

D. Oswald, K. Bertsch

## Wärmetechnische Bauteiluntersuchungen für hybride Heizsysteme

### Einleitung und Aufgabenstellung

Zeitlich auftretende Energieüberschüsse, z.B. bei Solar-energiegewinnen oder internen Gewinnen, kann man dadurch besser nutzen, daß diese Überschüsse durch Hohlwände oder Hohldecken geleitet und so im Gebäude für Zeiten des Bedarfs gespeichert werden. Damit kann bei künftigen Hauskonzepten der erforderliche Heizenergiebedarf wesentlich reduziert werden. Darüberhinaus lassen sich Hohlbauteile auch für Kühlung im Sommer, für Be- und Entlüftungsanlagen und für Hausinstallation verwenden. Derartige Kombinationen aus baulichen und anlagentechnischen Komponenten heißen „Hybridsysteme“. Die Warmluft wird an der Südfassade mittels Luftkollektoren oder hinter einer transluzenten Wärmedämmschicht erzeugt.

Zunächst wurden einzelne, bereits auf dem Markt befindliche Hohlbauteile auf ihre Eignung untersucht, wobei ein möglichst breites Spektrum der verfügbaren Baustoffe herangezogen werden sollte. Wünschenswert sind ein hohes Speichervermögen für eine gute Ausnutzung der Solargewinne und eine möglichst große Phasenverschiebung zwischen Wärmeaufnahme und -abgabe, denn es wird davon ausgegangen, daß zur Zeit maximaler Wärmeaufnahme auch direkte Solargewinne durch die Fenster entstehen und dann der Heizenergiebedarf reduziert ist. Es werden die für diese Anwendung wichtigsten Eigenschaften von vier Wand- und zwei Deckenbauteilen angegeben sowie experimentell ermittelte Energiebilanzen beim Be- und Entladen im instationären Zustand an einem strahlungsreichen Tag vorgestellt.

### Versuchsaufbau und Durchführung

Im Experiment (vgl. Bild 1) wurde der Luftkollektor durch ein regelbares Heizelement simuliert, der Luftmengen-durchsatz erfolgte durch regelbare Ventilatoren. In der 7-stündigen Ladephase (entsprechend der durchschnittlichen Sonnenscheindauer in einer Heizperiode) wurde die Temperatur von 20°C auf 45°C angehoben. Die Luftgeschwindigkeit in den Kanälen wurde zwischen 1,0 m/s und 2,0 m/s variiert. Eine Klimakammer sorgte für eine gleichbleibende Umgebungstemperatur von 20°C. Die Wärme-

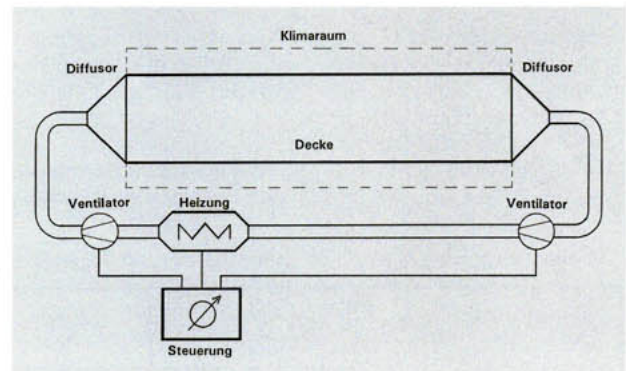


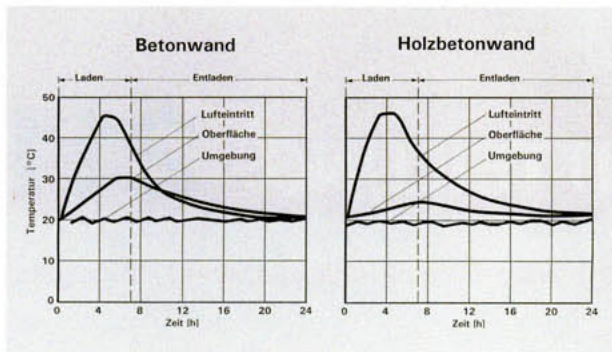
Bild 1: Schematischer Versuchsaufbau zur Messung von Energiebilanzen von Hohlbauteilen am Beispiel des Deckenprüfstandes

abgabe der Wände erfolgte nach beiden Seiten entsprechend der Anwendung für Innenwände, die Wärmeabgabe der Decken erfolgte lediglich nach unten. Die Wandhöhe betrug 2,50 m und die Deckenlänge 4,70 m. Alle Bauteile hatten eine Breite von 1 m, wobei die Stirnseiten gedämmt waren, damit das 1 m breite Bauteil im Experiment sich wie in einer gesamten Wand oder Decke verhielt. Mit den installierten Meßfühlern für Temperaturen und Wärmestromdichten konnten für jeden Zeitraum Energiebilanzen für das Bauteil aufgestellt werden.

### Ergebnisse

Tabelle 1 gibt die Abmessungen, Stoffeigenschaften und die Energiebilanzen der untersuchten Bauteile bei wechselnden Luftgeschwindigkeiten wieder. In der Ladephase muß die Summe der von der Oberfläche abgegebenen und der eingespeicherten gleich der über die Warmluft in den Kanälen aufgenommenen Wärmeenergie sein. In der anschließenden Entladephase wurden Ventilator und Heizelement abgestellt. Die vorher eingespeicherte Energie wird unter Abkühlung über die Oberflächen an die Umgebung wieder abgegeben. Die vom Bauteil aufgenommene Energie wird in der Praxis vom Kollektor geliefert. Die in der





**Bild 2:** Zeitliche Temperaturverläufe in der Mitte der Beton- und Holzbetonwand während des Lade- und Entladevorganges

Entladephase von der Oberfläche abgegebene Wärmeenergie wird als die eigentliche Nutzenergie angesehen. Die Nutzenergie steigt bei allen Bauteilen mit zunehmender Geschwindigkeit an. Sie nimmt baustoffspezifisch ab in der Reihenfolge Beton, Kalksandstein, Bimsbeton und Holzbeton bei den Wänden, wobei das Spektrum der aufgenommenen Energiewerte von 1,6 kWh bis 5,0 kWh reicht. Bei den Decken nimmt der Beton die größere Energiemenge auf, die Energiewerte reichen hier von 3,0 kWh bis 4,7 kWh. Der Anteil der Nutzenergie beträgt bei der mittleren Luftgeschwindigkeit von 1,5 m/s 49/60/48/72 % bei den Beton/Kalksandstein/Bimsbeton/Holzbeton-Wandbauteilen und 62 bzw. 45 % bei der Beton- bzw. Ziegeldecke. Der vergleichsweise hohe Nutzenergieanteil der Holzbetonwand ist auf die kleinere Wärmeabgabe in der Ladephase infolge der vergleichsweise geringen Wärmeleitfähigkeit des Materials zurückzuführen.

In einigen Fällen treten in den Energiebilanzen geringfügige Differenzen auf, die auf in der Bilanz nicht erfassbare

experimentelle Unvollkommenheiten zurückzuführen sind. In der Ladephase sind das z.B. Undichtigkeiten oder Standflächenverluste der Wände. In der Entladephase treten bei den Wänden Verluste durch einen sich selbst einstellenden Luftstrom bei abgeschaltetem Ventilator (Kamineffekt) auf, der sich besonders bei der Betonwand auswirkt und dort den Nutzenergieanteil verkleinert. Bei den Decken sind die Differenzen in der Energiebilanz im wesentlichen auf die Verluste durch die gedämmte Oberseite zurückzuführen, die hier nicht gesondert aufgeführt wurden.

In Bild 2 sind die Zeitverläufe der Temperaturen der einströmenden Warmluft, der Wandoberfläche und der Umgebung für die Beton- und die Holzbetonwand einander gegenübergestellt. Bei etwa gleichen Randbedingungen beträgt die Verschiebung zwischen dem Maximum der Wärmeaufnahme (gegeben durch die Eintrittstemperatur der Warmluft) und der Wärmeabgabe (repräsentiert durch die Oberflächentemperatur) bei der Betonwand etwa 2 h und bei der Holzbetonwand etwa 4 h.

### Zusammenfassung

Von den untersuchten Materialien nimmt Beton die größte Wärmeenergie auf. Baustoffe mit kleinerer Wärmeleitfähigkeit können bei geringerer Wärmeaufnahme eine größere Zeitverschiebung zwischen Wärmeaufnahme und -abgabe und damit einen höheren Nutzenergieanteil erreichen. Für die optimale Dimensionierung eines Gebäudes mit hybridem Heizsystem sind jedoch weitere experimentelle und theoretische Untersuchungen an einem Gesamtsystem, bestehend aus Kollektor, Decke und Wand, notwendig. Diese Untersuchungen werden in der nächsten Projektphase durchgeführt. Hybride Heizsysteme bedeuten einen wichtigen Schritt in Richtung Niedrigenergiehäuser.

**Tabelle 1:** Abmessungen, Stoffeigenschaften und Tagesenergiebilanzen der untersuchten vier Wand- und zwei Deckenbauteile

Bauteil	Abmessung der Hohlräume	Material-eigenschaften	Tagesenergiebilanzen									
			Luftgeschwindigkeit [m/s]	Ladephase			Entladephase					
				Aufgenommene Energie [kWh]	Abgegebene Energie [kWh]	Gespeicherte Energie [kWh]	Abgegebene Energie [kWh]	Ausgespeicherte Energie [kWh]				
minimaler Randabstand [cm]	hydraulischer Durchmesser [cm]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]									
Wände	Betonwand		3,8	6,3	2168	2,10	1,1 1,7 2,3	3,7 4,3 5,0	1,2 1,4 1,5	2,5 2,8 3,1	2,0 2,1 2,3	-2,5 -2,7 -3,1
	Kalksandsteinwand		2,8	5,8	1680	0,99	1,0 1,5 2,1	2,6 3,5 4,4	0,9 1,3 1,6	1,7 2,2 2,5	1,6 2,1 2,4	-1,6 -2,2 -2,5
	Bimsbetonwand		4,8	9,1	1200	0,44	1,0 1,5 2,0	2,8 3,1 3,4	0,9 1,0 1,2	1,6 1,7 1,9	1,3 1,5 1,6	-1,6 -1,7 -1,9
	Holzbetonwand		8,0	9,0	1500	0,35	1,0 1,5 2,0	1,6 1,8 1,9	0,4 0,5 0,5	1,2 1,3 1,4	1,2 1,3 1,4	-1,2 -1,3 -1,4
Decken	Betondecke		5,0	14,0	2400	2,10	1,0 1,5	4,0 4,7	1,0 1,4	2,9 4,0	2,1 2,9	-2,7 -3,8
	Ziegelmontagedecke		1,5	5,8	1400	0,52	1,0 1,5 2,0	3,0 4,2 4,6	0,9 1,4 1,5	1,8 2,4 2,8	1,2 1,9 2,0	-1,7 -2,3 -2,7

Die Untersuchungen wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
 Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis  
 7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)970-00  
 8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:  
 SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU  
 der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des  
 Fraunhofer-Instituts für Bauphysik