete Verteilungen.

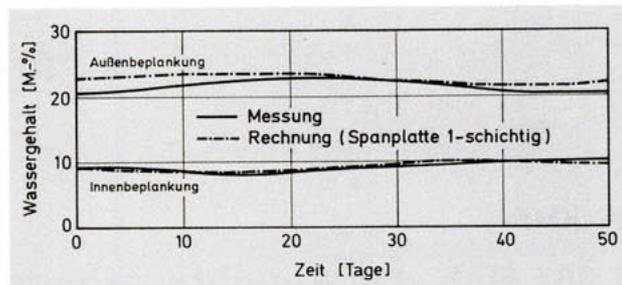
**Unten:** Aus der gemessenen Verteilung (oben) abgeleitete FKU-Funktion (Vorgabe Exponentialansatz und variabler Verlauf aus Gradienten und Massenstrom).

## Sorption

Zur gesamtheitlichen Beschreibung der praktisch vorkommenden Wassergehalte im hygroscopischen und überhygroscopischen Stofffeuchtebereich ist in [3] eine Speicherfunktion definiert worden, die sich aus einer speziellen Verknüpfung der Sorptionsisotherme (hygroscopisch) mit der integralen Porengrößenverteilung oder der Saugspannungskurve (überhygroscopisch) ergibt. Sorptionsisothermen liegen für Naturhölzer wie für Holzwerkstoffe umfangreich vor. Kennfunktionen für höhere Stofffeuchten sind für Naturhölzer teilweise vorhanden, sie fehlen aber für Holzwerkstoffe. Die dem nachfolgenden Berechnungsbeispiel zugrundeliegenden Sorptionseigenschaften von Spanplatten sind in [5] angegeben.

## Berechnungsbeispiel und Folgerungen

Als einfache Anwendung des Berechnungsverfahrens mit den aufgezeigten Speicher- und Koeffizientenfunktionen wird der gedämmte und mit ruhender Luftschicht ausgeführte Gefachbereich eines Holzfertigteilelements rechnerisch untersucht und mit Meßergebnissen aus [2] verglichen. In Bild 3 sind die zeitlichen Verläufe der gemessenen und berechneten Wassergehalte der Innen- und Außenbeplankung (Spanplatten V 100, V 20, je 19 mm) gegenübergestellt. Bis auf Diskrepanzen bei der Außenbeplankung zu Beginn des Versuchs, was auf nicht eindeutig benannte Ausgangsbedingungen und Sorptionswerte bei höheren relativen Luftfeuchten zurückzuführen ist, kann eine praktisch völlig ausreichende Übereinstimmung festgestellt werden.



**Bild 3:** Berechnungsbeispiel für die zeitlichen Verläufe des Wassergehalts in der Innen- und Außenbeplankung eines Holzfertigteilelements (Gefach) und Vergleich mit gemessenen Werten nach [2].

Das Berechnungsverfahren darf danach - bei instationären Diffusionsvorgängen mit Sorption wie auch bei kapillaren Ausgleichsvorgängen - zur realistischen Beschreibung des Feuchteverhaltens von Holzbauteilen als prinzipiell geeignet betrachtet werden. Die Bestimmung von fehlenden Stoffeigenschaften bei Hölzern und Holzwerkstoffen sowie eine programmtechnische Erweiterung zur Erfassung zweidimensionaler Vorgänge erscheinen wünschenswert. Praktische Einsatzbereiche zeichnen sich z.B. wie folgt ab:

- Industrieller Holzfertigteilbau (Optimierungen, Variationen)
- Trocknungsverhalten von Hölzern bzw. Holzkonstruktionen unter variablen Klimabedingungen
- Konsequenzen aus Sanierungsmaßnahmen
- Restaurierungsfragen bei Fachwerkbauten
- Feuchteverhalten historischer Holzeinbauten infolge von Klima- oder Nutzungsveränderungen in Räumen

## Literatur

- [1] Drewes, H.: Diffusionswiderstandszahl in Abhängigkeit von der Materialfeuchte bei harnstoff- und phenolharzgebundenen Holzspanplatten. WKI-Kurzbericht (1983), Nr.1/83.
- [2] Greubel, D.: Vergleich von Rechen- und Meßergebnissen zum Feuchtehaushalt hölzerner Wandelemente unter instationären Klimarandbedingungen. Teil 1: Bauphysik 8 (1986), H. 6, S. 183-188. Teil 2: Bauphysik 9 (1987), H. 1, S. 21-25.
- [3] Kießl, K.: Kapillarer und dampfförmiger Feuchtetransport in mehrschichtigen Bauteilen. Rechnerische Erfassung und bauphysikalische Anwendung. Dissertation Universität-Gesamthochschule Essen 1983.
- [4] Kießl, K., Krus, M.: Messung von Wassergehalten und Feuchtetransportvorgängen in Baustoffen mittels kernmagnetischer Resonanz. IBP-Mitteilung 14 (1987) Nr. 148.
- [5] Kießl, K. und Möller, U.: Stoffwertsammlung, Auswertung und rechnerische Vorbereitung zur Untersuchung des Feuchteverhaltens von Bauteilen aus Holz- und Holzwerkstoffen. (IBP-Bericht FtB-3/1988; wird demnächst veröffentlicht.)
- [6] Schneider, A.: Über das Sorptionsverhalten von mit Phenol- und Harnstoffharz verleimten Holzspanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff 31 (1973), H. 11, S. 425-429.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)6868-00  
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:  
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU  
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik