

# Fraunhofer-Institut für Bauphysik

(2)

## AUSSENSTELLE HOLZKIRCHEN

Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten

Institutsleitung: Prof. Dr. F. P. Mechel

1. Sept. 1983

### Untersuchung über den effektiven Wärmeschutz verschiedener Ziegelaußenwandkonstruktionen

Kurzbericht  
über den 1. und 2. Untersuchungsabschnitt

Hauptbericht: B Ho 8/83-II

durchgeführt in der  
Außenstelle Holzkirchen des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik

Leiter der Außenstelle : Dr.-Ing. H. Künzel  
Projektleiter und Verfasser: Dr.-Ing. H. Werner

Auftraggeber : Ziegelforum e.V.  
München

Holzkirchen, den 1. September 1983

Auszugsweise Veröffentlichung nur mit  
schriftlicher Genehmigung des Instituts  
für Bauphysik gestattet.



Untersuchungen über den effektiven Wärmeschutz  
verschiedener Ziegelaußenwandkonstruktionen\*)

1. Einleitung

Vor dem Hintergrund der allgemeinen Energieeinsparungsdis-  
kussion wurden im Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holz-  
kirchen vergleichende Untersuchungen über die Auswirkung ver-  
schieden wärmegeämmter Außenwandkonstruktionen auf den Heiz-  
energieverbrauch unter natürlichen Klimabedingungen durchge-  
führt. Dazu wurde ein Versuchsgebäude erstellt, das aus sechs  
nebeneinander liegenden Räumen gleicher Größe (Bild 1) besteht.

Die Untersuchungen sollten zeigen, ob der einfache lineare  
Ansatz des k-Wertes zur Bestimmung des Heizenergieverbrauchs  
auch bei extremer Wärmedämmung der Außenwand noch mit genügen-  
der Genauigkeit gilt, wenn im praktischen Versuch instationäre  
Bedingungen herrschen und praktische Wärmebrückeneffekte (Fen-  
sterlaibungen, Ecken-, Fußboden- und Deckenanschlüsse) vor-  
liegen.

Bekanntlich beschreibt der k-Wert den Wärmedurchgang durch  
ebene Bauteile unter stationären bzw. quasistationären Be-  
dingungen. Die örtlichen, homogenen Temperaturverteilungen  
dürfen dabei nicht durch sog. Wärmebrücken gestört sein, wie  
sie z.B. Ecken, Kanten, Anschlüsse usw. darstellen. Die ther-  
mische Wirkung einer solchen Wärmebrücke hängt im Gegensatz  
zum stationären Wärmedurchgang ebener Bauteile auch von ihrem  
konstruktiven Aufbau ab, so daß Schichtanordnungen dabei eine  
große Rolle spielen.

---

\*) Auftraggeber: Ziegelforum e.V., Ausführende Stelle: Fraun-  
hofer-Institut für Bauphysik, Außenstelle Holzkirchen. Be-  
richt über 1. und 2. Untersuchungsabschnitt abgeschlossen:  
Sept. 1983. Ausführlicher Bericht: 8/83-II "Untersuchungen  
über den effektiven Wärmeschutz verschiedener Ziegelaußen-  
wandkonstruktionen".

## 2. Versuchsanordnung und -durchführung

Um den Einfluß der Wärmedämmung der Außenwand auf den Heizenergieverbrauch feststellen zu können, wurde ein Versuchsgebäude mit sechs nebeneinanderliegenden Testräumen erstellt, deren Außenwände nach Süden orientiert waren. Alle Räume waren geometrisch gleich. Die aus meßtechnischen Gründen gewählte Grundrißgestaltung gestattete bei der gegebenen Raumgröße und -anordnung einerseits eine möglichst große Außenwandfläche und andererseits die Wirkung ein- und ausspringender Ecken zu untersuchen.

Der Aufbau der Außenwände ist aus Bild 2 zu ersehen. Die k-Werte der monolithischen, zweischaligen und mit Außen- bzw. Innendämmung versehenen Wände variierten zwischen  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  und  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Um eine gegenseitige Beeinflussung der Räume möglichst auszuschalten, wurden die Trennwände zweischalig ausgeführt und wie die Bauteile Decke und Fußboden extrem wärmegeklämt (20 cm Polystyrol-Hartschaum).

Die Raumluffttemperatur wurde konstant auf  $20^\circ\text{C}$  gehalten. Die Beheizung erfolgte elektrisch mit Öl gefüllten Radiatoren. Die infolge Sonneneinstrahlung eventuell vorkommende Überheizung (über  $24^\circ\text{C}$ ) wurde mit automatisch gesteuerten Rollläden vermieden. Der solare Wärmegewinn wurde für alle Räume gleich gehalten. Der Fensteranteil betrug mit Ausnahme eines Raumes (fensterlos) ca. 20%.

Die Messungen wurden über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren durchgeführt und mit begleitenden analysierenden Rechnungen verglichen. Die Meßdaten (Temperaturen, Wärmeströme, Strahlungsintensitäten und Heizleistungen) wurden kontinuierlich mit einer automatischen Datenerfassungsanlage registriert.

### 3. Ergebnisse

Die Vergleichsmessungen wurden unter verschiedenen Randbedingungen in unterschiedlich langen Meßperioden durchgeführt. Der Vergleich der Heizenergieverbräuche ergab, daß die Räume mit den zusatzgedämmten Außenwandkonstruktionen (Außen- und Innendämmung mit Polystyrol-Hartschaum) nicht die erwarteten niedrigen Heizenergieverbräuche aufwiesen, wie sie entsprechend ihres niedrigen k-Wertniveaus im Vergleich zu den übrigen Räumen haben sollten. Wie auch theoretische Vergleichsmessungen gezeigt haben, beruhen diese Abweichungen auf Wärmebrückeneffekten, die sich bei den zugrundegelegten Wandkonstruktionen unterschiedlich stark auswirken.

In Bild 3 sind exemplarisch die gemessenen Heizenergieverbräuche (bezogen auf Raum 1) für zwei Meßperioden in Abhängigkeit des rechnerischen Wärmedurchgangskoeffizienten der jeweiligen Außenwand graphisch dargestellt.

Bei proportionaler Abhängigkeit des Wärmeverbrauchs vom k-Wert müßten sich die Säulenenden unabhängig von der Bauart der Wand mit einer Geraden verbinden lassen. Dies ist offensichtlich, wie aus Bild 3 hervorgeht, nicht allgemein der Fall. Lediglich die Konstruktionen 1 (monolithisch 36,5 cm), 6 (zweischalig) und 3 (monolithisch 49 cm) liegen nahezu auf einer Geraden. Die Wände 2 (monolithisch 36,5 cm ohne Fenster), 4 (Innendämmung), 4a (Außendämmung extrem) und 5 (Außendämmung) weichen dagegen deutlich davon ab, und zwar um so stärker, je niedriger der rechnerische k-Wert ist. Aus dem Unterschied der Verbräuche des Raumes 1 (mit Fenster) und 2 (ohne Fenster) geht unmittelbar der Einfluß des Fensters auf den Heizenergieverbrauch hervor, da die Außenwände der beiden Räume gleich waren. Bei der

Interpretation dieses Ergebnisses muß darauf hingewiesen werden, daß beide Meßperioden relativ strahlungsarm waren. Bei strahlungsreicheren Perioden ergaben sich für den fensterlosen Raum höhere Heizenergieverbräuche als der entsprechende Raum mit Fenster.

Mit nachträglichen Verbesserungsmaßnahmen im Bereich der Fußboden- und Deckenanschlüsse der Außenwand konnte nachgewiesen werden, daß die zusatzgedämmten Außenwände erhöhte Wärmeverluste in diesen Bereichen aufwiesen. Auch ausspringende Wandecken (Außenecken) verursachen bei Aussendämmung höhere Mehrverluste gegenüber ebenen Bauteilen als monolithische Wandkonstruktionen. Die Innendämmung wirkt sich vor allem im Deckenanschlußbereich negativ auf die Wärmebilanz aus.

Welche energetische Auswirkungen solche Wärmebrückeneffekte an Ecken, Kanten, Fensterlaibungen, Fußboden- und Deckenanschlüssen bei Versuchsräumen haben können, die aus experimentellen Gründen relativ stark mit Wärmebrücken durchsetzt sind, wird aus einem mittels linearer Regression erhaltenen "spezifischen Transmissionswärmeverlust" (physikalisch mit einem praktisch ermittelten k-Wert gleichzusetzen) deutlich, der neben dem herkömmlichen Transmissionswärmeverlust des ebenen Bauteils noch die zusätzlichen Mehrverluste infolge Wärmebrücken beinhaltet. Da in der Praxis vorkommende Gebäude weniger häufig derartige Wärmebrücken aufweisen können bzw. sich bei unterschiedlichen Konstruktionsarten gegenläufige thermische Auswirkungen aufheben können, wurde versucht, ausgehend von den hier erhaltenen Ergebnissen eine Abschätzung des "spezifischen Transmissionswärmeverlustes" bei praktischen Gebäuden durchzuführen. In Bild 4 ist der "praktisch wahrscheinliche Bereich" des spezifischen Transmissionswärmeverlustes



in Abhängigkeit vom rechnerischen  $k$ -Wert schraffiert dargestellt. Die hier erhaltenen Meßergebnisse entsprechen dem sehr ungünstigen Fall. Der "ideale Grenzfall", bei dem der spezifische Transmissionswärmeverlust und der rechnerische  $k$ -Wert gleich sind, wird auch in der Praxis nicht erreicht werden, da es kein Haus ohne Wärmebrücken gibt.

#### 4. Folgerungen

Die theoretischen und meßtechnischen Untersuchungen haben gezeigt, daß die zusatzgedämmten Wandkonstruktionen im allgemeinen problematischer im Wärmebrückeneffekt sind als monolithische Konstruktionen. Die zweckmäßigen Maßnahmen zur Verminderung der Wärmebrückeneffekte sind bei den unterschiedlichen Wandkonstruktionen verschieden und unterscheiden sich oftmals beträchtlich im Aufwand.

Wichtig ist die Feststellung, daß es bei höherer Wärmedämmung eines Gebäudes nicht mehr genügt, den realen Wärmeschutz "nur" mit dem  $k$ -Wert zu beschreiben, denn Wärmebrücken können, wie die Messungen gezeigt haben, heizenergetisch relativ große negative Effekte bewirken. Je kleiner der rechnerische  $k$ -Wert von Gebäudeaußenbauteilen ist, desto größer können die bisher nicht erfaßten unterschiedlichen Auswirkungen der speziellen Konstruktions- und Randbedingungen werden und umso mehr kann der spezifische Transmissionswärmeverlust vom rechnerischen  $k$ -Wert abweichen.

Da es unmöglich ist, die spezifischen konstruktionsbedingten Randeffekte - z.B. im Rahmen einer Wärmeschutzverordnung - in einfacher Weise zu erfassen, nimmt mit abnehmendem rechnerischen  $k$ -Wert die Genauigkeit und Repräsentanz seiner Aussage für den Heizenergieverbrauch ab.

Mit den hier durchgeführten Untersuchungen konnte das Problem der Wärmebrücken und seine Auswirkungen auf den Heizenergieverbrauch exemplarisch aufgezeigt werden. Es sind aber noch weitere ergänzende Arbeiten notwendig, um eine Quantifizierung dieser Einflüsse im praktischen Wohnungsbau zu bekommen.

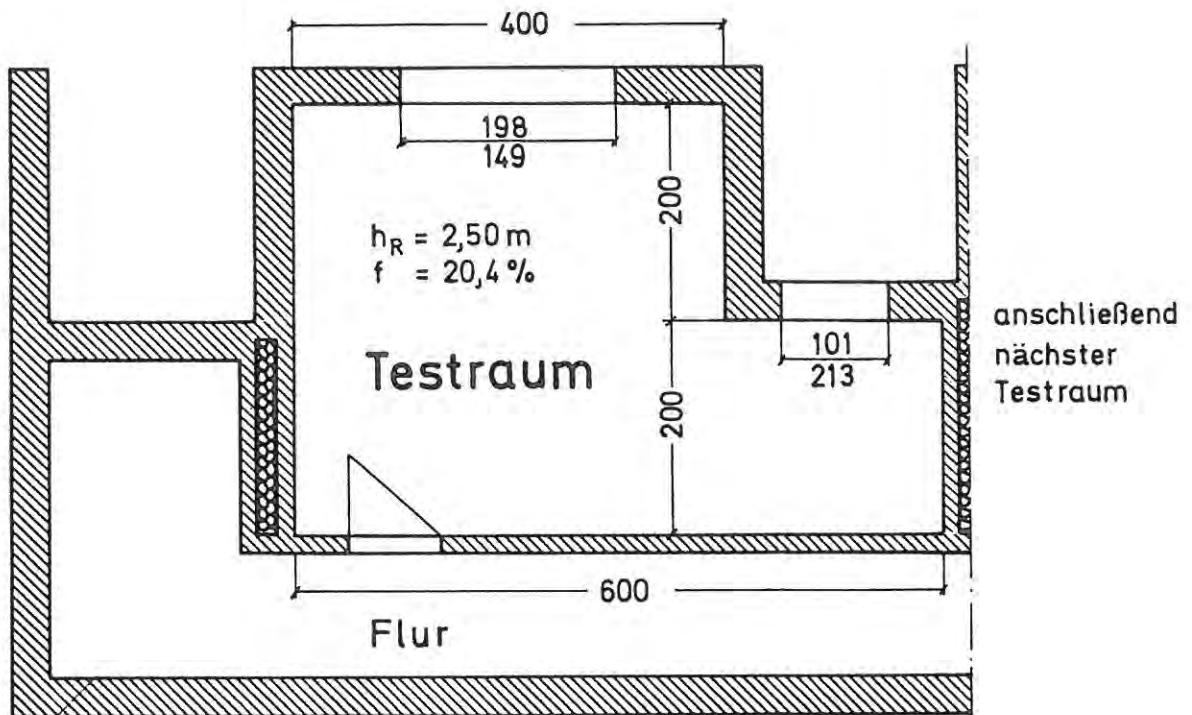


Bild 1: Grundriß eines Testraumes. Sechs solche Räume sind nebeneinander angeordnet. Die Fenster sind nach Süden orientiert.



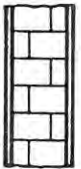
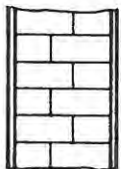
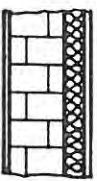
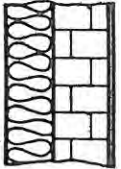
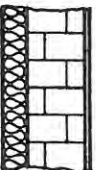
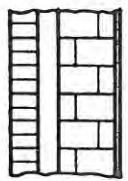
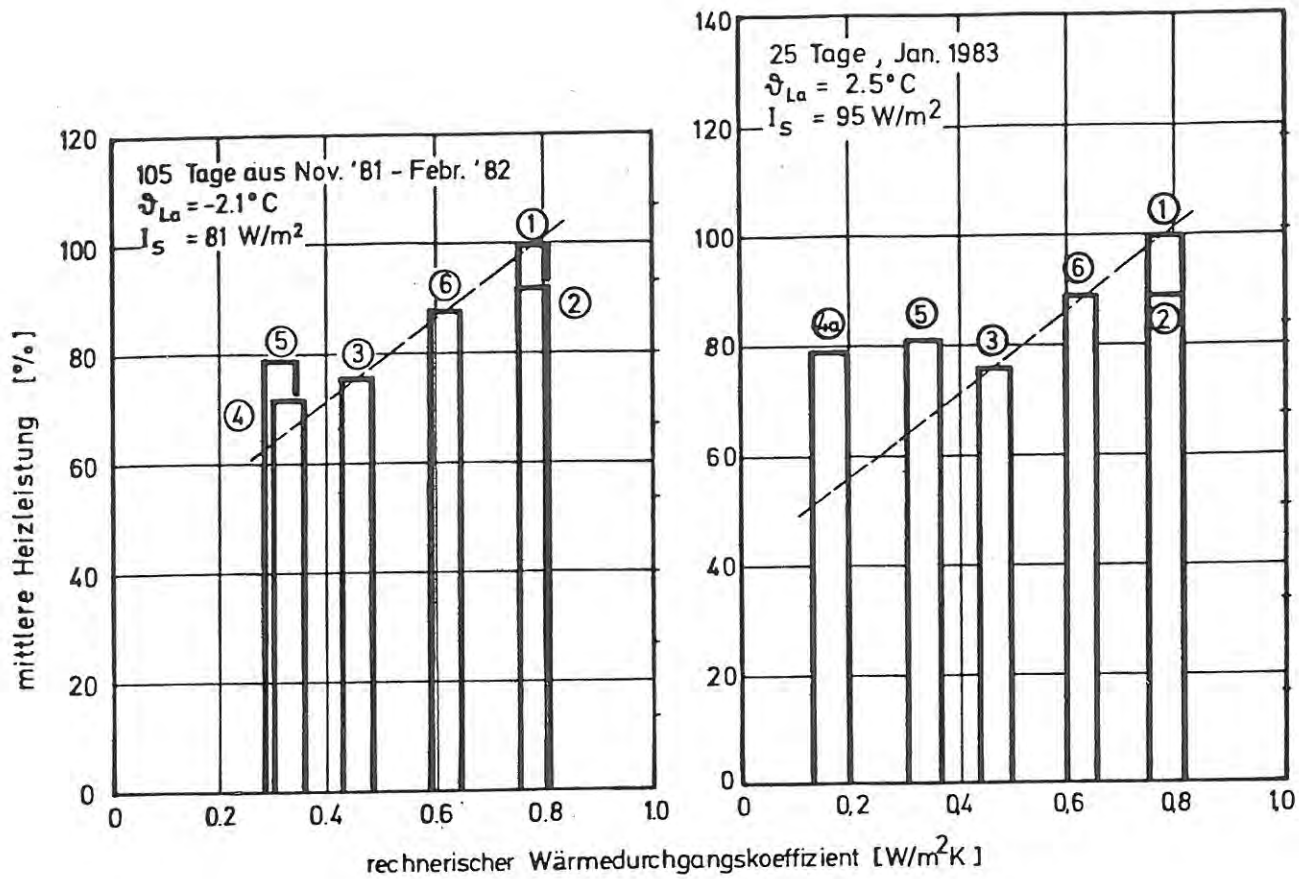
Raum Nr.	Kurz-bez.	Aufbau	$\lambda$ [W/mK]	$g$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$k$ [W/m <sup>2</sup> K]
① und ②	M 36 M36oF	 3 Außenputz 36,5 cm LZ-Mauerwerk (Baustellenmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,87 0,34 0,70	800	<b>0,78</b>
③	M 49	 2 cm Außenputz 49 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,87 0,25 0,70	700	<b>0,46</b>
④	ID	 2 cm Außenputz 36 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel) 6 cm Dämmschicht 1,25 cm Gipskartonpl.	0,87 0,28 0,04 0,18	800	<b>0,33</b>
④a	AD23	 23 cm Dämmschicht 24 cm HLZ-Mauerwerk (Normalmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,04 0,60 0,70	1400	<b>0,16</b>
⑤	AD10	 10 cm Dämmschicht 24 cm HLZ-Mauerwerk (Normalmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,04 0,60 0,70	1400	<b>0,32</b>
⑥	Z	 11,5 cm Vormauerschale 6 cm Luftschicht 24 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel) 1,5 cm Innenputz	0,70 0,17 0,22 0,70	1600 700	<b>0,62</b>

Bild 2: Aufbau und physikalische Daten der in den Räumen 1 bis 6 eingesetzten Außenwände.



Raum Nr.	Wandkonstruktion
1	monolithisch 36,5 cm
2	monolithisch 36,5 cm ohne Fenster
3	monolithisch 49 cm
4	Innendämmung
4a	Außendämmung 23 cm
5	Außendämmung 10 cm
6	zweischalig

Bild 3: Gemessene durchschnittliche Heizleistungen in zwei Meßperioden.

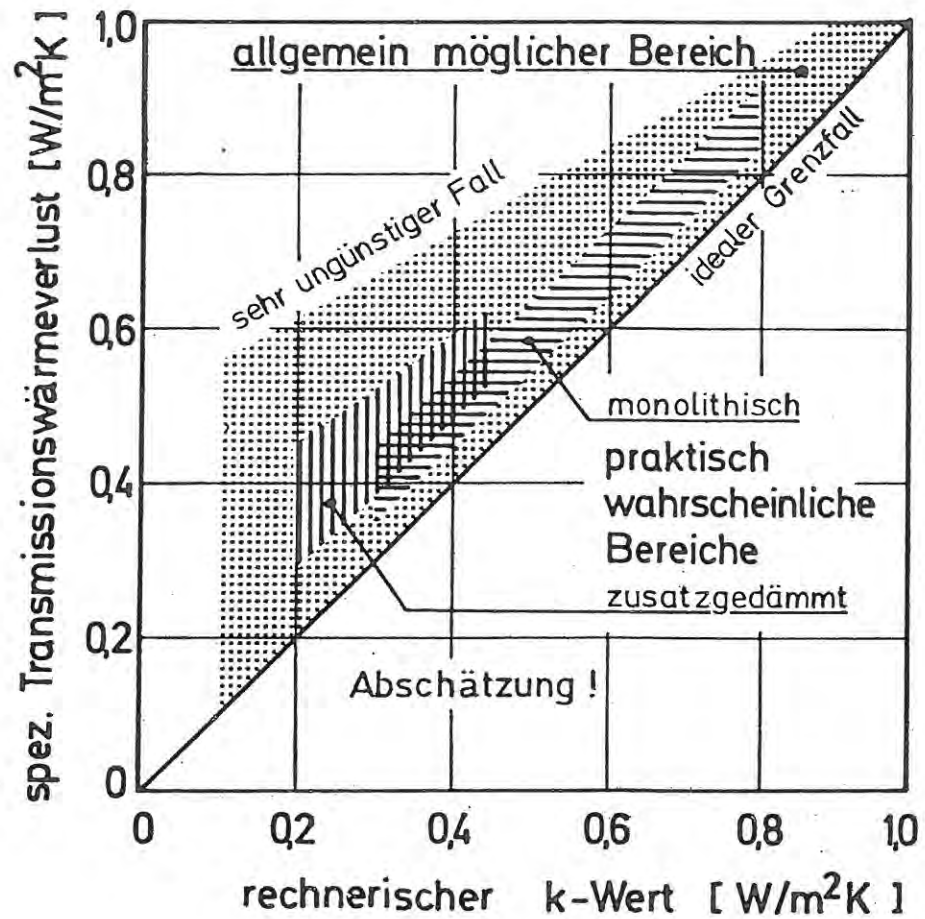


Bild 4: Abschätzung des spezifischen Transmissionswärmeverlust von monolithischen und zusatzgedämmten Außenwänden bei in der Praxis vorkommenden Gebäuden aufgrund der hier durchgeführten Untersuchungen.