

12. November 2007

# Die wirksame Wärmespeicherkapazität

von

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Klaus Kreč  
Büro für Bauphysik  
A-3562 Schönberg am Kamp Veltlinerstraße 9  
Österreich  
Tel. +43-2733-8780-2 Fax +43-2733-8780-4  
email: [dr.krec@aon.at](mailto:dr.krec@aon.at)

## IV. Normative Randbedingungen

...

Als zentraler Begriff für die Beschreibung der Wärmespeicherfähigkeit von Baukonstruktionen wird die sog. „wirksame Wärmespeicherkapazität“ in verschiedenen Normenwerken verwendet. Aus diesem Grund ist es notwendig, sich mit dieser Kenngröße kritisch zu befassen und deren Aussagekraft zu analysieren.

### IV.1 Die wirksame Wärmespeicherkapazität

Die wirksame Wärmespeicherkapazität wird als Bauteilkenngröße in der internationalen Norm EN ISO 13786 [10] definiert. Die mehr als 1 Jahrzehnt dauernde Entwicklung dieser Norm war u. a. dadurch gekennzeichnet, dass die Definition der wirksamen Wärmekapazität mehrfach geändert wurde. Da diese Definition im derzeitigen Stand der EN ISO 13786 nicht mit den entsprechenden Ansätzen der nationalen Norm B8110-3 [12] verträglich ist und überdies belegbare Zweifel an der Sinnhaftigkeit des Ansatzes der EN ISO 13786 bestehen, wurde die Definition der wirksamen Wärmekapazität im nationalen Vorwort der EN ISO 13786 für Österreich geändert. In den nächsten beiden Abschnitten wird auf diese Diskrepanz zwischen internationaler und nationaler Norm näher eingegangen.

#### IV.1.1 Definition nach EN ISO 13786

Im Abschnitt 3 der EN ISO 13786, Gleichung (5), wird die wirksame Wärmekapazität für die Teile des an den Raum mit dem Index  $m$  angrenzenden Bauteils ohne weitere Begründung gemäß

$$C_m = \frac{T}{2 \cdot \pi \cdot \Im\left(\frac{\hat{\Theta}_m}{\hat{\Phi}_m}\right)} = \frac{T}{2 \cdot \pi \cdot \Im\left(\frac{1}{\hat{L}_{m,m}}\right)} \quad (11)$$

festgesetzt.

**Anmerkung:** Das Symbol  $\Im$  kennzeichnet hier und im Folgenden den Imaginärteil der in der Klammer stehenden komplexwertigen Größe.

Gleichung (5) der EN ISO 13786 steht im Widerspruch zu der dort zuvor angeführten (korrekten) Definitionsgleichung (4):

$$\hat{\Phi}_m = -\sum_n \tilde{L}_{m,n} \cdot \hat{\Theta}_n \quad . \quad (12)$$

Abgesehen vom fehlerhaften Vorzeichen der Gleichung (5) ist die dort implizit verwendete Beziehung

$$\hat{\Phi}_m = -\tilde{L}_{m,m} \cdot \hat{\Theta}_m \quad . \quad (13)$$

nur dann korrekt, wenn angenommen wird, dass

$$\hat{\Phi}_n = 0 \text{ für } n \neq m \quad . \quad (14)$$

gilt, die Temperatur in allen angrenzenden Räumen also konstant ist und nur im betrachteten Raum mit der komplexen Amplitude  $\hat{\Theta}_m$  schwankt.

Wie in Anhang A.3 näher ausgeführt, hat die Definitionsgleichung (5) der EN ISO 13786 die Eigenschaft, dass die wirksame Wärmespeicherkapazität bei verschwindender Wärmespeicherfähigkeit gegen unendlich geht, also für Anwendungen im Bauwesen nicht geeignet ist. Ein entsprechender vom ON eingebrachter Einspruch hat dazu geführt, dass die Vorschrift zur Berechnung der wirksamen Wärmespeicherkapazitäten – die Gleichungen (21) und (22) der EN ISO 13786 – so verändert wurden, dass die wirksame Wärmespeicherkapazität bei verschwindender Wärmespeicherfähigkeit gegen null geht. Da die Definitionsgleichung (5) unverändert beibehalten wurde, ist der derzeitige Stand der EN ISO 13786 jedoch in sich widersprüchlich.

Die geänderten Berechnungsvorschriften, d. h. die Gleichungen (21) und (22), sind – wie in Anhang A.3 gezeigt – ebenfalls nicht brauchbar, da sie dazu führen, dass der Grenzwert der wirksamen Wärmespeicherkapazität für unendlich große Schichtdicken wesentlich höher ausfällt als der in Abschnitt A.2.3 des (normativen) Anhangs A der EN ISO 13786 angegebene Wert.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass die EN ISO 13786 in der derzeit gültigen Form aufgrund der widersprüchlichen Ansätze nicht geeignet ist, um als Grundlage für das hier zu entwickelnde Verfahren zu dienen.

#### IV.1.2 Definition nach ÖNorm B8110-3

In der nationalen Norm ÖNorm B8110-3 [12] ist die flächenbezogene wirksame Wärmespeicherkapazität eines Bauteils gemäß

$$\chi_m = \frac{T}{2 \cdot \pi} \cdot \left| \frac{\hat{q}_m}{\hat{\Theta}_m} \right| \quad (15)$$

definiert. Die flächenbezogene wirksame Wärmespeicherkapazität  $\chi_m$  wird demnach proportional zum Verhältnis  $\left| \frac{\hat{q}_m}{\hat{\Theta}_m} \right|$  angesetzt.

Die Temperatur  $\Theta_m(t)$  im Raum  $m$  wird hierbei sinusförmig mit der komplexwertigen Amplitude  $\hat{\Theta}_m$  im Tagesrhythmus schwankend angenommen. Sie ist Ursache für die sich ebenfalls sinusförmig einstellende Wärmestromdichte mit der komplexwertigen Amplitude  $\hat{q}_m$ . Da vorgeschrieben wird, dass die Übergangswiderstände auf beiden Seiten des plattenförmigen Bauteils auf null zu setzen sind, entspricht  $\hat{\Theta}_m$  der komplexen Amplitude der Schwankung der Temperatur an der dem Raum  $m$  zugewandten Bauteiloberfläche.

Die Definitionsgleichung (15) ist insofern nicht eindeutig, als die sich aufgrund der Temperaturschwankung einstellende Schwankung der Wärmestromdichte nicht nur von der Wärmespeicherfähigkeit des Bauteils sondern auch von den thermischen Zuständen auf der raumabgewandten Seite des Bauteils abhängen wird. Dieser Problematik wird in der ÖNorm B8110-3 insofern begegnet, als gefordert wird, die wirksame Wärmespeicherkapazität für folgende drei Annahmen in Hinblick auf die Situation an der Oberfläche der raumabgewandten Seite zu berechnen:

1. konstante Temperatur im Nachbarraum,
2. mit gleicher Amplitude und Phase schwankende Temperatur im Nachbarraum,
3. adiabatischer Abschluss zum Nachbarraum.

Das Minimum der drei errechneten Werte für die wirksame Wärmespeicherkapazität wird als „wirksame Norm-Wärmespeicherkapazität“ bezeichnet und als Bauteil-Kenngröße weiter verwendet.

Eine tiefer gehende Analyse der Problematik der Abhängigkeit der wirksamen Wärmespeicherkapazität von den Bedingungen auf der raumabgewandten Seite des betrachteten Bauteils zeigt, dass die beiden für die Praxis wichtigen Fälle der konstanten Temperatur (1.) und der gleichartig schwankenden Temperatur im Nachbarraum (2.) dann zu identischen Ergebnissen in Hinblick auf die wirksame Wärmespeicherkapazität führen, wenn berücksichtigt wird, dass die sich einstellende Wärmestromdichte zum einen Teil aufgrund der Wärmespeicherung und zum anderen Teil aufgrund des Wärmedurchgangs durch den Bauteil ergibt. Es liegt nahe, für die Definition der wirksamen Wärmespeicherkapazität nur jenen Anteil der Wärmestromdichte, der sich aufgrund der Wärmespeicherung einstellt, zu verwenden.

Wie in Anhang A.4 abgeleitet, ergibt sich die flächenbezogene wirksame Wärmespeicherkapazität für diese beiden wichtigen Fälle zu

$$\chi_m = \frac{T}{2 \cdot \pi \cdot A} \cdot \left| \sum_n \tilde{L}_{m,n} \right| \quad (16)$$

Diese Definition der flächenbezogenen wirksamen Wärmespeicherkapazität wurde auch der ÖNorm EN ISO 13786 [10] in Form eines nationalen Vorworts voran gestellt.

## X. Literatur

- [1] *Kreč K.*: Bewertung der Sommertauglichkeit von Gebäuden, Forschungsbericht im Auftrag der Initiative Ziegel im Fachverband der Stein- und keramischen Industrie, 31. März 2006
- [2] *Stockinger, J., Kreč, K. & Seidl, J.*: Thermisch optimierter Einsatz von Ziegel in Passivhäusern, Tagungsbericht der 8. Europäischen Passivhaustagung 2004, 205-219, Krems (2004)
- [3] *Stockinger, J.*: Thermisch optimierter Einsatz von Ziegel im Passivhaus, Master-Thesis, Donau-Universität Krems (2004)
- [4] *Bruckmayer, F.*: Der praktische Wärme- und Schallschutz im Hochbau, Deuticke-Verlag Wien (1949)
- [5] *Koch H. A. & Pechinger, U.*: Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Sonnen- und Wärmestrahlungseinflüssen auf Gebäudeoberflächen. Gesundheits-Ingenieur 98, H. 10, S. 265-280, (1977)

- [6] *Heindl W., Kreč K., Panzhauser, E. & Sigmund, A.:* Wärmebrücken. Springer-Verlag Wien-New York (1987)
- [7] ÖNorm B8110-1, Wärmeschutz im Hochbau – Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren. (2000)
- [8] EN ISO 10211-1: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren. (1996)
- [9] *Kreč, K.:* Zur Wärmespeicherung in Baukonstruktionen. Gesundheits-Ingenieur 114, H. 1, S. 11-18, (1993)
- [10] ÖNorm EN ISO 13786: Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren, Ausgabe: 2000-08-01 (2000)
- [11] *Kreč, K.:* Zur dreidimensionalen Simulation des thermischen Verhaltens von Gebäuden“, Gesundheits-Ingenieur **121**, Heft 6, 293-344 (2000)
- [12] ÖNorm B8110-3, Wärmeschutz im Hochbau – Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse, Ausgabe: 1999-12-01 (1999)
- [13] EN 832, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs – Wohngebäude (1998)
- [14] ÖNorm EN ISO 13791, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (2004)
- [15] ÖNorm EN ISO 6946, Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (2005)
- [16] *Minke, G.:* Lehm- und Ziegelbau - Handbuch, Ökobuch, Staufen bei Freiburg (1999)
- [17] AnTherm V3.51, Programmpaket zur Analyse des Thermischen Verhaltens von Bauteilen mit Wärmebrücken, © 2004 – 2007 T. Kornicki (2007)
- [18] GEBA V7.0, Programmpaket zur Simulation des thermischen Verhaltens von Räumen, Raumgruppen und Gebäuden, © 1996 – 2007 K. Kreč (2007)
- [19] THESIM V2.0, Programm zur mehrdimensionalen Thermischen Simulation eines Raums, © 1996 – 2007 K. Kreč (2007)