

## INSTITUT FÜR BAUPHYSIK DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

K. Gertis

### Thermische Eigenspannungen in Außenwänden aus Blähton- bzw. Blähschieferleichtbeton

#### Praktische Problemstellung

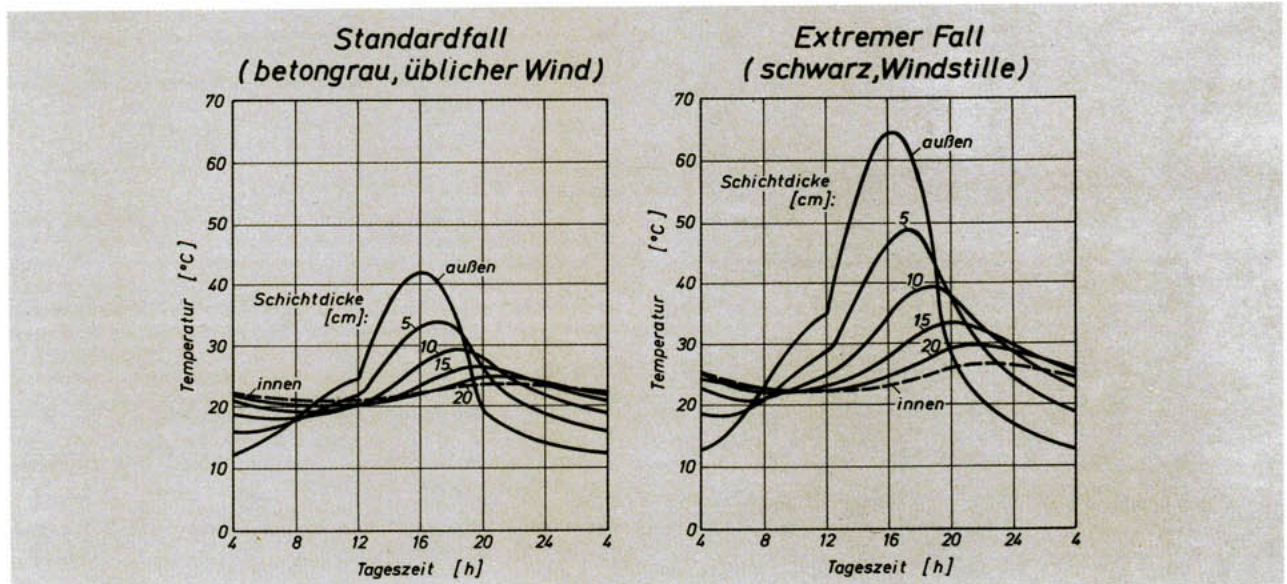
In Sichtbetonteilen mit Blähton- und Blähschieferzuschlägen sind verschiedentlich feine Risse beobachtet worden, die sich spinnwebartig oder in „unkontrollierbarer“ Form über die Außenoberfläche erstrecken. Solche Haarrisse, die besonders nach Regenfällen wegen des eingedrungenen Oberflächenwassers sichtbar werden, gefährden die Standfestigkeit der Leichtbetonteile zwar in keiner Weise; sie sind optisch unschön und beeinträchtigen u. U. den Regenschutz.

Man vermutet, daß diese Risse durch Wärme- bzw. Schwindvorgänge und die dabei auftretenden Formänderungen sowie Eigenspannungen verursacht werden. Welche thermisch bedingten Eigenspannungen unter praktischen Bedingungen entstehen, kann mit einem im Institut für

Bauphysik entwickelten Rechenverfahren [1] untersucht werden. Dieses Verfahren gestattet Aussagen darüber, ob die Eigenspannungen die Festigkeitsgrenze erreichen bzw. überschreiten und zu Risschäden führen. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis der Bauteilerwärmung unter praktischen Bedingungen, worüber im Institut ebenfalls Erfahrungen vorliegen.

#### Temperaturbeanspruchung

Die Erwärmung der Bauteile hängt von der Sonneneinstrahlung, der Farbe der Außenoberfläche, den Windverhältnissen und den wärmetechnischen Eigenschaften des Leichtbetons ab. Nach Westen orientierte Wände weisen in



**Bild 1**

Zeitliche Verläufe der Temperaturen an den Oberflächen und in verschiedenen Schichten einer Leichtbetonwand mit unterschiedlicher thermischer Beanspruchung an einem strahlungsreichen Sommertag.

links: betongraue Farbe der Außenoberfläche; übliche Windverhältnisse auf der Außenseite

rechts: schwarze (strahlungsabsorbierende) Farbe der Außenoberfläche, Windstille

Zugrunde gelegte Daten

Wanddicke: 25 cm Westorientierung

der Regel die stärkste thermische Beanspruchung im Sommer auf. Bild 1 verdeutlicht dies. Zusätzlich zur Temperatur der Außenoberfläche sind hierin auch die Zeitgänge der Temperaturen in verschiedenen Schichttiefen und an der Innenoberfläche eingetragen. Das linke Diagramm gibt durchschnittliche und das rechte extreme Sommerverhältnisse wieder. Eine starke Erwärmung (rechts im Bild) setzt dann ein, wenn die Außenoberfläche aufgrund eines dunklen Farbanstriches die Sonneneinstrahlung nahezu völlig absorbiert und wenn infolge Windstille die Wandoberfläche nur mehr sehr schwach von der angrenzenden Außenluft „gekühlt“ wird. An Außenoberflächen von Blähton- oder Blähschieferbetonwänden können unter solchen extremen Sommerbedingungen Temperaturen bis zu ca. 65° C auftreten. Die Temperaturen sind typisch für instationäre Wärmetransportvorgänge in homogenen Bauteilen. Die Wärmewelle wandert mit einer gewissen Zeitverschiebung in die tiefer liegenden Wandschichten ein und bewirkt dort immer niedrigere Temperaturspitzen.

## Eigenspannungen und Rissegefahr

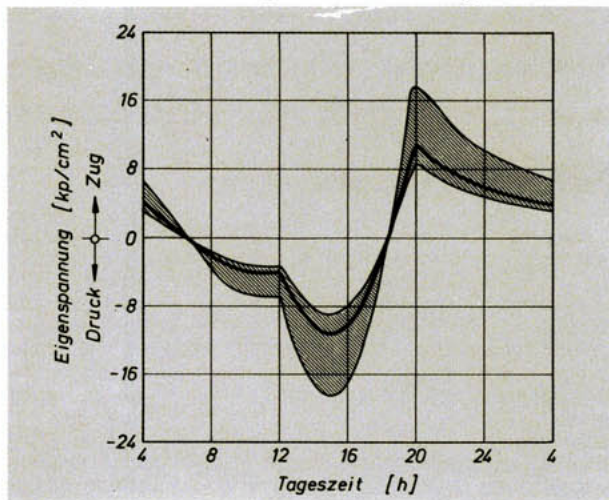
Die beschriebenen Temperaturverteilungen erzeugen in den Bauteilen thermische Eigenspannungen. Die Gefahr der Rissebildung besteht dann, wenn die auftretenden Eigenspannungen an irgendeiner Stelle des Leichtbetonquerschnittes die Druck- bzw. Zugfestigkeit erreichen oder überschreiten. Aufgrund der durchgeführten Spannungsermittlung kann festgestellt werden, daß die durch thermische Vorgänge erzeugten Druckeigenspannungen die in Tabelle 1 ausgewiesene Druckfestigkeit niemals erreichen, geschweige denn übersteigen. Die Gefahr druckbedingter Beschädigungen ist somit generell auszuschließen.

Das Zugspannungsverhalten bedarf jedoch noch einer genaueren Überprüfung. Bei den im vorliegenden Fall zu beurteilenden Rissen geht es jedoch nicht um Probleme der Standsicherheit; diese wird ja – auch im Falle einer eventuellen Überschreitung der Materialfestigkeit des Leichtbetons – durch die eingelegte Bewehrung aufrechterhalten. Es handelt sich vielmehr um die kleinen, relativ feinen Risse in den Außenbauteilen, die bauphysikalische Auswirkungen zeitigen und beispielsweise den Regenschutz beeinträchtigen. Das Auftreten solcher Risse hängt nicht von der Bewehrung, sondern allein von der erläuterten thermischen Materialbeanspruchung ab.

Die höchsten Zugspannungen sind im Sommer bei einer thermisch extrem beanspruchten Westwand an der Außenoberfläche, und zwar in der Abkühlphase um ca. 20 Uhr,

festzustellen. Der Tagesgang dieser Spannungen – ermittelt mit den „Durchschnitt“-Stoffwerten gemäß Tabelle 1 – ist in Bild 2 als dick ausgezogene Linie eingezeichnet. Legt man nunmehr die in Tabelle 1 aufgeführten oberen und unteren Grenzwerte zugrunde, so ergibt sich für eine 25 cm dicke Leichtbetonwand der in Bild 2 wiedergegebene schraffierte Bereich, welcher – als maximale Zugspannung – eine Spannungsspitze von ca. 18 kp/cm<sup>2</sup> aufweist. Vergleicht man diese Spannungsspitze mit den Zugfestigkeiten in Tabelle 1, so ersieht man, daß unter gewissen Bedingungen Festigkeitsüberschreitungen möglich werden. Hieraus folgt, daß bei extremer thermischer Beanspruchung (z. B. durch dunkle Farbgebung der Außenoberfläche) Risse in Blähton- und Blähschieferbetonbauteilen auftreten können. Diese rechnerisch gewonnene Aussage wird durch praktische Versuche bestätigt [4].

Unter nicht so extremen, „gemäßigeren“ Bedingungen sind aufgrund thermischer Ursachen keine Risse zu erwarten. Es ist dann jedoch noch zu prüfen, ob unter durchschnittlichen praktischen Bedingungen die im vorliegenden Fall nicht untersuchten, aus Schwindvorgängen resultierenden, **hygrischen** Eigenspannungen, die den thermischen zu überlagern sind, zu Festigkeitsüberschreitungen führen.



**Bild 2**

Gegenüberstellung der zeitlichen Spannungsverläufe an der Außenoberfläche einer Leichtbetonwand mit verschiedenen mechanischen Stoffwerten (Sommerverhältnisse, Extremfall gemäß Bild 1 rechts, 25 cm Wanddicke)

**Ausgezogene Linie Obere Bereichsgrenze Untere Bereichsgrenze**  
 $E = 100\,000 \text{ kp/cm}^2$   $E = 130\,000 \text{ kp/cm}^2$   $E = 97\,000 \text{ kp/cm}^2$   
 $\nu = 0,2$   $\nu = 0,22$   $\nu = 0,15$   
 $\alpha = 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$   $\alpha = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$   $\alpha = 7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

### Literatur

- [1] Gertis, K.: Wärmeeigenspannungen in homogenen Außenbauteilen unter instationärer Temperatureinwirkung. Berichte aus der Bauforschung, Heft 87. Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin (1973).
- [2] Heilmann, H. G. und Zelger, C.: Spannungs-Dehnungsverhalten von Leichtbeton aus Blähtonzuschlägen. Bericht Nr. 79, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, TH München (1970).
- [3] Wurm, P.: Spannungs-Dehnungsverhalten von Leichtbeton aus Blähschieferzuschlägen und Perlit-Beton. Bericht des Lehrstuhls und Instituts für Massivbau, TU München (1973).
- [4] Wärme- und feuchtetechnische Untersuchungen an Leichtbetonwänden in homogener Bauart. Bericht BHo 12/75 des Instituts für Bauphysik (1975).

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung des Bundesbauministeriums durchgeführt.

**Tabelle 1**

Mechanische Stoffwerte von Leichtbeton mit Blähton- bzw. Blähschieferzuschlägen nach [2] [3]

| Größe<br>(Einheit)                      | Zahlenwert   |              |               |
|---|--------------|--------------|---------------|
|   | Durchschnitt | obere Grenze | untere Grenze |
| Elastizitätsmodul [kp/cm <sup>2</sup> ] | 100 000      | 130 000      | 97 000        |
| Querdehnzahl [–]                        | 0,20         | 0,22         | 0,15          |
| Druckfestigkeit [kp/cm <sup>2</sup> ]   | 220          | 290          | 200           |
| Zugfestigkeit [kp/cm <sup>2</sup> ]     | 16           | 20,4         | 15,3          |

Den Versuchen [2] [3] lagen Proben mit folgenden mittleren Rohdichten (gerundet) zugrunde:  
 Blähtonbeton: 1300 kg/m<sup>3</sup>  
 Blähschieferbeton: 1400 kg/m<sup>3</sup>

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Instituts für Bauphysik



INSTITUT FÜR BAUPHYSIK DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT  
 7 STUTTGART 70 DEGERLOCH, Königstraße 74, Tel. (07 11) 76 50 08/09  
 Außenstelle: 815 HOLZKIRCHEN (OBB.), Postfach 1180, Tel. (08024) 572