

Effektiver Wärmeschutz von verschiedenen Ziegelwandkonstruktionen. Vergleichsmessungen unter natürlicher Klimaeinwirkung

Effective Heat Insulation of Different Brick Walls
- Comparative Measurements Considering Natural Climatic Influence -

von

Dr.-Ing. H. Werner
Fraunhofer-Institut für Bauphysik
D-8150 Holzkirchen
Bundesrepublik Deutschland

Kurzfassung

Vergleich des Heizenergieverbrauchs von sechs Räumen mit unterschiedlich wärmegeämmten Außenwänden unter natürlichen klimatischen Bedingungen. Klärung der Effizienz der Wärmedämmung der Außenwand im Hinblick auf den Heizenergieverbrauch. Darstellung des Einflusses von Wärmebrückeneffekte zusätzlich gedämmter Wände.

Summary

Comparative investigation of six rooms with differently heat insulated brick walls under natural climatic influence. It is to be clarified how efficient the heat insulation of the exterior wall is with respect to the consumption of heating energy. Furthermore it is shown the effects of heat bridges of additional insulated walls.

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der drastischen Energieverteuerung in den letzten Jahren werden für neu zu errichtende Gebäude allgemein wesentlich höhere Wärmedämmungen gefordert, als es vor der Energiekrise der Fall war.

Man glaubt, den Wärmeverbrauch von Gebäuden in der Praxis in dem Maße verringern zu können, wie es durch die Erniedrigung des rechnerischen Wärmedurchgangskoeffizienten zu erwarten wäre. Dabei wird jedoch nicht beachtet, daß der k -Wert lediglich den Wärmedurchgang durch ein unendlich ausgedehntes Bauteil beschreibt.

Der rechnerische Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils ist eine Funktion der einzelnen Bauteilschichten, deren Dicke und Wärmeleitfähigkeit, sowie von konstanten Wärmeübergangswerten. Wechselnde Wärmeübergangsverhältnisse, die Gebäudegeometrie und die Anordnung der einzelnen Bauteilschichten (z. B. Innen- oder Außendämmung) bleiben unberücksichtigt. Es ist seit langem bekannt, daß die durch die Geometrie eines Gebäudes bedingten Ecken und Kanten geometrische Wärmebrücken sind, deren Wirkung von verschiedenen Wandkonstruktionen unterschiedlich verstärkt wird. Das gleiche gilt für thermische Wärmebrücken wie Fensterlaibungen, eingebundene Decken und Wände etc.

Im Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen bei München wird zur Zeit eine Freilanduntersuchung unter natürlichen klimatischen Lastbedingungen durchgeführt, deren Ziel es ist, eine Aussage über den tatsächlichen Einfluß verschieden gedämmter Außenwände eines Ziegelversuchsgebäudes auf den Wärmeverlust zu treffen.

2. Versuchsbeschreibung

Zur Untersuchung des effektiven Wärmeschutzes verschiedener Außenwände wurden sechs in Deutschland typische Wandkonstruktionen (Bild 1) ausgewählt, die einen k -Wert-Bereich von $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ bis $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ erfassen. Es wurde ein Versuchsgebäude erstellt, das aus

sechs nebeneinander liegenden Räumen besteht, deren Grundriß in Bild 2 dargestellt ist. Die Räume können von einem gemeinsamen Gang betreten werden. Die Trennwände zweier Räume sind extrem wärmegeklämt um eine gegenseitige thermische Beeinflussung weitgehend auszuschalten. Um die Transmissionswärmeverluste durch Fußboden und Decke möglichst klein zu halten, wurden diese Bauteile mit jeweils 20 cm Polystyrol-Hartschaum geklämt.

Mit Ausnahme des Raumes Nr. 2, der kein Fenster aufweist, sind alle Räume geometrisch gleich. Da die Räume Nr. 1 und Nr. 2 identische Außenwände (36,5 cm Hochlochziegel) besitzen, läßt sich durch einen Vergleich ihres Heizenergieverbrauches eine Aussage über den energetischen Einfluß südorientierter Fenster treffen.

Die Lufttemperatur der Räume wurde in der ersten, hier berichteten, Versuchsphase konstant auf 20°C gehalten. In jedem Raum wurden pro Stunde 20 m^3 Luft eingebracht, wodurch sich ein Luftwechsel von $0,4\text{ h}^{-1}$ ergab.

In jedem der sechs Räume sind 16 Meßfühler installiert, mit denen Wand- und Fensteroberflächentemperaturen, die Raumlufttemperatur, Wärmestromdichten in verschiedenen Wandbereichen, sowie der elektrisch aufgebrachte Heizenergieverbrauch gemessen werden. Die Meßwerterfassung und Auswertung erfolgt über einen Prozeßrechner (Minc 11/03 von Digital Equipment).

Die Untersuchung begann im März 1981 und wird sich bis April 1982 hinziehen. Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Textes lagen noch keine gesicherten Meßwerte auf der Basis langfristiger winterlicher Meßperioden vor, so daß hier nur erste Meßergebnisse aus einer relativ kurzen Meßperiode im März 1981 erläutert werden können. (Es ist beabsichtigt, zum Zeitpunkt der 6. Mauerwerkskonferenz in Rom, die Ergebnisse der winterlichen Meßperiode 1981/1982 in einem Referat darzustellen.)

3. Erste Meßergebnisse

Die bereits vorliegenden Meßergebnisse resultieren aus einer 14-tägigen Meßperiode Ende März/Anfang April 1981. In dieser Zeit schwankten die Außenlufttemperaturen zwischen 5°C und 15°C , und die mittleren täglichen Strahlungsintensitäten auf nach Süden orientierten Flächen zwischen 16 W/m^2 und 200 W/m^2 . Demnach betrugen die Mittelwerte der Meßperiode bei der Temperatur der Außenluft $9,5^{\circ}\text{C}$ und bei der Strahlungsintensität 108 W/m^2 .

Ordnet man dem rechnerischen Wärmedurchgangskoeffizienten eines Außenbauteils die in dieser Meßperiode im Mittel verbrauchte stündliche Heizenergie, gemäß Bild 3, zu, so kann beurteilt werden, wie gut die über den rechnerischen k-Wert ermittelten Heizenergiewerte mit denen unter praktischen Bedingungen gemessenen übereinstimmen. Bild 3 zeigt, daß die gemessene Heizleistung in jedem der Räume höher ist, als es rechnerisch erwartet wird. Sowohl die errechnete, als auch die gemessene Heizleistung setzt sich zusammen aus der Grundlast und dem Transmissionswärmeverlust durch die Wand. Die Grundlast ist die Summe der durch Decke, Boden, Fenster und Lüftung bedingten Energieverluste. Sie wurde mit Hilfe von Meßwerten erfaßt und betrug in dieser Meßperiode 135 W.

Festgestellt werden konnte, wie weiter aus Bild 3 hervorgeht, daß die monolythischen Wände Nr. 1 und Nr. 3 (siehe dazu auch Bild 1) und die zweischalige Wand Nr. 6 eine weitgehend lineare Abnahme der mittleren Heizleistung mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten bewirken. Dagegen weichen die übrigen untersuchten Wände deutlich von dieser Linearität ab, was für den Raum Nr. 2 nicht verwunderlich ist, da dieser als einziger kein Fenster besitzt. Aufgrund der Sonnenstrahlungsenergiegewinne weist der fensterlose Raum Nr. 2 einen um ca. 12 % höheren Energieverbrauch auf, obwohl die k-Zahl des Fensters mit $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ wesentlich höher ist, als die k-Zahl der Wand mit $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Auffällig und interessant ist jedoch, daß die zusätzlich - innen bzw. außen - gedämmten Wände Nr. 4 und Nr. 5 deutlich von der Linearität der Wände Nr. 1, 3 und Nr. 6 abweichen, und zwar höhere mitt-

lere Heizleistungen bewirken als es entsprechend ihrer k-Werte zu erwarten wäre. Die außengedämmte Wand Nr. 5 schneidet dabei am ungünstigsten ab. Obwohl ihr k-Wert um $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ niedriger ist als der der monolythischen Wand Nr. 3 (49 cm Leichtziegel), ist der Energieverbrauch des Raumes Nr. 5 höher als der des Raumes Nr. 3.

Diese erhaltenen Unterschiede im Heizenergieverbrauch bei relativ hochgedämmten Außenwänden lassen vermuten, daß die verschiedenen Wandaufbauten unterschiedliche Wärmebrückeneffekte an Ecken und Kanten aufweisen, die zu deutlichen Veränderungen im Heizenergieverbrauch führen.

4. Energetische Wirkung geometrischer Wärmebrücken

Zum genaueren Verständnis des Wärmebrückeneffektes wurden theoretische Untersuchungen durchgeführt, von deren Ergebnisse eines im folgenden erläutert wird.

Mit Hilfe der Bilder 4 und 5 wird verdeutlicht, wie sich die Wandinnenoberflächentemperaturen und die örtlichen Wärmeströme bei Außen- und Innendämmung in Abhängigkeit der Entfernung von der Ecke (Koordinate x) verändern. Die Außenlufttemperatur beträt dabei 0°C , die Raumlufthemperatur 20°C .

Ergänzend zum Vergleich der Außen- und Innendämmung wird innerhalb der Diagramme die Wärmebrückenwirkung ausspringender (Außenecken) und einspringender Ecken (Innenecken) verglichen.

Um festzustellen, wie die Wärmedämmung des tragenden Bauteils den Wärmebrückeneffekt beeinflusst, wurde λ_w , die Wärmeleitfähigkeit des tragenden Bauteils, bei konstanter Zusatzwärmedämmung ($\lambda_D = \text{const}$, $s_D = \text{const}$) als Parameter variiert.

Aus beiden Bildern ist zu ersehen, daß bei der Innendämmung die Grenzwerte der ungestörten Wandbereiche eher erreicht werden, als bei der Außendämmung. In der Außenecke ($x = 0$) jedoch, sind die örtlichen Wärmeströme bei beiden Dämmungsarten fast doppelt so hoch

wie im ungestörten Bereich ($x > 1\text{m}$). Bei der Innenecke dagegen sind die Wärmeströme bei $x = 0$ wesentlich niedriger.

Die Untersuchung hat ergeben, daß die Wärmedämmung des tragenden Bauteils bei der Außenecke, die ja wesentlich häufiger am praktischen Bau vorkommt, sich positiv auf die Verminderung des Wärmebrückeneffekts auswirkt. Bei beiden Eckentypen bewirkt die Außendämmung höhere Wärmebrückeneffekte als die Innendämmung.

5. Zusammenfassung

Im Fraunhofer-Institut für Bauphysik wird derzeit unter natürlichem klimatischem Einfluß eine Vergleichsuntersuchung an sechs unterschiedlich wärmegeädämmten Räumen durchgeführt, die klären soll, wie effizient die Wärmedämmung der Außenwand im Hinblick auf den Heizenergieverbrauch ist.

Bei konstant zu haltender Raumlufttemperatur von 20°C wird für die einzelnen reihenhausartig angebrachten Räume bei gleicher Belüftung der jeweilige Heizenergieverbrauch ermittelt.

Die Außenwände bestehen aus unterschiedlichen Konstruktionen: zwei monolythischen Wänden (36,5 cm und 49 cm dick), zwei Wänden mit Innen- bzw. Außendämmung und einer zweischaligen, hinterlüfteten Konstruktion. Die k -Werte variieren zwischen $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um den Einfluß des Fensters auf den Heizenergieverbrauch abschätzen zu können, werden zwei Räume bei gleicher Wärmedämmung der Wand mit und ohne Fenster verglichen.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß der Heizenergieverbrauch bei zusatzgedämmten Konstruktionen nicht in dem Maße absinkt, wie es in der Theorie durch die Verminderung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand beschrieben wird. Ergänzende theoretische Untersuchungen zeigen, daß Außendämmungen größere Wärmebrückeneffekte aufweisen, als andere Konstruktionen. Umfassende Ergebnisse liegen nicht vor, da die Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist.

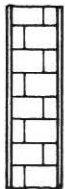
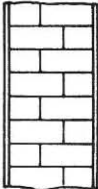
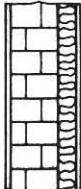
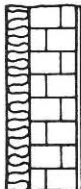
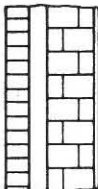
Nr.	Aufbau	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	k-Wand [W/m ² K]
1 und 2	 2 cm Außenputz	0,87	800	0,78
	36,5cm LZ-Mauerwerk (Baustellenmörtel)	0,34		
	1,5cm Innenputz	0,70		
3	 2 cm Außenputz	0,87	700	0,46
	49 cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel)	0,25		
	1,5cm Innenputz	0,70		
4	 2 cm Außenputz	0,87	800	0,33
	36,5cm LZ-Mauerwerk (Leichtmörtel)	0,28		
	6 cm Dämmschicht	0,04		
	1,25cm Gipskartonplatte	0,18		
5	 10 cm Dämmschicht	0,04	1400	0,32
	24 cm HLZ-Mauerwerk (Normalmörtel)	0,60		
	1,5cm Innenputz	0,70		
6	 11,5cm Vormauerschale	0,70	700	0,62
	6 cm Luftschicht	0,17		
	24 cm LZ Mauerwerk (Leichtmörtel)	0,22		
	1,5cm Innenputz	0,70		

Bild 1 - Übersicht der zu untersuchenden Außenwände in den Räumen Nr. 1 bis Nr. 6

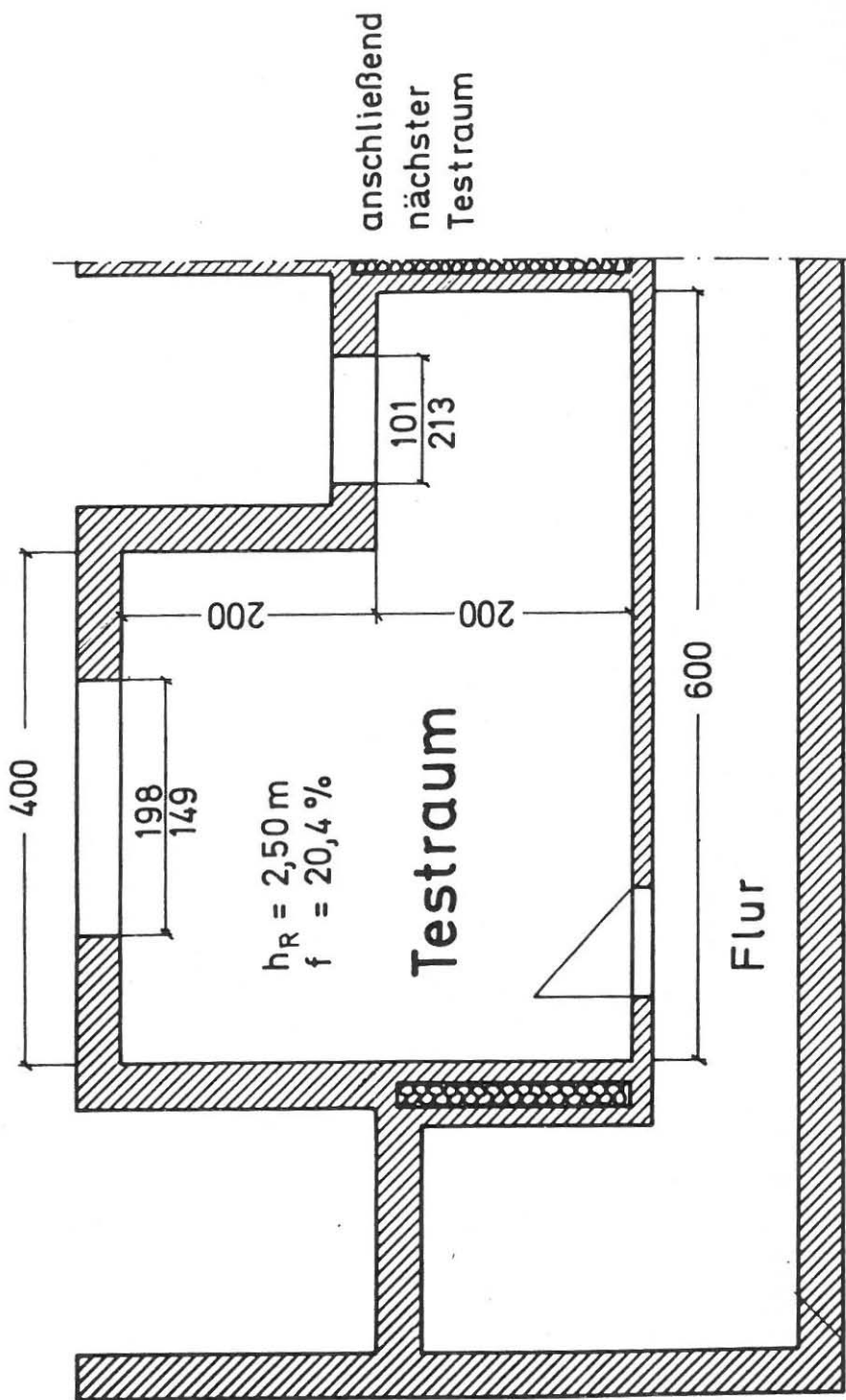


Bild 2 - Grundriß der Testräume

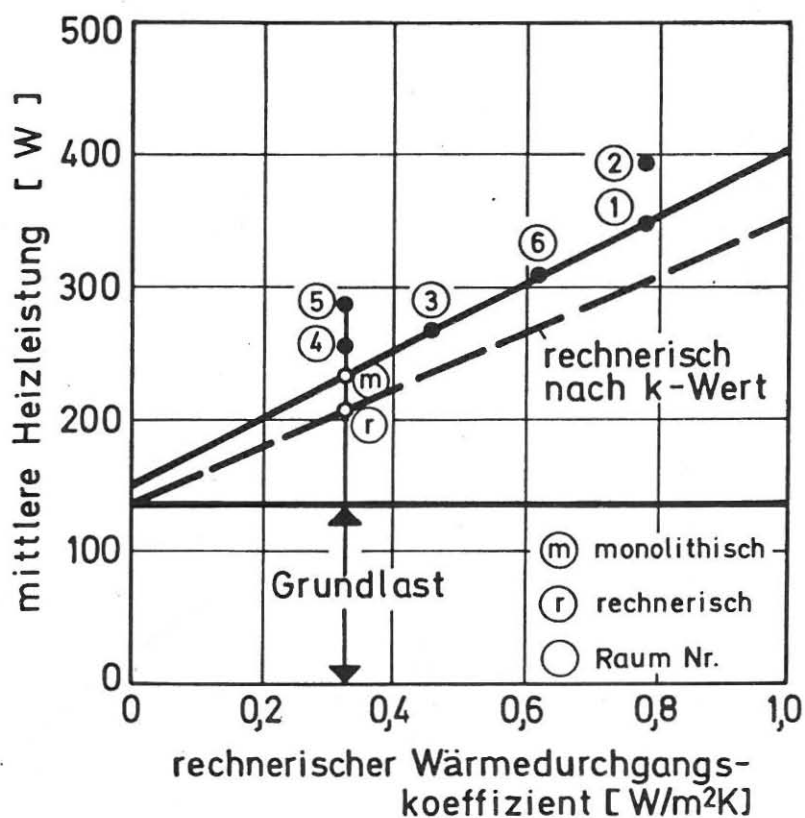
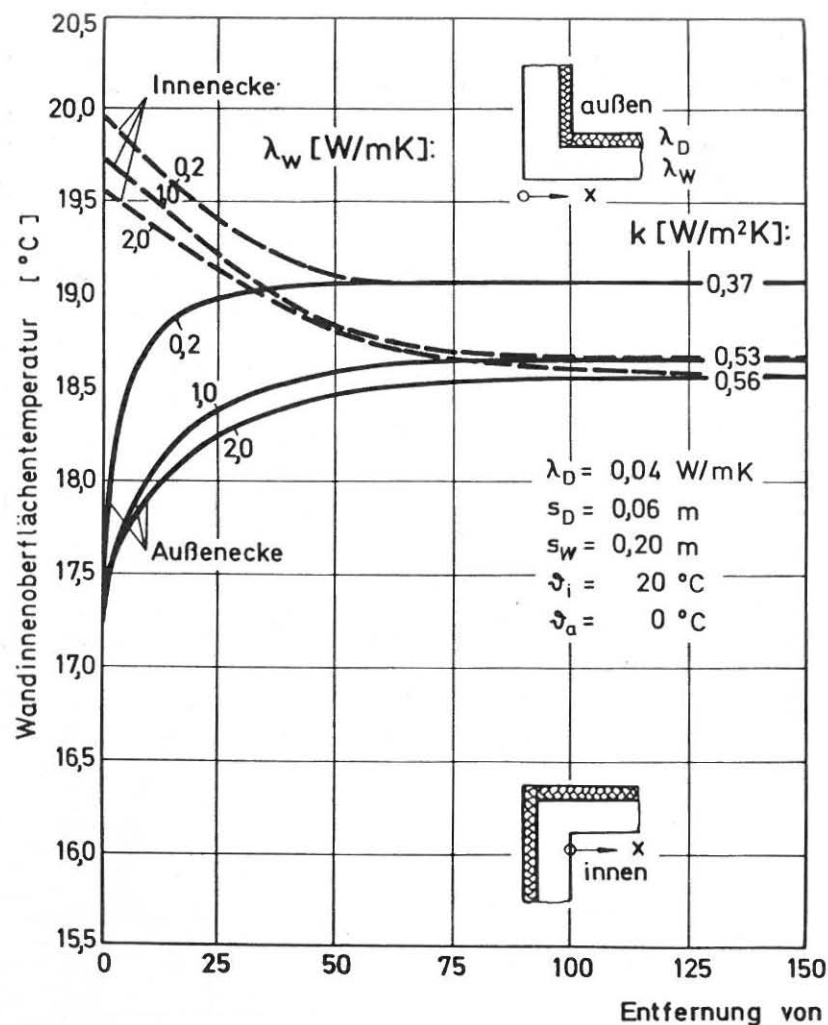


Bild 3 - Vergleich der mittleren Heizleistungen der untersuchten Räume in Abhängigkeit vom rechnerischen Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand.

Außendämmung



Innendämmung

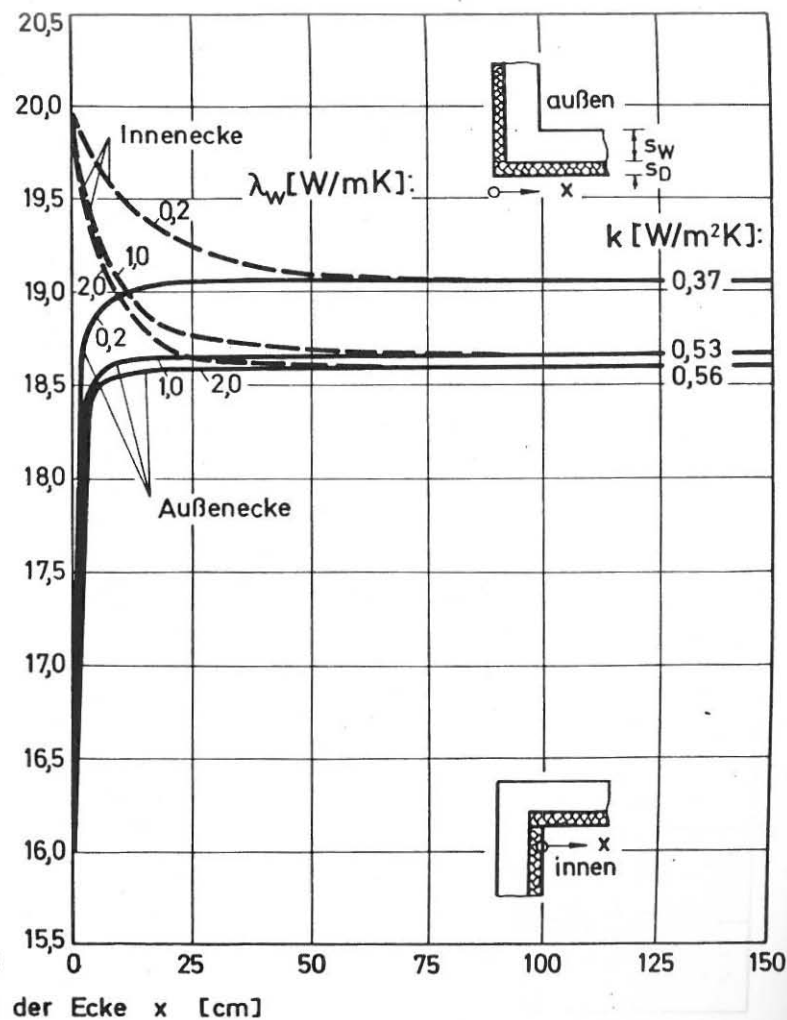
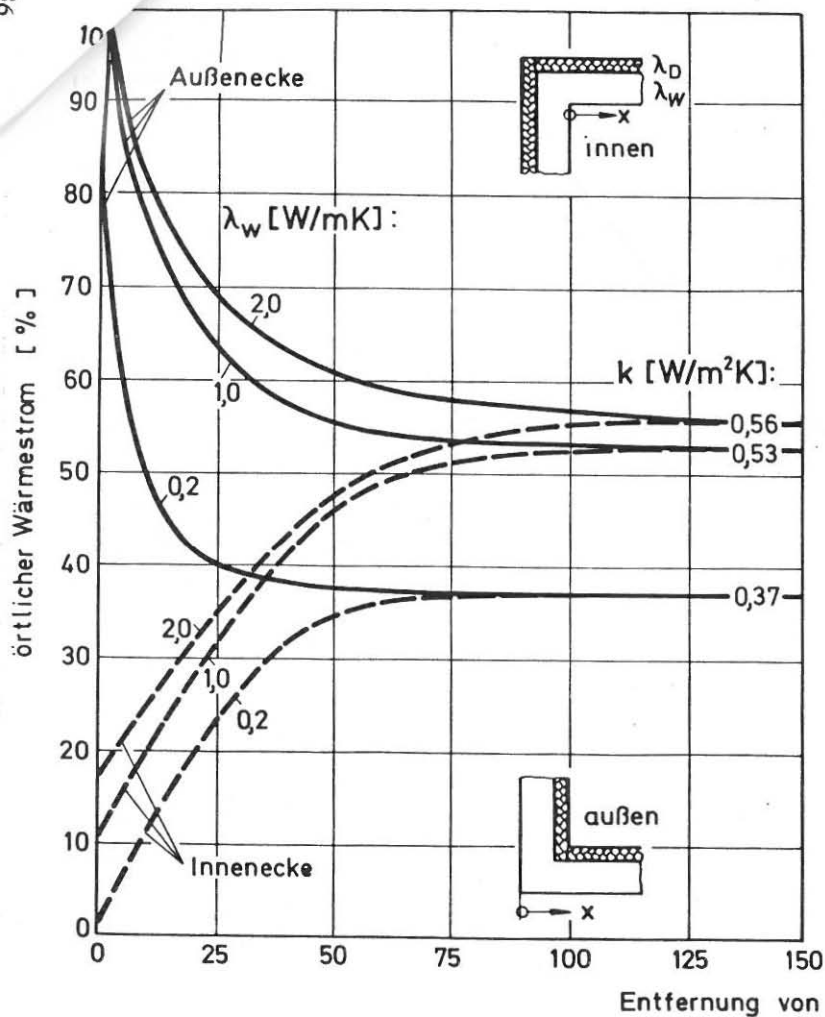


Bild 4 - Wandinnenoberflächentemperaturen von Außen- und Innenecken bei Außen- und Innendämmung

Außendämmung



Innendämmung

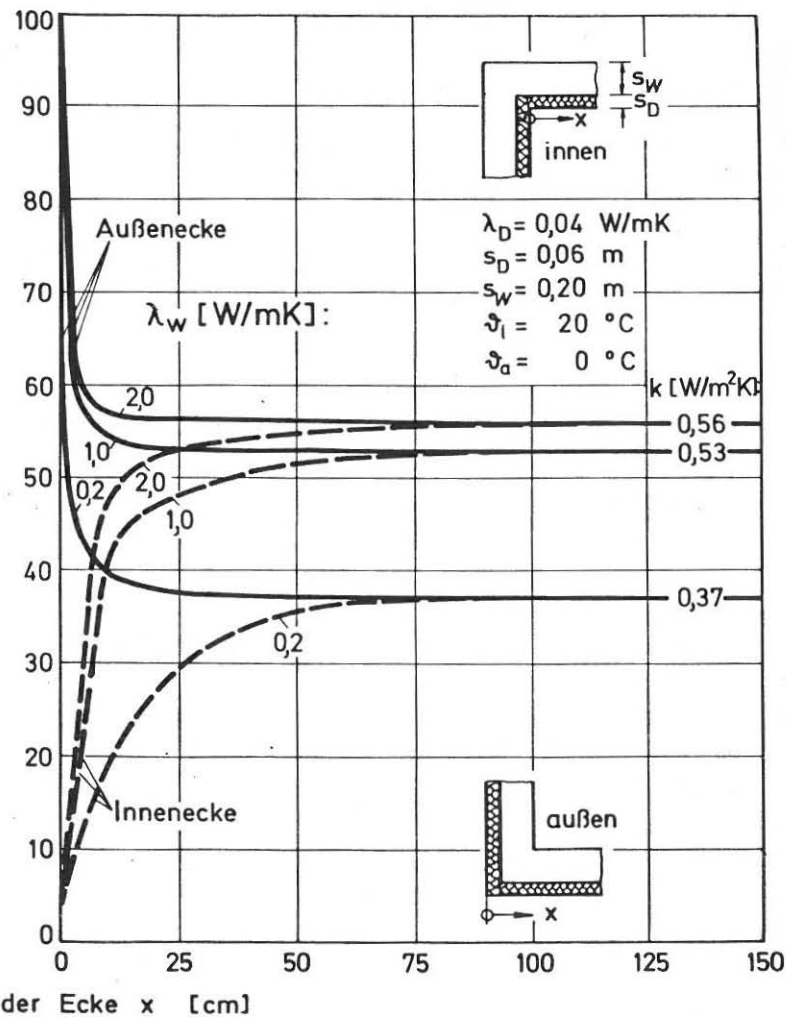


Bild 5 - Örtlicher Wärmestrom von Außen- und Innenecken bei Außen- und Innendämmung