

UNTERSUCHUNGEN DER OPTIMIERUNG DES WÄRMESCHUTZES VON HOCHLOCHZIEGELN

Sinan Korjenic ¹, Jürgen Dreyer ²

¹⁺² Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien, Karlsplatz 13/206, A – 1040, Österreich

¹Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Sinan Korjenic, Tel.: +43/1/58801 – 21511,

Fax.:+43/1/58801 – 21599, Email: skorjenic@hochbau.tuwien.ac.at

²O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dr. Jürgen Dreyer, Tel.: +43/1/58801 – 20650,

Fax.: +43/1/58801 – 20698, Email : juergen.dreyer@tuwien.ac.at

KURZFASSUNG

In dieser Arbeit wurden die Einflüsse unterschiedlich modellierter Hohlräume, Scherbendicken und Scherbendichten auf die äquivalente Wärmeleitfähigkeit von Hochlochziegeln untersucht und ausgewertet. Für die betrachteten Strukturen der Hochlochziegel mit rechteckigen und nicht rechteckigen Hohlräumen wurde die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Hochlochziegels als Funktion der Wärmeleitfähigkeit des Ziegelscherbens und der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Hohlräume ermittelt. Die Ergebnisse sind in entsprechenden Tabellen und Diagrammen dargestellt. Sie zeigen, dass hinsichtlich der Ausnutzung der wärmedämmenden Eigenschaften von Hohlräumen sehr gute Ziegelsteine zur Verfügung stehen.

ABSTRACT

The influences on the resulting equivalent thermal conductivities of the hollow bricks after modelling the shape of cavities, different thicknesses of the brick segments and different material densities are examined and analyzed. For some considered hollow bricks with rectangular cavities the equivalent thermal conductivities of the bricks were determined as a function of the thermal conductivities of different brick-materials and of the equivalent thermal conductivities of the cavities. The results are represented in the corresponding tables and diagrams. How the results of these investigations are showing, bricks with further optimised cavities are to be produced, but also the limitations of optimization are shown.

EINLEITUNG

Aufgrund des erforderlichen Umweltschutzes gewinnt ein erhöhter Wärmeschutz der Außenbauteile von Gebäuden zunehmend an Bedeutung. Dieses Ziel kann durch eine Verbesserung der Wärmedämmung der Außenwände, durch zusätzliche Dämmschichten oder durch ihre Kombination erreicht werden [Kup84]. Mauerwerke müssen neben der Erfüllung der Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit,

Schall- und Witterungsschutz usw. auch unterschiedliche Wärmeschutzanforderungen gewährleisten. Die Hersteller von Wandbausteinen, speziell in der Ziegelindustrie, haben eine Fülle von neuen Steinformen entwickelt [Els88]. Bei solchen Ziegelsteinen wird in erster Linie der wärmedämmende Einfluss von ruhender Luft durch den Einsatz von Hohlräumen ausgenutzt [Kön98]. Laut ÖNORM B 3200 werden die Ziegelsteine mit einem Lochanteil über 25% des Ziegelvolumens Hochlochziegel genannt.

ZIELE DER UNTERSUCHUNG

1. Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Hohlräume und Scherbendicken auf die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Hochlochziegels.
2. Änderung der äquivalenten Wärmeleitfähigkeit des inneren Hohlraumbereiches (Bild 1) in Abhängigkeit von Scherbenrohddichte und äquivalenter Wärmeleitfähigkeit der Hohlräume.
3. Erstellung eines Katalogs für die Herstellung von Hochlochziegeln.
4. Erforschung der minimalen äquivalenten Wärmeleitfähigkeit der Hochlochziegel.
5. Darstellung in Tabellen mit entsprechenden Flächendiagrammen, so dass ein Vergleich einfach und schnell möglich ist.

HOCHLOCHSTRUKTUR DES ZIEGELS

Der Hochlochziegel besteht aus zwei Teilen, die sich in ihrer Struktur und Hauptfunktion auf den ersten Blick leicht erkennen lassen (Bild 1). In der Regel sind die Hochlochziegel aus einem Umrandungsbereich und einem inneren Hohlraumbereich aufgebaut.

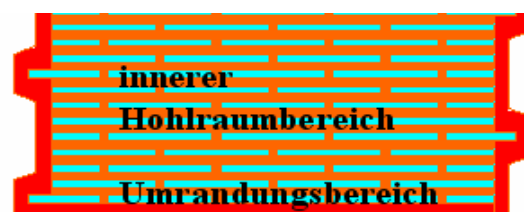


Bild 1: Teile des Hochlochziegels

Diese zwei Bereiche haben unterschiedliche wärmedämmende Eigenschaften und Funktionen. Der Umrandungsbereich hat eine Dicke zwischen 8 - 15 mm und ermöglicht durch seine Dicke, dass der Hochlochziegel die notwendige Druckfestigkeit erreicht. Flächenmäßig ist der innere Hohlraumbereich viel größer als der Umrandungsbereich und so spielt die größere Rolle im Bezug auf die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Steines. Die Hochlochziegel unterscheiden sich hauptsächlich durch den inneren Hohlraumbereich. Die guten wärmedämmenden Eigenschaften des Steines lassen sich durch den inneren Hohlraumbereich erreichen, den man auch als wärmedämmenden Teil betrachten kann.

STEIN- UND SCHERBENROHDICHTE

Bei Hohlblocksteinen unterscheidet man zwischen der Scherben- bzw. Betonrohddichte (Rohddichte des Stoffes) und der Steinrohddichte. Die Steinrohddichte bezieht sich auf das Gesamtvolumen des Steins einschließlich der Hohlräume im Stein. Bei der Scherbenrohddichte handelt es sich um die Rohddichte des Stoffes ohne das Volumen der Hohlräume. Aus diesem Grund betrachtet man Scherben meist als homogen. Die Scherbenrohddichte hängt in erster Linie von den chemischen Eigenschaften des Tons, der Porenstruktur, dem Trocknen und Brennen ab. Die Wärmeleitfähigkeit von homogenen Stoffen ist nur in trockenem Zustand eindeutig definiert [Kün85]. In feuchten Baustoffen tritt ein erhöhter Wärmetransport auf. Die Wärmeleitfähigkeit des Scherbens im Trockenenzustand wird gemäß ÖNORM B 3200 mit der nachfolgenden Formel ermittelt:

$$\lambda_{10,tr} = 0,429 \cdot \rho_{\text{Scherben}} - 0,262 \quad [W/mK]$$

Eine Senkung der Rohddichte des Steines durch Vergrößerung des Lochanteils oder durch Porosierung des Steinmaterials hat ihre Grenzen wegen der erforderlichen Druckfestigkeit und des Schallschutzes des Steins.

ÄQUIVALENTE WÄRMELEITFÄHIGKEIT VON HOHLRÄUMEN

Ein Luftraum gilt als ruhend und unbelüftet, wenn die Luft in ihm von der Umgebung abgeschlossen ist. In Hochlochziegeln gelten die Hohlräume deshalb als ruhend und unbelüftet und als solche werden sie in die Berechnungen einbezogen. Mit folgenden Hohlräumen wurde der innere Hohlraumbereich des Hochlochziegels berechnet. Alle folgenden Maße sind in Millimetern angegeben.

4 x 40,	5 x 40,	6 x 40,	7 x 40,	8 x 40
4 x 50,	5 x 50,	6 x 50,	7 x 50,	8 x 50
4 x 60,	5 x 60,	6 x 60,	7 x 60,	8 x 60
4 x 70,	5 x 70,	6 x 70,	7 x 70,	8 x 70
4 x 80,	5 x 80,	6 x 80,	7 x 80,	8 x 80

In den luftgefüllten Hohlräumen wurden die drei Transportmechanismen Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung berücksichtigt (gemäß EN ISO 6946). Die Anteile wurden zusammengefasst zu einer äquivalenten Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{\text{äqu}}$ des Hohlraumes. Für nicht rechteckige Hohlräume berechnet man die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wie für rechteckige, unter Beibehaltung derselben Fläche und desselben Längenverhältnisses.

RECHENMODELLE

In den durchgeführten Berechnungen wurde die Scherbendicke zwischen 4 mm und 9 mm variiert. Für 6 unterschiedliche Scherbendicken und 25 verschiedene Hohlräume ergeben sich 125 Kombinationen. Weiterhin wurde die Scherbenrohddichte zwischen 1200 kg/m³ und 1700 kg/m³ variiert, so dass sich in diesem begrenzten Spielraum 750 notwendige Berechnungen ergaben. Der Einfluss von Feuchte auf die Wärmeleitung ist gemäß EN 1745 mit dem Zuschlag für praktische Feuchte berücksichtigt. Es zeigt sich hier sehr deutlich, dass eine bessere Wärmedämmung durch schmale Hohlräume mit möglichst großer Lochreihenzahl erreicht werden kann. Bei Hochlochziegeln sind die Hohlraumstrukturen fluchtend oder versetzt im Querschnitt verteilt (Bild 2).

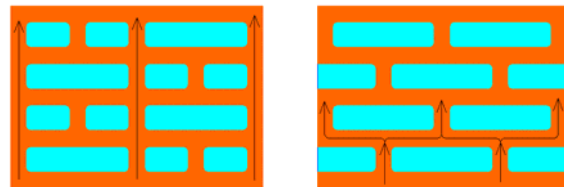


Bild2: Die fluchtende und versetzte Anordnung

Um die Berechnungen zu vereinfachen, wurde immer die kleinste Einheit aus dem inneren Hohlraumbereich des Hochlochziegels herausgenommen. So ist die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des Symmetrieelements gleichzeitig äquivalente Wärmeleitfähigkeit des inneren Hohlraumbereichs. Der Schnitt verläuft durch die Scherben und durch die Hohlräume und teilt beide in der Mitte. In einem Symmetrieelement bleiben Scherbendicke und Hohlraumgröße unverändert. Die Breite des Symmetrieelements ist gleich der Breite des Hohlraumes erhöht um die Scherbendicke.

AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNG

Die Rechenergebnisse für 750 Fälle sind in Tabellen mit entsprechenden Diagrammen dargestellt (Bild 3). Aus den Diagrammen ist leicht zu erkennen wie sich die äquivalente Wärmeleitfähigkeit des inneren Hohlraumbereichs in Abhängigkeit von der Hohlraumbreite und Dicke mit entsprechender Scherbenrohddichte ändert. Das Hauptziel dieser Untersuchung war es, einen Katalog für die

Ziegelindustrie insbesondere für Hochlochziegel zu erstellen.

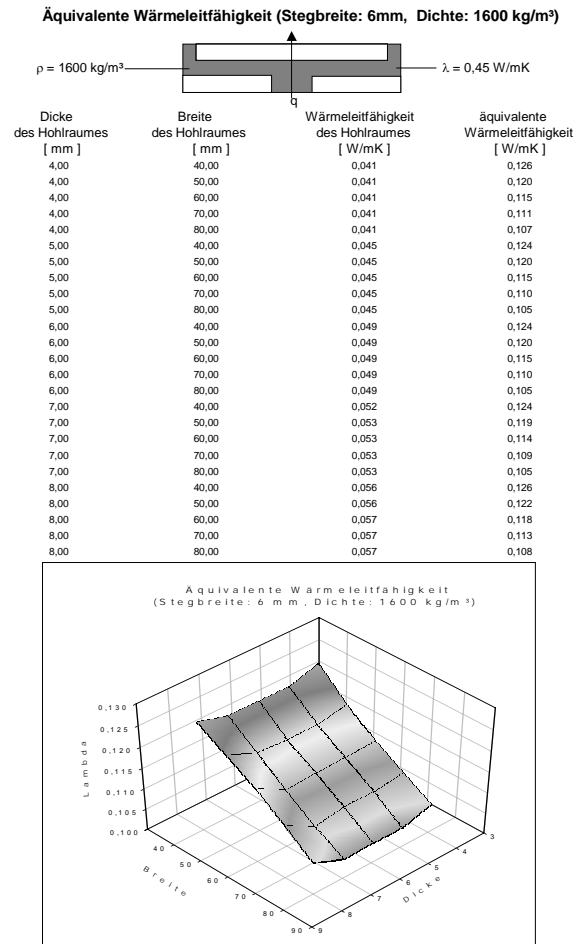


Bild 3: Katalog - eine Tabelle mit dem Diagramm

Welche Hohlraumgröße, Scherbendicke und Scherbenrohddichte für geplante neue Hochlochziegel ausgewählt werden, hängt von vielen Faktoren ab. Durch unterschiedliche Kombinationen von Hohlräumen, Scherbendicken und Scherbenrohddichten lassen sich gleiche wärmedämmende Eigenschaften erreichen. Die besten wärmedämmenden Eigenschaften weisen Hochlochziegel auf, die Hohlräume mit einer Breite von 60 - 80mm und einer Dicke von 5 - 7 mm haben. Hohlräume mit einer Dicke unter 4mm sind kaum machbar und bringen nur eine geringe Wärmedämmung. Die Hohlräume mit einer Dicke größer als 7 mm erweisen sich als ungünstig. Wie viele Symmetrieelemente in einer Einheit zusammengefasst werden, hängt von der gewünschten Steinlänge ab. Im inneren Hohlraumbereich werden nur gleiche Symmetrieelemente ausgewählt. Man kann mit unterschiedlichen Symmetrieelementen die gleiche Länge des inneren Hohlraumbereiches erreichen. Die Dicke (Breite) des Steines kann mit der Dicke des Symmetrieelements gewählt werden. Nach diesem Konzept kann man jede beliebige Größe des inneren Hohlraumbereiches auswählen. Wenn einen inneren

Hohlraumbereich für den Stein gewählt wurde, muss man noch einen entsprechenden Umrandungsbereich festlegen. Den Umrandungsbereich muss man für den konkreten Fall geeignet wählen. Die einfachste Lösung erreicht man, wenn man nur einen Streifen um den inneren Hohlraumbereich legt.

Bei folgendem Beispiel (Bild 4) sind 4 Symmetrieelemente mit Hohlräumen von 70x5 mm und einer Scherbendicke von 5 mm gewählt worden. Die Symmetrieelemente stellen einen inneren Hohlraumbereich dar. Der innere Hohlraumbereich hat die gleiche äquivalente Wärmeleitfähigkeit wie ein Symmetrieelement. Um den inneren Hohlraumbereich wird noch ein Umrandungsstegbereich mit einer Dicke von 10 mm gelegt. An den Stellen, wo sich Nut und Feder befinden, sind Hohlräume eingefügt. (Bild 4).

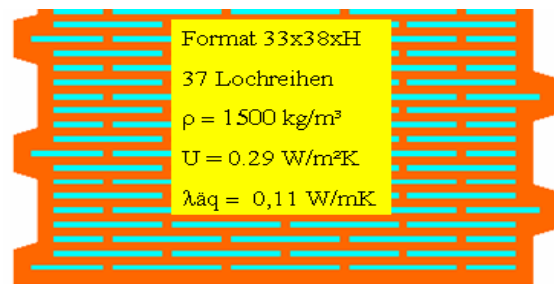


Bild 4: Hochlochziegel mit 4 Symmetrieelementen

Der Hochlochziegel vom Bild 4 hat 4 Symmetrieelemente, deren Länge je 75 cm beträgt. Dazu kommen seitlich je 1 cm für den Umrandungsbereich und 1 cm für Nut und Feder, so dass die gesamte Länge des Steines 33 cm beträgt. Die Breite des Steines und die Zahl der Lochreihen kann man frei auswählen. Der Stein vom Bild 4 hat eine Breite von 38 cm. Die Höhe des Steines ist frei zu wählen. Im vorliegenden Hochlochziegel hat ein Symmetrieelement eine äquivalente Wärmeleitfähigkeit von 0,095 W/mK für eine Rohddichte von 1500 kg/m³. Dieser Hochlochziegel hat eine berechnete äquivalente Wärmeleitfähigkeit von 0,11 W/mK. Die äquivalente Wärmeleitfähigkeit wurde aus dem U - Wert ($U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$) ermittelt.

LITERATUR

- Kupke Ch. und Schüle M.: 1984, Einfluss von Leichtmörtel auf die Wärmedämmung von Mauerwerk aus Hohlblockstein, Bauphysik 6,
- König N., 1998, Hohlräume in Mauerstein - wärmetechnisch optimiert, Fraunhofer- Institut.
- Elsner M., 1988, Wärme und Feuchte-transport in Hochlochziegel, Ziegelindustrie,
- Künzel H.M, 1985 Zur Frage des Zuschlages auf Messwerte der Wärmeleitfähigkeit zur Ermittlung des Wärmeschutzes von Baukonstruktionen, Fraunhofer - Institut