

12 (1985) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

K. Kießl

Feuchtetransport in Bauteilen

Berechnung für normierte und reale Bedingungen

Der Feuchtetransport in Bauteilen stellt einen relativ komplexen Vorgang dar, bei dem in üblichen porösen Baustoffen Sorptions-, Diffusions- und Kapillareffekte überlagert auftreten. Ob und mit welcher Intensität diese Einzeleffekte wirksam werden, hängt von der Porenstruktur und den hygroscopischen Eigenschaften des Baustoffs ab. Umgebungsseitig werden die Transportvorgänge durch die natürlichen thermischen (Lufttemperatur, Besonnung) und hygrischen (Luftfeuchte, Beregnung) Klimaeinwirkungen beeinflusst. Bild 1 zeigt eine schematische Darstellung der Wärme- und Feuchteeinwirkungen auf Außenbauteile mit den daraus resultierenden Verteilungen für Temperatur, relative Luftfeuchte und Wassergehalt. Wärme- und Massenströme sind jeweils schematisch angegeben; sie beeinflussen sich gegenseitig. Dieser tatsächliche Feuchtehaushalt von Bauteilen, der für die Beständigkeit, die Funktionssicherheit und die wohngygienischen Verhältnisse von erheblicher Bedeutung ist, wird bisher überwiegend experimentell untersucht. Die praxisübliche rechnerische Beschreibung des Feuchtetransports konzentriert sich auf Teilaspekte des tatsächlichen Geschehens, nämlich auf den Sonderfall der stationären Wasserdampfdiffusion.

Norm-Diffusionsberechnung

Die rechnerische feuchtetechnische Beurteilung von Bauteilen wird praktisch nach einem genormten Verfahren [4] unter fixierten stationären Temperatur- und Feuchterandbedingungen für eine Befeuchtungs- (60 Tage) und eine Trocknungsperiode

(90 Tage) vorgenommen. Dieses Verfahren beruht auf dem reinen Diffusionsmodell nach Glaser [1], Sorptions- und kapillare Transportvorgänge werden dabei nicht erfaßt. Obwohl diese Ansätze - bekannterweise - für die Ermittlung des tatsächlichen Feuchtehaushalts bauphysikalisch nicht befriedigen, so stellen sie doch bislang die einzigen rechnerischen Grundlagen für eine feuchtetechnische Beurteilung von Baukonstruktionen unter normierten Bedingungen dar. Die Berechnung unter normierten Randbedingungen hat sich für standardisierte Beurteilungen bewährt; die tatsächlichen Feuchteverhältnisse unter praktischen Bedingungen gibt sie jedoch nicht wieder.

Gekoppelter Wärme- und Feuchtetransport unter realen Bedingungen

Der unter natürlichen Bedingungen vorliegende gekoppelte Wärme- und Feuchtetransport ist in [2] nach einem speziellen Verfahren erfaßt worden. Dazu ist es notwendig, folgendes Differentialgleichungssystem numerisch zu lösen:

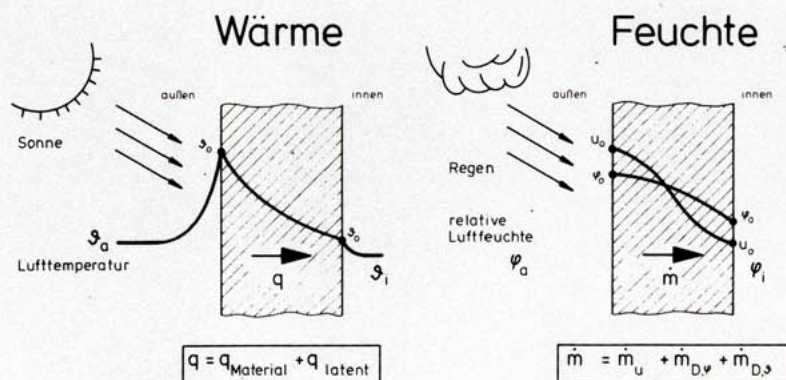
I) Wärme:

$$\frac{\partial}{\partial t} (H_M + H_u + H_s) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) + r_v \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\text{FDP} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \text{FDT} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial t} (\zeta \varphi c_s) \right]$$

II) Feuchte:

$$\frac{\partial}{\partial t} (e_w u + \zeta \varphi c_s) = e_w \frac{\partial}{\partial x} \left(\text{FDP} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \text{FDT} \frac{\partial \vartheta}{\partial x} + \text{FKU} \frac{\partial u}{\partial x} \right)$$

Bild 1:
Schematische Darstellung der thermischen und hygrischen Einwirkungen auf Außenbauteile, der daraus resultierenden Wärme- und Massenströme sowie der Verteilungen für Temperatur ϑ relative Luftfeuchte φ und Stofffeuchte u



Zur Erläuterung spezieller Symbole wird auf [2] verwiesen. Das Gleichungssystem ist extrem nichtlinear, da die Transportkoeffizienten sehr stark vom Wassergehalt u abhängen.

Die Beschreibung der eigentlichen Transportvorgänge geschieht mittels dreier neu definierter Transportkoeffizienten:

FDP: Feuchtetransportkoeffizient, Diffusion, gehörig zu grad φ (hygrischer Anteil des Diffusionstransports)

FDT: Feuchtetransportkoeffizient, Diffusion, gehörig zu grad ϑ (thermischer Anteil des Diffusionstransports)

FKU: Feuchtetransportkoeffizient, Kapillar, gehörig zu grad U (kapillarer Anteil des Gesamttransports)

Der Temperatureinfluß wird bei allen Koeffizienten durch entsprechende Faktoren berücksichtigt. Bild 2 veranschaulicht am Beispiel Gasbeton diese neuen Transportkoeffizienten.

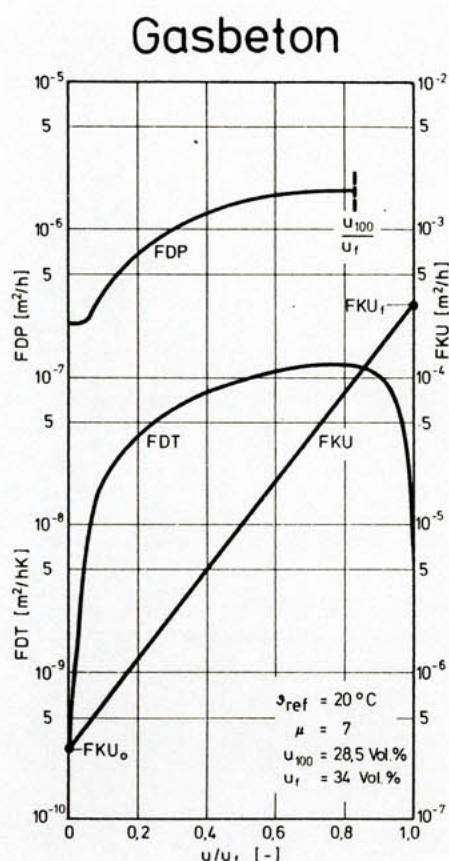


Bild 2: Feuchtetransportkoeffizienten FDP, FDT, FKU für Gasbeton in Abhängigkeit von der bezogenen Stofffeuchte nach [2] (u : Stofffeuchte; u_f : maximaler freier Wassergehalt)

Praktisches Beispiel

Das Trocknungsverhalten eines 15 cm dicken und außenseitig mit mehreren Lagen Bitumenpappe abgedichteten Gasbeton-Flachdaches ist unter Freilandversuchsbedingungen über einen Zeitraum von 2 1/2 Jahren gemessen [3] und mit dem beschriebenen neuen Berechnungsverfahren nachgerechnet worden. In

Bild 3 sind die gemessenen und gerechneten zeitlichen Verläufe der mittleren Stofffeuchte des Flachdaches gegenübergestellt; sie zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Nach der Norm-Diffusionsberechnung würde für solche Flachdächer überhaupt keine Austrocknung stattfinden. (Sonderregelung für Gasbeton-flachdächer in [4]).

Dieses Beispiel verdeutlicht, daß die bisherigen Diffusionsansätze unter fixierten Randbedingungen, wie sie zur Beurteilung von Baukonstruktionen praktisch verwendet werden, zwar eine vergleichende Abschätzung des unterschiedlichen Befeuchtungsverhaltens von Baukonstruktionen erlauben, eine Beschreibung des tatsächlichen Feuchtehaushalts üblicher Bauteile ist damit allerdings nicht möglich. Das neu entwickelte Verfahren gestattet hingegen die Ermittlung der tatsächlichen Feuchteverhältnisse unter praktischen Bedingungen.

Gasbeton – Flachdach mittlere Stofffeuchte

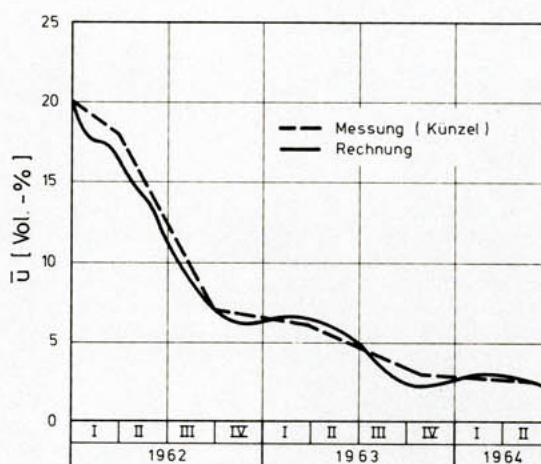


Bild 3: Gemessener [3] und berechneter [2] Verlauf der mittleren Stofffeuchte eines Gasbeton-Flachdaches unter natürlichen Umgebungsbedingungen während eines Untersuchungszeitraumes von 2 1/2 Jahren nach dem Einbau

Literatur

- [1] Glaser, H.: Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen. Kältetechn. 11 (1959), H. 10, S. 345-349.
- [2] Kießl, K.: Kapillarer und dampfförmiger Feuchtetransport in mehrschichtigen Bauteilen. Rechnerische Erfassung und bauphysikalische Anwendung. Diss. Univ. Essen (1983).
- [3] Künzel, H.: Gasbeton. Wärme- und Feuchteverhalten. Bauverlag, Wiesbaden (1970).
- [4] DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau. August 1981.



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