

16 (1989) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

H. Erhorn, K. Gertis

## Höher temperierte Fertigungshallen – Einsatz von Solarsystemen

### 1. Einleitung

Bei industriellen Fertigungsprozessen ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Temperaturniveau in Fertigungshallen. Bei höher zu temperierenden Hallen bedarf es meist - solange keine überdurchschnittlichen inneren Wärmequellen vorliegen - der Beheizung. Hierbei wird heute fast ausschließlich auf konventionelle Heiztechniken zurückgegriffen. Die Nutzung von Solarenergie ist in Industriebetrieben bislang (leider) kein Thema. Dabei gibt es Fertigungsprozesse, bei denen sich diese Energieverwertung nahezu aufdrängt. Am Beispiel einer Leichtbetonsteinproduktion, die vorwiegend nur in den Monaten April bis Oktober erfolgt, wurde aufgezeigt, daß der Einsatz von Solarsystemen eine interessante Alternative und ein wesentlicher Beitrag zum Umweltschutz sein kann.

### 2. Anforderungen bei der Steinfertigung

Zementgebundene Mauersteine müssen nach dem Verlassen der Produktionsmaschine in Härtehallen nahe der Produktionsstätte zwischengelagert werden, damit sie die für den Transport notwendige Klammerfestigkeit von über  $1 \text{ N/mm}^2$  erreichen. Diese Härtehallen werden aus wirtschaftlichen Gründen möglichst klein gehalten. Da die Aushärtung bei höheren Temperaturen schneller erfolgt, werden die Hallen beheizt. Hierdurch können die notwendigen Zwischenlagerzeiten erheblich reduziert werden. In einem Forschungsvorhaben wurde untersucht, wie sich das Temperaturniveau in den Hallen und andere Randbedingungen, wie Luftgeschwindigkeit und relative Luftfeuchte, auf den Aushärteverlauf von Leichtbetonsteinen auswirken. Ferner wurde geprüft, ob und wie bei Umgestaltung der Härtehallen solartechnische und bauliche Maßnahmen zur Verkürzung der Steinverweildauer wirtschaftlich eingesetzt werden können.

### 3. Versuchsaufbau

Zunächst wurden während der Steinproduktion Versuche zur Bestimmung des Erhärtungsverhaltens bei unterschiedlichen raumklimatischen Zuständen durchgeführt. Bei allen Versuchen wurden kontinuierlich die Lufttemperaturen, die Luftfeuchtigkeiten und die Gewichtsabnahme der Steine infolge Feuchteverlust bei der Trocknung sowie bei Bedarf

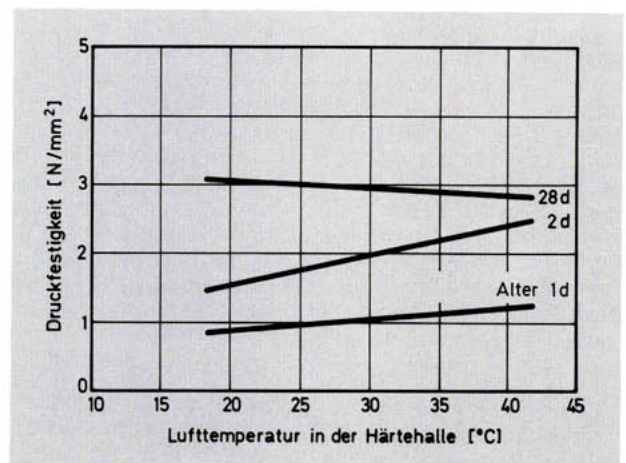


Bild 1: Druckfestigkeiten unterschiedlich lang erhärteter Leichtbetonsteine in Abhängigkeit von der Lufttemperatur in der Härtehalle.

die Luftgeschwindigkeiten, die Heizmittel- und die Steintemperaturen registriert. Aus mehreren Produktionszyklen wurden Steine so entnommen, daß ein repräsentativer Querschnitt des Steinzustandes durch die ganze Härtehalle entstand. An diesen Steinen wurde die Festigkeit zu verschiedenen Zeiten und nach 28 Tagen (Lagerung bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und 65 %) sowie die Steinrohddichten nach der Anlieferung, bei der Prüfung und nach der Trocknung bestimmt. Anhand der Meßergebnisse wurden die Einflußparameter auf das Erhärtungsverhalten analysiert. Der Temperaturbereich in der Produktionshalle erstreckte sich während des Meßzeitraumes von etwa  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

In Bild 1 sind die Druckfestigkeiten von Leichtbetonsteinen bei verschiedenen Lufttemperaturen in der Härtehalle und unterschiedlichen Lagerzeiten nach der Produktion der Steine dargestellt. Es ist ersichtlich, daß durch höhere Lufttemperaturen in der Härtehalle im wesentlichen nur die Frühfestigkeit der Steine erreicht wird. Wie eingangs beschrieben, verfügen diese nach 24 Stunden über eine Festigkeit von mindestens  $1 \text{ N/mm}^2$ , damit sie gefahrlos transportiert und gestapelt werden können. Dazu ist nach Bild 1 eine mittlere Lufttemperatur von mindestens  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  erforderlich.

System	konventionell	aktiv	hybrid	passiv
Kammer ungedämmt				
Kammer gedämmt				

Bild 2: Zusammenstellung der untersuchten Ausführungen der Härtekammern.

#### 4. Untersuchungsergebnisse baulicher und solartechnischer Varianten

Ob die erforderlichen Lufttemperaturen zur Reduzierung der Früherhärtungszeit durch andere als heiztechnische Maßnahmen sicherzustellen sind, wurde in einer Variantenanalyse der Härtekammern untersucht. Hierzu wurden sowohl bauliche als auch systemtechnische Einflüsse berücksichtigt. Baulich wurde eine wärmegeämmte Halle, systemtechnisch wurden aktive, hybride und passive Solarsysteme bewertet. Als aktives System wurde ein Luftkollektor auf dem Dach der Härtekammer gewählt. Für die Bewertung des hybriden und des passiven Systems wurden ein Glasdachaufbau auf der Härtekammer errichtet, von dem beim hybriden System über Ventilatoren, beim passiven System über freie Konvektion die Solarwärme in die Halle transportiert wird. In Bild 2 sind die untersuchten Ausführungen schematisch dargestellt.

Diese 8 Variationen wurden mit Hilfe einer Computerrechnung [2] energetisch bewertet. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind verallgemeinerungsfähig und lassen sich auf andere Hallenkonstruktionen übertragen. In Bild 3 sind die Verläufe der mittleren Lufttemperatur in der Härtekammer für die Monate Mai bis Oktober in Abhängigkeit vom untersuchten System dargestellt. Bild 3 links gilt für die ungedämmte, Bild 3 rechts für die gedämmte Härtekammer. Die Schraffur in den Bildern stellt das Spektrum zwischen der jeweils tiefsten und höchsten ermittelten Tagesmitteltemperatur in diesen Monaten dar. Aus den Diagrammen geht hervor, daß die Temperaturschwankungen in den Fällen mit der zusätzlichen Wärmedämmung in der Halle größer sind als in der ungedämmten Halle. Die Lufttemperaturerhöhung durch die Solarenergiesysteme ist bei der gedämmten Halle besonders deutlich ausgeprägt. Die Solarenergiesysteme unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Durch den Einsatz solarer Systeme bei zusätzlicher Wärmedämmung der Halle werden die Temperaturen zur Erreichung der Mindestkammerfestigkeit, zumindest in den Sommermonaten von Mai bis August, auf etwa 20 bis 25 Stunden verkürzt werden.

Die Untersuchungen wurden mit Unterstützung der Forschungsvereinigung der Rheinischen Bimsindustrie als Forschungsvorhaben der AJF (Projekt 6838) durchgeführt.

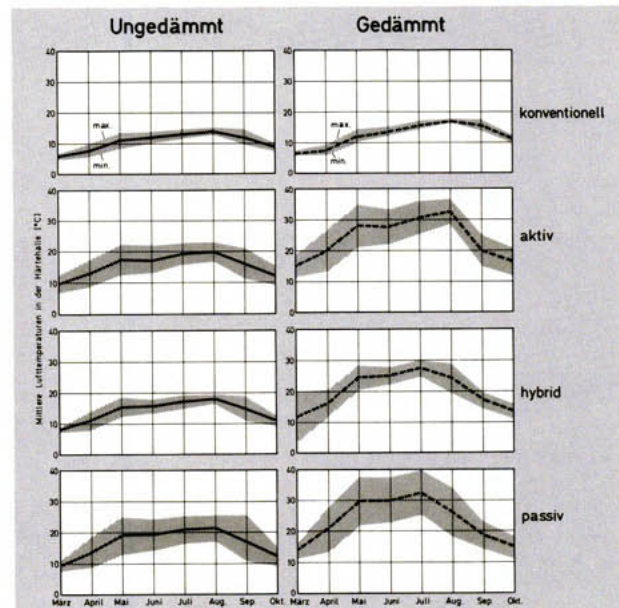


Bild 3: Jahreszeitliche Verläufe der Lufttemperaturen in der ungedämmten und der gedämmten Härtehalle für die untersuchten Varianten. Die schraffierten Bereiche stellen die monatlichen Maximal- und Minimalwerte dar, die Kurve gibt die Monatsmittelwerte wieder.

Aus den Untersuchungen konnte abgeleitet werden, daß auch in der Industrie Solarsysteme zur Substituierung von Heizenergie erfolgversprechend eingesetzt werden können. Bei künftigen Planungen sollte diese Energieversorgungsart als eine Alternative mitbedacht werden.

#### 5. Literatur

- [1] Erhorn, H.; Kelter, H.; Heinig, P. und Neunast, A.: Untersuchungen über die Erhärtung von Leichtbetonsteinen in geschlossenen Hallen bei verschiedenem Raumklima. Bericht WB 47/89 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, Stuttgart (1989), unveröffentlicht.
- [2] Palminter, L., Wheeling, T., Stricker, R.: SUNCODE-A Program User's Manual. Ecotope Groupe (1981). Programm-erweiterung, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, Juni 1989, unveröffentlicht.



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