

Erhöhter Wärmeschutz mit Betonbauweisen *)

Von Wolfgang Schulze, Wiesbaden

Übersicht

Mehr als ein Drittel des Rohenergiebedarfs der Bundesrepublik wird für Raumheizungen aufgewendet. Aus energieökonomischen und -politischen Gesichtspunkten ist es daher notwendig geworden, den Wärmeverlust bei Gebäuden durch verbesserte bauliche Wärmeschutzmaßnahmen zu reduzieren.

Der Beitrag behandelt die Forderungen für eine erhöhte Wärmedämmung im Sinne des 1975 herausgegebenen Beiblattes zu DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau, Erläuterungen und Beispiele für einen erhöhten Wärmeschutz“. Sie entsprechen etwa den 2- bis 4fachen Mindestanforderungen der DIN 4108, Fassung 1969.

Mit den verschiedenen Betonbauweisen lassen sich alle diese Anforderungen wirtschaftlich erfüllen, weil eine große Zahl von zementgebundenen Baustoffen mit entsprechenden bauphysikalischen und konstruktiven Eigenschaften zur Verfügung steht.

An drei Beispielen — mehrschichtige Wand aus Normalbeton, einschichtige Wand aus gefügedichtem Leichtbeton und einschichtige Wand aus Leichtbeton-Mauersteinen — wird die erhöhte Wärmedämmung nachgewiesen.

1. Allgemeines

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für ein angenehmes und gesundes Raumklima ist der Wärmeschutz für Hochbauten. Seine richtige Bemessung und Auslegung nimmt entscheidenden Einfluß auf die Wohnbehaglichkeit und das Wohlbefinden des Menschen sowie auf die Wirtschaftlichkeit der Gebäudeherstellungs- und Betriebskosten.

Die Aufgaben des Wärmeschutzes sind,

- a) dem Menschen ein behagliches Innenraumklima zu sichern,
- b) Gesundheits- und Bauschäden durch Feuchtigkeitseinfluß zu verhindern,
- c) wirtschaftliche Gebäudeherstellungs- und Betriebskosten zu erzielen.

*) Nach einem Vortrag auf der Technisch-wissenschaftlichen Tagung des Vereins Deutscher Zementwerke vom 24. bis 26. September 1975 in Stuttgart.

Durch die Energiekrise ist für die Planung ein neuer Gesichtspunkt hinzugekommen: Energieersparnis durch zusätzliche bauliche Wärmedämmmaßnahmen, die allerdings über die Wirtschaftlichkeit des Bauvorhabens hinausgehen können.

Die wärmeschutztechnische Funktion kommt allen raumabschließenden Außenbauteilen zu, d. h. Dach, Außenwänden und Kellerfußboden. Ihre Aufgabe ist, das angestrebte Raumklima, das im wesentlichen von der Raumlufttemperatur, der Luftbewegung und der Temperatur der Innenwandoberflächen sowie vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängt, weitgehend zu erhalten und äußere Einflüsse, wie Sonneneinstrahlung, hohe und niedrige Temperaturen, Wind, Niederschlag, abzuhalten sowie Feuchtigkeit an den Innenflächen der Außenbauteile zu vermeiden.

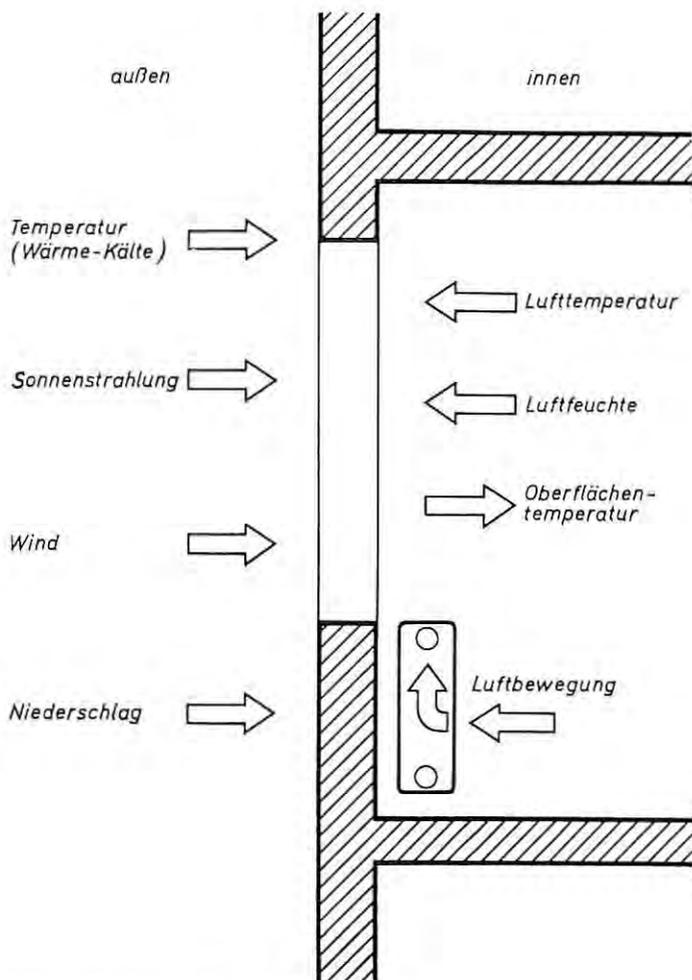


Bild 1 Einflüsse auf die Außenwand

Aus den im Bild 1 dargestellten äußeren und inneren Einflüssen ergeben sich für die Außenbauteile folgende Aufgaben:

- Wärmedämmung,
- Temperaturträgheit (Phasenverschiebung, Amplitudendämpfung, Wärmespeicherung),
- klimabedingter Feuchtigkeitsschutz (Niederschlag und Kondensat).

2. Technische Bedeutung des Wärmeschutzes

In der Vergangenheit wurde Wärmeschutz häufig als Wärmedämmung interpretiert. Die bauphysikalische Bemessung eines Außenbauteils erfolgte oft nach dem Wärmedurchgang allein.

Zur Beurteilung des Wärmeschutzes ist es jedoch notwendig, alle übrigen Wärmeschutzfaktoren wie das diffusionstechnische Verhalten, die Temperaturträgheit, also Phasenverschiebung, Amplitudendämpfung, Wärmespeicherung und den klimabedingten Feuchteschutz in die Betrachtungen einzubeziehen.

Untersuchungen maßgebender Fachleute ergaben, daß der Hauptteil der Bauschäden auf Feuchtigkeitsschäden und zum größten Teil auf Kondensatbildung im Querschnitt und unzureichendem diffusionstechnischen Verhalten der Außenbauteile beruht [1, 2].

Die Vernachlässigung der Temperaturträgheit und damit auch der Wärmespeicherung kann insbesondere bei leichteren Bauweisen zu ungünstigen klimatischen Verhältnissen im Innenraum führen. Während sich schwere Bauweisen wegen ihres guten Wärmespeichervermögens günstig verhalten, können leichte Bauweisen, denen der thermische Puffer in Form des Wärmespeichers fehlt, die Witterungsschwankungen im Tagesablauf sehr schnell an die Raumluft übertragen und ein Innenraumklima erzeugen, das häufig als Barackenklima bezeichnet wird. Der Wärmespeicher dagegen hat die Eigenschaft, während des Heizens Wärmeenergie aufzunehmen und beim Abkühlen der Umgebungsluft die gespeicherte Wärme wieder abzugeben. Die Kapazität des Speichers hängt von der Masse des Bauteiles und der spezifischen Wärme des verwendeten Baustoffs ab.

Bei homogenen Betonbauweisen und mehrschichtigen Betonquerschnitten sowie bei Sandwichkonstruktionen ergibt das Produkt aus spezifischer Wärme und Masse eine gute Wärmespeicherfähigkeit. Gegenüber leichten Bauweisen sind sie daher weniger temperaturanfällig, also thermostabiler, und wirken bei Temperaturänderungen gleichmäßig regulierend auf die Raumluft.

Den wärmedämmtechnischen Betrachtungen liegen konstante Außen- und Innentemperaturen, also stationäre Zustände, zugrunde. Tatsächlich ist jedes Außenbauteil wechselnden Temperatureinwirkungen, demnach instationären Zuständen, unterworfen, z. B. den Differenzen zwischen Tag und Nacht.

Winterliche Temperaturschwankungen können über die Heizungsanlagen aufgefangen werden. Im Sommer sollen unerwünschte Temperaturanstiege – in erster Linie Sonneneinstrahlung – jedoch durch die Außenbauteile aufgenommen und reguliert werden.

Ein Außenbauteil soll die durch Sonneneinstrahlung entstehenden Temperaturwellen beim Durchdringen seines Querschnittes stetig verkleinern. Das bedeutet, die Amplituden der Temperaturwellen sollen mittels der Temperaturträgheit des Bauteils auf ein Minimum gedämpft werden. Dieser Vorgang wird als Amplitudendämpfung und der für das Durchdringen des Querschnittes erforderliche Zeitraum als Phasenverzögerung bzw. Phasenverschiebung bezeichnet.

Eine anschauliche Größe zur Beurteilung der Temperaturträgheit ist das Temperatur-Amplituden-Verhältnis $TAV = \gamma = \frac{A_i}{A_a}$. Es zeigt

an, in welchem Verhältnis die auf der Außenseite eines Bauteiles entstehenden Temperaturwellen auf der Innenseite spürbar werden und das Raumklima beeinflussen [3].

Erstrebenswert ist für die Außenwand ein Amplitudenverhältnis unter 0,25, d. h. auf der Innenseite der Außenwand sollen höchstens 25 % der auf der Außenseite auftretenden Temperaturschwankungen spürbar werden.

Die geschilderten Zusammenhänge sind in Bild 2 dargestellt.

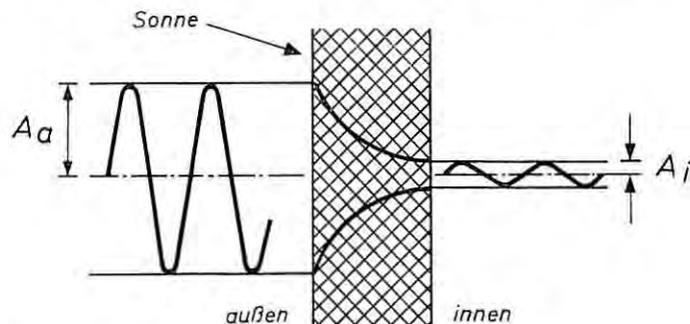


Bild 2 Temperatur-Amplituden-Dämpfung, ausgedrückt durch das Temperatur-Amplituden-Verhältnis (TAV)

3. Bauvorschriften für Wärmeschutz

3.1. DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“

Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz regelt die DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“, Fassung 1969. Allerdings beschränkt sie sich im wesentlichen auf Wärmedämmanforderungen für Einzelbauteile der Gebäude, die erfüllt werden müssen, um ein hygienisch einwandfreies Innenraumklima zu gewährleisten und Bauschäden durch Tauwasserbildung zu vermeiden.

Da in Zukunft neben der Wärmedämmung auch alle vorher aufgeführten Wärmeschutzfaktoren zu berücksichtigen sind, ist eine Neubearbeitung dieser Norm eingeleitet worden. Inzwischen entstanden unter dem Druck der Energiekrise und damit verbundener Sorgen um die langfristige Energieversorgung als Sofortmaßnahmen zwei Vorlagen für einen höheren Wärmeschutz:

- Ergänzende Bestimmungen zu DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“, Fassung Oktober 1974. Sie sind verbindlich.

- Beiblatt zu DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau, Erläuterungen und Beispiele für einen erhöhten Wärmeschutz“, Fassung November 1975, mit zunächst empfehlendem Charakter.

Es muß damit gerechnet werden, daß auch das Beiblatt bei öffentlichen bzw. öffentlich geförderten Bauvorhaben verbindlich vorgeschrieben wird bzw. über eine Rechtsverordnung eingeführt wird. Es ist zu erwarten, daß die Anforderungen dieses erhöhten Wärmeschutzes in die Neufassung der DIN 4108 aufgenommen werden.

Tafel 1 gibt eine tabellarische Übersicht über die Anforderungen beider Vorlagen wieder.

Tafel 1 Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz

Bauvorschriften	Bauteile	Anforderungen		
DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ Ergänzende Bestimmungen zu DIN 4108	Außenwände, nicht transparente Flächen	Wärmedämmgebiete	$1/\Lambda$ $\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ kcal	k $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}}$
		I + II	0,55	1,35
		III	0,65	1,19
	Fenster	$k_F \leq 3,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$		
	Außenwände einschließlich transparenter Flächen pro Vollgeschoß	$k_{F+W} \leq 1,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$		
Beiblatt zu DIN 4108	Summe aller wärmetauschenden Flächen eines Gebäudes	wie vor und $k_{m,\text{max}}$ in Abhängigkeit von der Gebäudegeometrie F/V		

Die wesentlichsten Neuerungen sind:

3.2. Ergänzende Bestimmungen zu DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“, Fassung Oktober 1974

Das bisher als Wärmedämmgebiet I ausgewiesene Gebiet ist nunmehr dem Wärmedämmgebiet II gleichgesetzt. Der Mindestwärmedurchlaßwiderstand für Außenwände beträgt $\frac{1}{\Lambda} = 0,55 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal}$, das entspricht einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $1,35 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$. Dieser Wert wird beispielsweise mit einer 24 cm dicken Wand aus Leichtbeton-Mauersteinen erreicht.

Für das Wärmedämmgebiet III bleibt die bisherige Mindestanforderung bestehen. Der Mindestwärmedurchlaßwiderstand für Außenwände beträgt $\frac{1}{\Lambda} = 0,65 \text{ m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C/kcal}$. Er entspricht einem Wärmedurchgangskoeffizienten von $1,19 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$. Dieser Wert wird u. a. mit einer 30 cm dicken Wand aus Leichtbeton-Mauersteinen erzielt.

Für alle Fenster von Aufenthaltsräumen einschließlich ihrer Nebenräume sind mindestens Fenster mit doppelter Verglasung und einem maximalen Wärmedurchgangskoeffizient $k = 3,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ vorzusehen. Fenster mit Einfachverglasung dürfen nicht mehr verwendet werden.

Damit wird den Fenstern wesentlich mehr Bedeutung als früher beigemessen. Sie werden nunmehr sowohl in ihrer Ausführung (siehe Tafel 2) als auch im Flächenanteil an der Gesamtläche mit

Tafel 2 Wärmedurchgangskoeffizient k_F für Fenster und Fenstertüren¹⁾ in Abhängigkeit von der Verglasung und dem Rahmenmaterial

Zeile	Verglasung	Wärmedurchgangskoeffizienten k_F in $\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$		
		Rahmenmaterial-Gruppe		
		1 (z. B. Holzfenster, Kunststofffenster [PVC], Holzkombinationen) $\lambda < 0,3$ $\frac{\text{kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}}$	2 (z. B. wärme- gedämmte Aluminium- verbund- und Stahl- profile) $\lambda \approx 0,3$ bis $1,0$ $\frac{\text{kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}}$	3 (z. B. Aluminium, Stahl, Beton) $\lambda > 1,0$ $\frac{\text{kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}}$
1	Isolierverglasung 6 mm Luftzwischenraum	2,8	3,0	
2	Isolierverglasung ²⁾ 12 mm Luftzwischenraum	2,6	2,8	3,0
3	3fach-Verglasung ²⁾ mit 2 x 12 mm Luftzwischenraum	1,6	1,8	2,0
4	Doppelvergl. mit Luftzwischenraum $2 \text{ cm} < s < 4 \text{ cm}$	2,2	2,4	2,6
5	Doppelvergl. mit Luftzwischenraum $4 \text{ cm} < s < 7 \text{ cm}$	2,0	2,2	2,4
6	Doppelfenster Luftzwischenraum $\geq 7 \text{ cm}$	2,2		
7	Glasbausteinwand nach DIN 4242 mit Hohlglasbausteinen nach DIN 18 175, 80 mm dick			3,0

¹⁾ Die angegebenen k_F -Werte gelten

für Fenster $< 5,0 \text{ m}^2$ mit einem Rahmenanteil $\leq 25 \%$

$\geq 5,0 \text{ m}^2$ mit einem Rahmenanteil $\leq 15 \%$

und Fenstertüren $\geq 2,0 \text{ m}^2$ mit einem Rahmenanteil $\leq 25 \%$

Bei Fenstern mit wesentlich größerem Rahmenanteil ist der k_F -Wert durch Prüfzeugnis nachzuweisen. (Bauaufsichtlich gefordert ab 1. 1. 1978)

²⁾ Bei Anwendung von Isolierverglasungen (z. B. Sonnenschutzglas) ist für den Fall, daß kleinere Werte k_F angewendet werden sollen, der Nachweis über ein Prüfzeugnis zu führen.

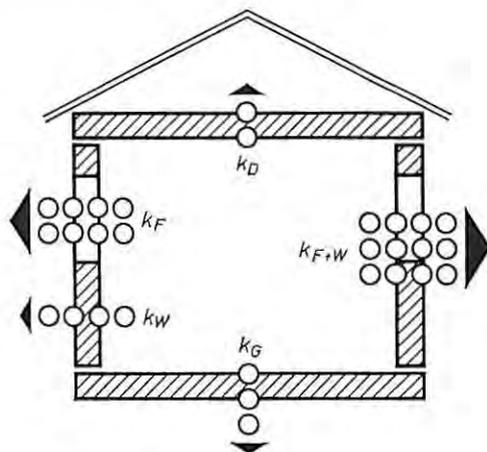
offiziellen Daten in die Beurteilung des Wärmeschutzes einbezogen. Diese Maßnahme ist richtig. Denn die Einfachverglasung, deren Wärmedurchgangskoeffizient $k = 5,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ beträgt, ist wärmetechnisch so ungünstig, daß zusätzlich erhöhte Wärmedämmmaßnahmen in den restlichen Wandbereichen praktisch wirkungslos bleiben.

Um den gemeinsamen Einfluß von Fenster und Wand zu erfassen und beurteilen zu können, wird für Außenwände ein mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient k_{F+W} neu eingeführt. Er errechnet sich aus den einzelnen k -Werten der in der Außenwand verwendeten Baustoffe und ihres Flächenanteils, d. h. aus dem Fenster- und Wandanteil.

Die Darstellung in Bild 3 zeigt symbolisch den gemeinsamen Einfluß von Fenster und Wand auf den Wärmedurchgang durch die Außenwand. Links sind k_F für das Fenster und k_W für die Wand einzeln und rechts für Fenster und Wand gemeinsam symbolisch dargestellt. Dieser mittlere Wärmedurchgangskoeffizient k_{F+W} darf höchstens $1,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ pro Vollgeschoß betragen.

Bild 3

Symbolische Darstellung des aus Fenster- (k_F) und Wandanteilen (k_W) resultierenden mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten k_{F+W} gemäß den Ergänzenden Bestimmungen zu DIN 4108, Fassung Oktober 1974



$$k_{F+W} = \frac{k_F \cdot F_F + k_W \cdot F_W}{F_F + F_W} \leq 1,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

pro Vollgeschoß

3.3. Beiblatt zu DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau, Erläuterungen und Beispiele für einen erhöhten Wärmeschutz“, Fassung November 1975

Wesentlich erhöhte Forderungen stellt das Beiblatt zu DIN 4108. Gegenüber der DIN 4108, Fassung 1969, sowie den „Ergänzenden Bestimmungen“ zu DIN 4108, die nur Mindestanforderungen an die einzelnen Bauteile stellen, bezieht das Beiblatt den Wärmeschutz auf das gesamte Gebäude. Er beträgt etwa das 2- bis 4fache des Mindestwärmeschutzes. Das Beiblatt hat zum Ziel, langfristig den Energiebedarf für Raumheizungen um rd. 20 bis 40 % zu senken.

Es werden nicht nur Einzelbauteile, sondern alle wärmeübertragenden Begrenzungsflächen eines Gebäudes, also alle 6 Flächen, d. h. alle 4 Außenwände, Dach- und Kellerbereich, in die Beurteilung eingeschlossen. Bild 4 zeigt symbolisch den Wärmedurchgang im Bereich aller wärmetauschenden Begrenzungsflächen, d. h. den Transmissionswärmeverlust des gesamten Gebäudes. Er wird als mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient k_m bezeichnet.

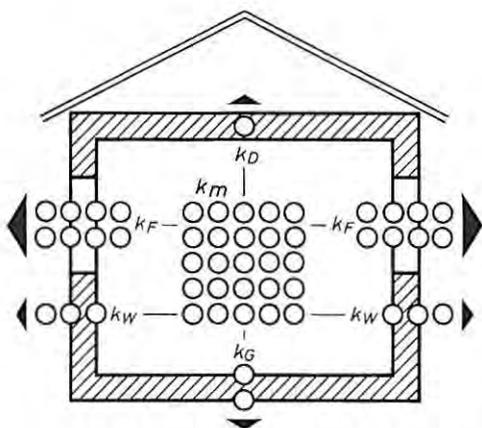


Bild 4

Symbolische Darstellung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten k_m eines Gebäudes, resultierend aus den wärmetauschenden Flächen gemäß Beiblatt zu DIN 4108, Fassung Juli 1975

$$k_m = \frac{k_W \cdot F_W + k_F \cdot F_F + 0,8 \cdot k_D \cdot F_D + 0,5 \cdot k_G \cdot F_G}{F_W + F_F + F_D + F_G}$$

Verständlicherweise beeinflusst die geometrische Form eines Gebäudes, d. h. das Verhältnis von Gebäudeoberfläche F zum Gebäudevolumen V , den Wärmeverlust. Deshalb werden in Abhängigkeit von F/V Richtwerte für maximale mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten im Beiblatt angegeben, die nach Möglichkeit nicht überschritten werden sollen. Daneben hat das Beiblatt die Bedingungen der „Ergänzenden Bestimmungen“ zu DIN 4108, Fassung Oktober 1974, übernommen (vgl. Abschnitt 3.2).

4. Beispiele für wärmetechnisch richtiges Bauen

Mit Betonbauweisen sind die Anforderungen der geltenden Vorschriften stets zu erfüllen [4, 5]. Es steht eine große Palette von zementgebundenen Baustoffen mit entsprechenden bauphysikalischen und konstruktiven Eigenschaften zur Verfügung.

Für Keller und Dachdecken eignen sich alle bewährten Ortbeton- oder Fertigteilibauweisen. Für Außenwände werden die üblichen Normalbeton-Sandwichkonstruktionen und andere zusammengesetzte Konstruktionen mit zusätzlicher Wärmedämmschicht sowie Leichbeton-Bauweisen aus natürlichen oder künstlich hergestellten Leichtzuschlägen [6] oder Porenbetone verwendet.

Den Architekten und Ingenieuren werden damit Baustoffe an die Hand gegeben, die je nach Gebäude, Nutzungszweck und Bau-

stoffeigenart wärmetechnisch sinnvolle, bauphysikalisch richtige und wirtschaftliche Konstruktionen ermöglichen. In der Praxis sind bei der Auswahl der Baustoffe und Art der Bauteile selbstverständlich die örtlichen Gegebenheiten, die Herstellungskosten und Fragen der Wirtschaftlichkeit mit einzubeziehen.

An drei Beispielen der Betonbauweisen wird der erhöhte Wärmeschutz, der den Vorschriften entspricht, dargestellt. Für Dach- und Kellerdecken sind übliche Normalbetonkonstruktionen vorgesehen; hierfür eignen sich sämtliche Ortbeton- und Fertigteil-Systeme.

Von den für Außenwände bekannten Bauweisen sind drei Varianten

- Sandwichkonstruktion mit eingelegter Wärmedämmschicht,
- gefügedichter Leichtbeton,
- Mauerwerk aus Leichtbetonsteinen

gewählt worden.

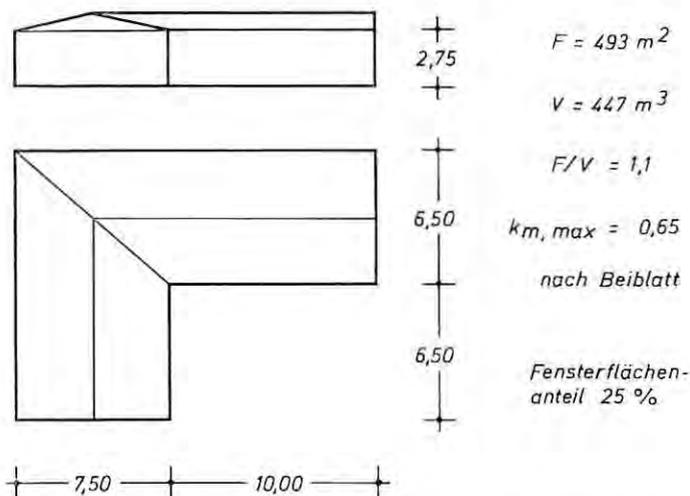


Bild 5 Einfamilienhaus, Typ Bungalow, Berechnungsgrundlage für die Beispiele 1 bis 3

Der Betrachtung liegt ein Bungalow als Einfamilienhaus zugrunde, das normalerweise 25% Fensterflächenanteil besitzt. Die Gebäudegeometrie dieses Hauses läßt beispielsweise gegenüber einem kompakten Gebäude einen höheren Wärmeverlust erwarten. Es sind höhere Ansprüche an die Wärmedämmung zu stellen. Das Verhältnis F/V beträgt 1,1 und damit der maximale mittlere Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes nach Beiblatt $k_m = 0,65 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ (siehe Tafel 3). Alle drei Beispiele sollen dieser Forderung entsprechen.

Die jeweils gewählten Querschnitte für Dachdecke und Außenwand sind in den Bildern 6 bis 8 dargestellt. Bild 9 gibt eine symbolische Gegenüberstellung der jeweils durch die geänderten Baumaßnahmen veränderten Wärmedurchgänge wieder.

Tafel 3 Maximaler mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient $k_{m, \max}$ in Abhängigkeit vom Wert Umfassungsfläche/Volumen (F/V) des Bauwerkes nach Beiblatt zu DIN 4108

F/V) m^{-1}	$k_{m, \max}$) $kcal/m^2 h \text{ } ^\circ C$	F/V) m^{-1}	$k_{m, \max}$) $kcal/m^2 h \text{ } ^\circ C$
$\leq 0,195$	1,35	$\leq 0,70$	0,76
0,20	1,30	0,75	0,74
0,25	1,16	0,80	0,72
0,30	1,07	0,85	0,70
0,35	1,00	0,90	0,69
0,40	0,95	0,95	0,68
0,45	0,91	1,00	0,67
0,50	0,87	1,05	0,66
0,55	0,84	1,10	0,65
0,60	0,81	1,15	0,64
0,65	0,78	$\geq 1,20$	0,63

) Zwischenwerte sind geradlinig zu interpolieren.

4.1. Mehrschichtige Wand aus Normalbeton

Beispiel 1 (siehe Bild 6) sieht eine Außenwand-Sandwichkonstruktion vor, bestehend aus

- 6 cm Betonvorsatzschale
- 4 cm Wärmedämmplatte
- 14 cm Normalbetonschale und
- 1,5 cm Kalkzementputz

Dieser Querschnitt weist einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ C$ auf. Er berücksichtigt nicht die bei Fertigteilen durch Anker sich ergebenden Wärmebrücken. Sie sind separat zu betrachten, und ihr Einfluß auf die Wärmedämmung und Kondensatbildung ist besonders nachzuweisen, um Feuchtigkeits- und Folgeschäden zu vermeiden [7, 8, 9].

Für die Dachdecke wurden zugrunde gelegt

- 5 cm Zementestrich
- 6 cm Wärmedämmplatte
- 20 cm Stahlbeton
- 1,5 cm Kalkzementputz

Der Wärmedurchgangskoeffizient beträgt $k_D = 0,53 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ C$.

Für die Kellerdecke wurden zugrunde gelegt

- 5 cm Zementestrich
- 3 cm Wärmedämmplatte
- 20 cm Stahlbeton
- 1,5 cm Kalkzementputz

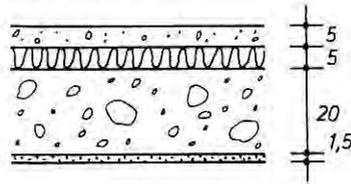
Der Wärmedurchgangskoeffizient beträgt $k_G = 0,69 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ C$.

Für die Fenster wurde eine Doppelverglasung mit Metallrahmen, vorhandener Wärmedurchgangskoeffizient $k_F = 2,8 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ C$, gewählt.

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient k_{F+W} der Außenwand einschließlich Fenster beträgt $1,15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ C$, ist also kleiner als

Dachdecke :

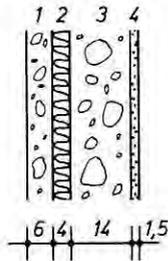
$$k_D = 0,53 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$



5 Zementestrich
5 Wärmedämmplatte
20 Stahlbeton
1,5 Kalkzementputz

Außenwand :

$$k_W = 0,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$



1 Vorsatzbeton
2 Wärmedämmplatte
3 Stahlbeton
4 Kalkzementputz

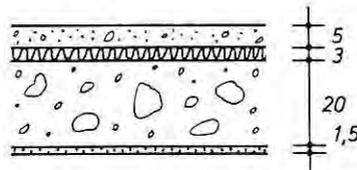
Fenster :

$$k_F = 2,80 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

Doppelverglasung mit Metallrahmen

Kellerdecke :

$$k_G = 0,69 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$



5 Zementestrich
3 Wärmedämmplatte
20 Stahlbeton
1,5 Kalkzementputz

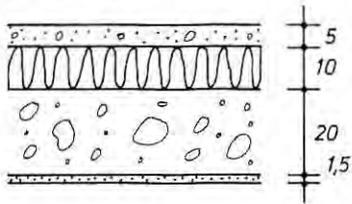
Bild 6 Beispiel 1: Wand- und Deckenquerschnitte bei einer mehrschichtigen Wand aus Normalbeton

der geforderte Wert von 1,6, und der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes k_m unter Berücksichtigung aller wärmetauschenden Flächen beträgt $= 0,645 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$, er entspricht dem erforderlichen Wert von 0,65.

4.2. Einschichtige Wand aus gefügedichtem Leichtbeton

Im Beispiel 2 (siehe Bild 7) wurde eine 34 cm dicke Leichtbetonwand mit geschlossenem Gefüge aus Blähschiefer oder Blähton zugrunde gelegt. Für die Außenfläche ist Sichtbeton und für die Raumseite Innenputz vorgesehen. Der vorhandene Wärmedurchgangskoeffizient k_W beträgt $1,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$, der als guter Wert

Dachdecke:



$$k_D = 0,30 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

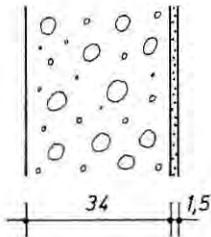
5 Zementestrich
10 Wärmedämmplatte
20 Stahlbeton
1,5 Kalkzementputz

Außenwand:

$$k_W = 1,00 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

Leichtbeton LBN 100

Kalkzementputz



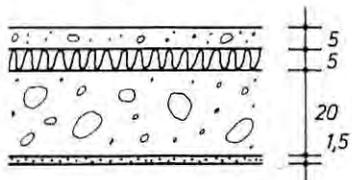
Fenster:

$$k_F = 2,60 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

Doppelverglasung mit
Holzrahmen

Kellerdecke:

$$k_G = 0,50 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$



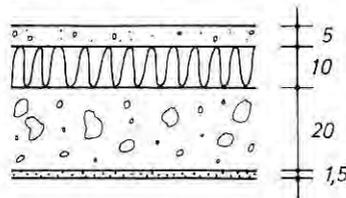
5 Zementestrich
5 Wärmedämmplatte
20 Stahlbeton
1,5 Kalkzementputz

Bild 7 Beispiel 2: Wand- und Deckenquerschnitte bei einer einschichtigen Wand aus gefügedichem Leichtbeton

gilt. Er ist allerdings größer als im Beispiel 1, d. h. der Wärmedurchgang erhöht sich in diesem Bereich.

Um den Wärmeverlust für das gesamte Gebäude in den gleichen Grenzen wie im Beispiel 1 zu halten, bietet sich nunmehr an, zum Ausgleich dickere Wärmedämmplatten in den horizontalen Ebenen, d. h. Dach- und Kellerdecken, anzuordnen und hier den Wärmeabfluß zu verringern. Im Dachdeckenbereich kann beispielsweise die Wärmedämmplatte von 5 auf 10 cm vergrößert und damit der Wärmedurchgangskoeffizient von 0,53 auf 0,3 kcal/m² h °C gesenkt werden, während eine 5 cm statt 3 cm dicke Wärmedämmplatte in der Kellerdecke den Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,69 auf

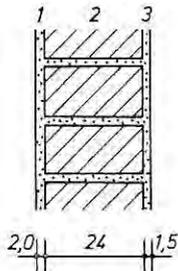
Dachdecke:



$$k_D = 0,30 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

5 Zementestrich
10 Wärmedämmplatte
20 Stahlbeton
1,5 Kalkzementputz

Außenwand:



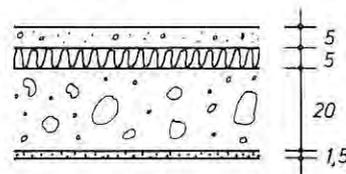
$$k_W = 1,19 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

1 Zementputz
2 Leichtbeton-Hohlblock-
steinwand
3 Kalkzementputz

Fenster:

$k_F = 2,00 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$
Doppelverglasung,
Scheibenabstand 5 cm,
Holzrahmen

Kellerdecke:



$$k_G = 0,50 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

5 Zementestrich
5 Wärmedämmplatte
20 Stahlbeton
1,5 Kalkzementputz

Bild 8 Beispiel 3: Wand- und Deckenquerschnitte bei einer einschichtigen Wand aus Leichtbetonstein-Mauerwerk

0,50 kcal/m² h °C verringert. Für das Fenster wurde eine Doppelglasfensterkonstruktion mit Holzrahmen gewählt. Der Wärmedurchgangskoeffizient k_F mit 2,6 kcal/m² h °C entspricht etwa dem Wert der im Beispiel 1 vorgesehenen Fensterkonstruktion von 2,8 kcal/m² h °C.

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient k_{F+W} der Außenwand, gebildet aus Wand- und Fensteranteil, beträgt 1,4 kcal/m² h °C. Er liegt also auch noch unter dem geforderten Wert von 1,6 kcal/m² h °C, und der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes $k_m = 0,638 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ unterschreitet ebenfalls den erforderlichen Wert von 0,65 kcal/m² h °C.

4.3. Einschichtige Wand aus Leichtbetonstein-Mauerwerk

Beispiel 3 (siehe Bild 8) sieht eine 24 cm dicke Leichtbeton-Hohlblocksteinwand, z. B. aus Bims oder Blähton, beidseitig verputzt, mit einem Wärmedurchgangskoeffizienten k_W von $1,19 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ vor. Gegenüber Beispiel 2 erhöht sich der Wärmedurchgang wiederum im Wandbereich. Für Dach- und Kellerdecke sind die im Beispiel 2 verwendeten Konstruktionen übernommen worden.

Unter Berücksichtigung des Wärmeverlustes des gesamten Gebäudes wird der entscheidende Ausgleich für den im Wandbereich erhöhten Wärmedurchgang mit einer verbesserten Fensterkonstruktion erzielt. Gegenüber Beispiel 2 besteht sie aus einem Holzrahmenfenster mit Doppelverglasung, Luftzwischenraum = 5 cm. Damit wird der Wärmedurchgangskoeffizient k_F von 2,6 auf $2,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ verringert.

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand k_{F+W} unter Berücksichtigung der Fenster beträgt $1,4 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$, liegt also auch wieder unter dem geforderten Wert von $1,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$, und der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes k_m unterschreitet mit $0,635$ den erforderlichen Wert von $0,65 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$.

Eine andere Lösung wäre eine dickere Außenwand von 30 cm oder 36 cm mit üblichen Fenstern, Wärmedurchgangskoeffizient $k_F = 2,8 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$.

4.4. Beurteilung der Beispiele

In Tafel 4 sind die ermittelten Wärmedurchgangskoeffizienten im Vergleich zu den erforderlichen zusammengestellt.

Aus der Tafel ist ersichtlich, daß die drei Beispiele alle Bauvorschriften — auch hinsichtlich einzelner Bauteile — erfüllen. Ein erhöhter Wärmeschutz im Sinne des Beiblattes zu DIN 4108 wird

Tafel 4 Zusammenstellung der ermittelten Wärmedurchgangskoeffizienten k

Bauteile	Fläche m ²	Wärmedurchgangskoeffizient k in $\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$			DIN 4108 Beiblatt, erforderl.
		0,6	1,0	1,19	
Wand W	125,8	0,6	1,0	1,19	$\leq 1,19$ $\leq 1,35$
Fenster F	41,9	2,8	2,6	2,0	$\leq 3,0$
Außenwand W+F	167,7	1,15	1,4	1,4	$\leq 1,6$
Dachdecke D	162,5	0,53	0,3	0,3	$\leq 0,78$
Kellerdecke G	162,5	0,69	0,50	0,50	$\leq 0,71$
Umfassungsfläche W+F+D+G	492,7 \approx 493,0	0,645	0,638	0,638	$\leq 0,65$
Beispiel		1	2	3	

immer erreicht, d. h. der vorgegebene maximale mittlere Wärmedurchgangskoeffizient des Gebäudes wird stets eingehalten bzw. unterschritten.

Bild 9 zeigt symbolisch die Austauschbarkeit der einzelnen Wärmedämm-Maßnahmen im Bereich der Gebäudehülle an den wärme-

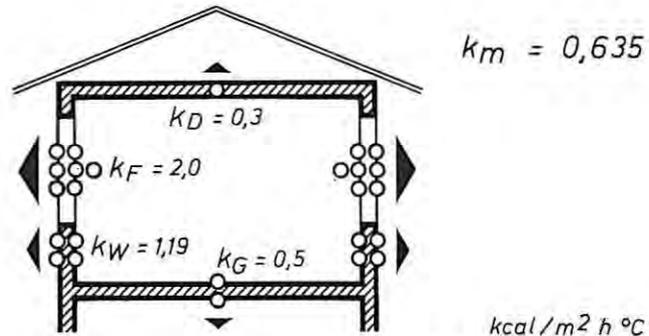
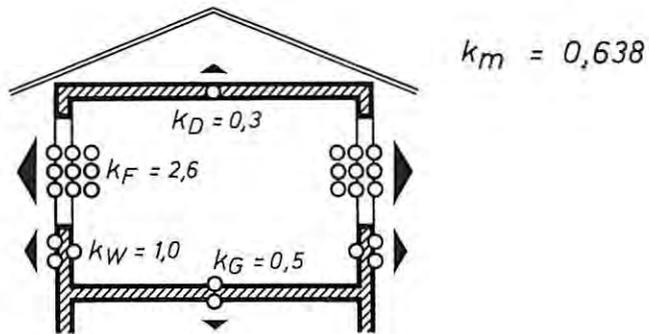
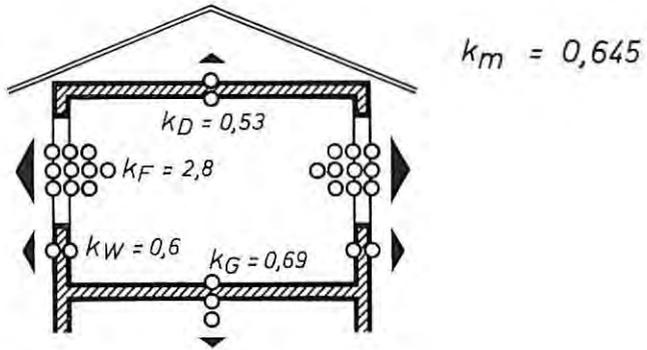


Bild 9 Symbolische Darstellung der Austauschbarkeit der Wärmedämm-Maßnahmen im Bereich der wärmetauschenden Flächen

tauschenden Flächen unter Zugrundelegung eines gleichen Wärmeverlustes. Die Temperaturträgeiten der Wandbauteile liegen alle in günstigen Bereichen. Die Temperatur-Amplituden-Verhältnis-Zahlen unterschreiten die für ein angenehmes Raumklima erforderlichen Werte bei weitem. Sie liegen maximal bei 0,16, sind also kleiner als 0,25 (vgl. Abschnitt 2 und Tafel 5).

Tafel 5 Zusammenstellung der ermittelten Temperatur-Amplituden-Verhältnisse

Beispiel	1	2	3	TAV erforderlich
$TAV = \frac{A_i}{A_\alpha} = v$	0,04	0,09	0,16	$\leq 0,25$

Mit den Beispielen wird stellvertretend für die übrigen Betonbauweisen gezeigt, daß bekannte und bewährte Bausysteme aus Beton nach wie vor einen erhöhten Wärmeschutz bieten. Die Beispiele zeigen ferner die Möglichkeiten der Austauschbarkeit einzelner Wärmedämmmaßnahmen an der Gebäudehülle.

Dem Architekten und dem Ingenieur bleibt damit die Freiheit in der Gestaltung der Gebäude und der Auswahl der Konstruktion erhalten. Ihnen ist damit die Möglichkeit gegeben, entsprechend den besonderen örtlichen Bedingungen bezüglich Bauart, Baustoffvorkommen und dergleichen die technisch günstigste, bauphysikalisch richtige und wirtschaftlichste Betonbauweise auszuführen.

5. Zusammenfassung

Die richtige Bemessung und Auslegung des baulichen Wärmeschutzes beeinflußt entscheidend die Wohnhygiene und die Wirtschaftlichkeit der Bauausführung sowie Betriebskosten. Sie ist von wesentlicher volkswirtschaftlicher Bedeutung, weil mehr als ein Drittel des deutschen Rohenergiebedarfs für Raumheizungen aufgewendet wird.

Mindestanforderungen für den baulichen Wärmeschutz an Einzelbauteile schreibt DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ vor, die erfüllt werden müssen, um ein hygienisch einwandfreies Innenraumklima zu gewährleisten und Bauschäden infolge Tauwasserbildung zu vermeiden.

Neuerdings werden an transparente Flächen wie Fenster und Fenstertüren, die als Wärme- bzw. thermische Löcher gelten, höhere Anforderungen gestellt. Sie sind in den „Ergänzenden Bestimmungen“ zu DIN 4108, Fassung Oktober 1974, geregelt. Wesentlich höhere Anforderungen stellt das Beiblatt zu DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau, Erläuterungen und Beispiele für einen erhöhten Wärmeschutz“, Fassung November 1975. Es behandelt den Wärmeverlust des gesamten Gebäudes, d. h. neben den Außenwänden auch Dach und Keller. Die wesentlichsten Neuerungen beider Vorlagen wurden erläutert.

Früher wurden die Begriffe „Wärmeschutz“ und „Wärmedämmung“ häufig gleichgesetzt. Die Bemessung des Wärmeschutzes erfolgte oft nur nach dem Wärmedurchgang allein und führte zu falschen Querschnittsauslegungen und bauphysikalischen Folgeschäden.

Zur umfassenden Beurteilung des Wärmeschutzes sind deshalb sämtliche Wärmeschutzaufgaben – Wärmedämmung, Temperaturträchtigkeit und klimabedingter Feuchtigkeitsschutz – zu berücksichtigen.

Betonbauweisen erfüllen die Anforderungen des winterlichen und sommerlichen Wärmeschutzes. Sie übernehmen eine erhöhte Wärmedämmung im Sinne des Beiblatts und darüber hinaus alle weiteren bauphysikalischen Funktionen wie Temperaturträchtigkeit und klimabedingten Feuchtigkeitsschutz.

An drei Beispielen – mehrschichtige Wand aus Normalbeton, einschichtige Wand aus gefügedichtem Leichtbeton und einschichtige Wand aus Leichtbetonstein-Mauerwerk – wurden die erhöhte Wärmedämmung und die Austauschbarkeit der einzelnen Wärmedämm-Maßnahmen im Bereich der wärmeübertragenden Umfassungsflächen dargestellt.

Die Vielzahl der Konstruktionsarten aus Leichtbeton, Stahlleichtbeton und Normalbeton mit zusätzlichen Wärmedämmschichten ermöglicht den Architekten und Ingenieuren je nach Gebäude, Nutzungszweck und Baustoffeigenart unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten wärmetechnisch sinnvolle, bauphysikalisch richtige und wirtschaftlich vernünftige Bauausführungen.

SCHRIFTTUM

- [1] Haferland, F.: Das wärme-, diffusions- und schalltechnische Verhalten von Beton-Außenwänden. *Betonstein-Zeitung* 37 (1971) H. 5, Beilage: betonfertigteilforum, H. 3, S. 3/22.
- [2] Haferland, F.: Das wärmetechnische Verhalten mehrschichtiger Außenwände. Schriftenreihe „wirtschaftlich bauen“, Bd. 9, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1970.
- [3] Hauser, G., und K. Gertis: Kenngrößen des instationären Wärmeschutzes von Außenbauteilen – Eine kritische Überprüfung der Kenngrößen-Eignung für die Neufassung von DIN 4108. *Berichte aus der Bauforschung*, H. 103, Verlag Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1975, S. 55/80.
- [4] Schulze, W., und H. Brandt: Betonbauten mit erhöhtem Wärmeschutz. *Zement-Taschenbuch 1976/77*, Bauverlag, Wiesbaden-Berlin 1976, S. 353/385.
- [5] Brandt, J., R. Krieger und H. Moritz: Wärmeschutz nach Maß. Schriftenreihe der Bauberatung Zement, Beton-Verlag, Düsseldorf 1975.
- [6] Schulze, W.: Bauphysikalische Gesichtspunkte zur Beurteilung von Außenwänden aus Konstruktionsleichtbeton. *Betonwerk + Fertigteil-Technik* 40 (1974) H. 2, S. 135/140, und H. 3, S. 206/211.
- [7] Künzel, H.: Der Wärmeschutz von Betonmontagewänden mit Dämmung aus Schaum-Kunststoff. *Betonstein-Zeitung* 30 (1964) H. 5, S. 225/229.
- [8] Jesumann, A.: Die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiete der Bautechnik. *Architekt + Ingenieur*, *Ausg. B* 18 (1967) H. 11, S. 11/12, 18/19, und H. 12, S. 10, 15/18; 19 (1968) H. 1, S. 18/20.
- [9] Schüle, W., R. Jenisch und H. Lutz: Wärmeschutztechnische und raumklimatische Untersuchungen an Montagebauten. *Berichte aus der Bauforschung*, H. 80, Verlag Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1969, S. 7/32; ebenso Veröffentlichungen aus dem Institut für Technische Physik Stuttgart, H. 66, Stuttgart 1970.