

CLAYTEC LEHMBAULÖSUNGEN FÜR DIE INNENDÄMMUNG



- Kulturwerterhaltung
- Ortsbildpflege
- Denkmalschutz
- Hoher Wohnkomfort
- Wirtschaftlichkeit
- Kein neuer Außenputz nötig
- Keine schwierigen Anschlüsse an Fenster, Traufe, Ortgang
- Kein aufwändiges Einrüsten der Fassaden notwendig
- Auch Teilflächen von Fassaden können gedämmt werden
- Minimierung der Lichtverluste durch Abschrägung der Fenster
Innenlaibungen möglich

Innendämmungen haben viele Vorteile

Die berechtigte Forderung nach verbesserter Wärmedämmung hat in den letzten Jahrzehnten zum Verlust zahlreicher historischer und ortsbildprägender Fassaden durch außen angebrachte Dämmschichten geführt. Dabei sind in vielen Fällen Innendämmungen die bessere Lösung. Bezüglich der befürchteten Risiken sind sie besser als ihr Ruf.

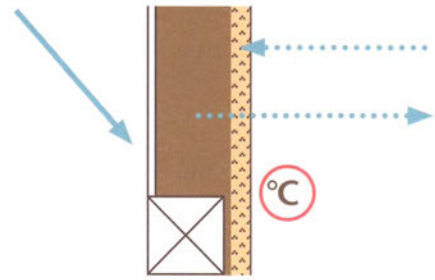
Bei den hier vorgestellten Innendämmtechniken aus Lehm und anderen Naturbaustoffen legen wir Wert auf hohe Fehlertoleranz in der Anwendung und gute Trocknungsmöglichkeiten während der Nutzung. Lehmstoffe können Feuchte aus der Luft aufnehmen und zwischenspeichern (sorbieren). Gelangt einmal Regen- oder Tauwasser ins Bauteil, so wird es kapillar zu den Verdunstungsflächen abgeleitet.

Die CLAYTEC Arbeitsblätter 3.1, 3.2 und 3.3 zur Innendämmung mit Lehmstoffen beschreiben Materialien und Bautechniken. Dort sind konstruktive Einzelheiten und Detaillösungen erläutert.

CLAYTEC Innendämmungen bilden zusammen mit unseren Ausfachungsmaterialien und Lehmputzen schlüssige und aufeinander abgestimmte Naturbaustoff-Systeme. Bei Fragen rufen Sie uns einfach an, wir beraten Sie gerne.

Anforderungen und Wirtschaftlichkeit

- Maximum an Dämmung
- Minimum an Raumverlust
- Sicherheit und Fehlertoleranz bei Planung, Ausführung und Nutzung
- Lösungen, bei denen die Regeln der Technik berücksichtigt werden



Forderungen technischer Regelwerke

Mindestwärmeschutz ¹⁾	$R_{ges} \geq 1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$	DIN 4108
Tauwasserschutz allgemein ²⁾	Austrocknung im Sommer	DIN 4108
	Tauwasser max. $\leq 1000 \text{ g}$	
Austrocknungsgewährleistung bei bewittertem Sichtfachwerk	Tauwasser max. $\leq 500 \text{ g}$	WTA
	Keine dampfsperrenden Schichten	
	Kapillar leitfähige Dämmstoffe	
	Kapillar kontaktschlüssige Konstruktionen	
	Ausführung leckagen- und hohlraumfrei	
	$S_{di} 0,5 - 2,0 \text{ m}$	
Begrenzung der Einbaufeuchte	$R_i \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$	Lehmbau Regeln
	Leichtlehm im Feuchteinbau $D \leq 15 \text{ cm}$ ³⁾	
	Mauerwerkshinterfüllungen und Ausgleichschichten im Feuchteinbau $D \leq 3 \text{ cm}$	

1) Zur Vermeidung von Oberflächentauwasser und Schimmelbildung

2) Nachweisfrei bei $R_i \leq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ und $S_{di} \geq 0,5 \text{ m}$ bei Mauerwerk

3) Bei Außenwänden aus diffusionsoffenen und kapillar gut leitfähigen Baustoffen (Strohlehm, historische Ziegel) $D \leq 20 \text{ cm}$ zulässig

Schlagregenbeanspruchung

Sichtfachwerkwände sollen nach Ansicht der WTA ¹⁾ und anderer Fachleute nur einer begrenzten Schlagregenbeanspruchung ausgesetzt werden. Besonders in Regionen der Schlagregenbeanspruchungsgruppen II und III nach DIN 4108 T3 ist die Exposition kritisch zu prüfen. Die tatsächliche Witterungsbelastung einer Fassade kann immer nur im konkreten Einzelfall beurteilt werden. Kriterien sind beispielsweise:

- Lage (frei in der Landschaft oder geschützt, z. B. im Siedlungskern)
- Himmelsrichtung (Wetterseite / abgewandte Seite)
- Zustand der Gefach- und Balkenoberflächen
- Anteil der durch Witterung geschädigten Balken
- Zustand der Fassaden der umliegenden Bebauung
- Spuren früherer Verschalungen oder Verputze auf der gesamten Fachwerkfläche

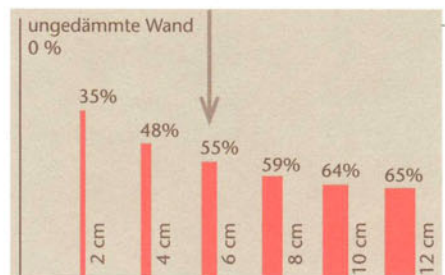
1) Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (Referat 8 Fachwerk)

Wieviel Innendämmung ist sinnvoll?

Die mögliche Energieeinsparung durch Innendämmungen wird meist mit der theoretischen rechnerischen Verbesserung des U-Wertes gleichgesetzt. In der Realität wird sie jedoch durch zahlreiche andere Einflussfaktoren mitbestimmt. Dazu gehören die im Vergleich zum Neubau meist höheren Luftwechsel und Verluste durch Wärmebrücken. Diese Einflüsse relativieren die Bedeutung der Dämmstoffschichtdicke maßgeblich. Dazu die **Energieagentur NRW**:

„Schon mit einer Dämmdicke von 6 cm kann der Wärmeverlust um mehr als 50% reduziert werden - auch dann wenn die Wärmebrückeneffekte durch fehlende Dämmung bei den Decken- und Wandanschlüssen mit berücksichtigt werden. ...

... der Kurvenverlauf wird schon bei recht geringen Dämmdicken relativ flach, so dass auch mit einer Verdopplung auf 12 cm nur noch wenig mehr an Einsparung herauszuholen ist.“



% Energieeinsparung praktisch incl. Wärmebrücken

Quelle: Energieagentur NRW, Seminar Blatt WWA014

Wieviel muss ich dämmen?

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) wurde mit dem Ziel der Einsparung von Primärenergie bei der Beheizung von Gebäuden eingeführt. Dies wird durch verbesserte Wärmedämmung, aber auch durch Luftdichtung und verbesserte Anlagentechnik erreicht. Um das Erscheinungsbild von Baudenkmalern und erhaltenswerter Bausubstanz zu wahren, sieht die EnEV 2007 im § 24 eine Ausnahmeregelung vor (s. auch § 25 Befreiungen). Zur Klärung von Auslegungsfragen für Sichtfachwerk bei Schlagregenbeanspruchung veröffentlichte das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) eine Stellungnahme (www.dibt.de).

EnEV 2007, Abschnitt 6, § 24 Ausnahmen

(1) Soweit bei Baudenkmalern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen dieser Verordnung die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen, kann von den Anforderungen dieser Verordnung abgewichen werden.

Grundsätzliches zu Konstruktion und Ausführung

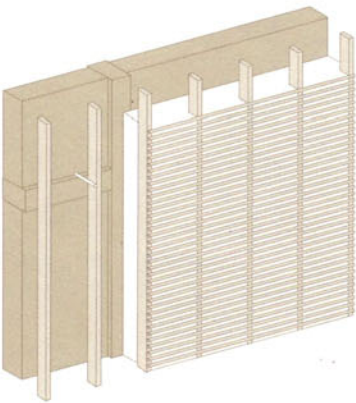
Die feuchteschutztechnische Priorität der hier vorgeschlagenen Innendämmsysteme liegt auf der sicheren Austrocknung bei auftretenden Belastungen. Entsprechend sind die Schichtaufbauten **nach Möglichkeit diffusionsoffen** gewählt.

Zusätzliche Feuchtebelastungen z. B. aus **kapillar aufsteigender Feuchte** oder **Salzbelastungen** sind nicht berücksichtigt, sie müssen ausgeschaltet bzw. minimiert werden.

Alle den Dampfstrom **sperrenden Schichten** sind von den Bestandswänden zu entfernen. Der Einbau der Dämmschichten erfolgt im vollflächigen **kapillaren Kontakt-schluss**, Hohlräume sind unbedingt zu vermeiden. Zur sicheren **Austrocknung von Einbaufeuchten** sind Maximalstärken und konstruktive Grundsätze zu beachten (siehe z. B. CLAYTEC Arbeitsblätter oder *Lehmbau Regeln* des Dachverband Lehm). Ausreichende Trocknungszeiten sind einzuplanen.

Besonderes Augenmerk ist auf die möglichst **leckagenfreie Ausführung** zu richten. Luftströme in und durch die Bauteile bewirken nicht nur Energieverlust, sondern können zur Beschädigung der Konstruktion durch Kondenswassereintrag führen. Wir empfehlen die handwerklich sorgfältige Ausführung: Spalten und Fugen werden mit Lehmörtel verstrichen, Holzbalken sauber eingeputzt. Die beschriebenen CLAYTEC Innendämmungen sind ausreichend fehlertolerant um geringfügige Feuchteinträge zu verkraften.

Leichtlehm



Claytec Leichtlehm 600 (LL)
 λ 0,17 W/mK
Schalenstärke 10 -20 cm

VORTEILE

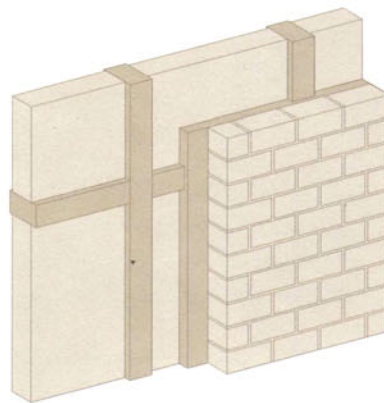
- Vorsprünge und Installationen können leicht eingebaut werden
- Plastische Masse zur Verfüllung sämtlicher Hohlräume

ZU BERÜCKSICHTIGEN

- Trockenzeiten bei kurzen Bauzeiten ggf. problematisch

Technische Details und Ausführung siehe **CLAYTEC Arbeitsblatt 3.1**

Leichtlehmsteine



Claytec Leichtlehmsteine 2DF 700 (LLS)
 λ 0,21 W/mK
Schalenstärke 11,5 + 3 cm LLM ¹⁾

VORTEILE

- Mauerwerkstechnik, von üblichen Bauunternehmen auszuführen

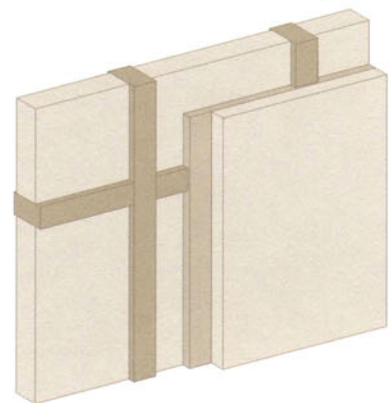
ZU BERÜCKSICHTIGEN

- Lastabtragung durch zusätzliche Fundamente o. ä. notwendig
- Innenraumverlust durch große Schalenstärke vergleichsweise hoch

Technische Details und Ausführung siehe **CLAYTEC Arbeitsblatt 3.2**

¹⁾ Claytec Leichtlehm-mauermörtel 1200 (LLM)

Dämmplatten



Claytec Holzfaserdämmplatten (HFD) ²⁾
 λ 0,050 W/mK / 0,045 W/mK
Schalenstärke 4 - 6 cm

VORTEILE

- Wirtschaftlichkeit
- Innenraumverlust gering
- Trockenzeiten entfallen

ZU BERÜCKSICHTIGEN

- Schlagregenproblematik
- Bei Dämmstärken > 6 cm Einzelnachweis empfohlen

Technische Details und Ausführung siehe **CLAYTEC Arbeitsblatt 3.3**

²⁾ lieferbar ab 01.04.08

Dimensionierung mit CLAYTEC Produkten

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick geeigneter Innendämmungen im Fachwerk- und Massivbau. Wir unterscheiden auf der einen Seite zwischen der **Minimaldämmung** im Sinne der WTA-Anforderungen für *bewitterte Fachwerkwände* bzw. der Nachweisfreiheit nach DIN 4108 für *Mauerwerk* sowie auf der anderen Seite einer wirtschaftlichen **Normaldämmung**. Darüber hinausgehende dampfsperrenfreie Innendämmungen sollen im Einzelfall nachgewiesen werden. Gerne vermitteln wir den Kontakt zu einem in Fragen der Innendämmung und Denkmalpflege versierten und erfahrenen Bauphysikbüro.







Bauphysikalische Werte	kg/m ³	λ W/mK	μ
Lehmputz ⁷⁾	1600	0,73	10
Lehm (Ausfachung)	700	0,21	5
Lehm (Ausfachung)	1200	0,47	5
Ziegel-Mauerwerk	1600	0,68	10
Naturstein-Mauerwerk	2200	1,9	15
3.1 LL Leichtlehm	600	0,17	5
3.2 LLS Leichtlehmstein	700	0,21	5
3.3 HFD Holzfaserdämmpl.	240	0,050	5
	180	0,045	5

Bestehende Außenwand

Minimaldämmung ^{1) 2)}

$$R_i \leq 0,8$$

Normaldämmung ²⁾

	U-Wert W/m ² K ungedämmt		U-Wert W/m ² K gedämmt		U-Wert W/m ² K gedämmt	
	1 Fachwerkwand 14 cm Lehm 700 kg/m ³ Holzart Eiche Außenputz Kalk Innenputz Lehm	1,20	3.1 LL 10 cm 3.2 LLS 11,5 cm 3.3 HFD 0,050 4 cm	0,70 0,68 0,60	3.1 LL 15 cm 3.3 HFD 0,045 6 cm	0,58 0,46
	2 Fachwerkwand 14 cm Lehm 1200 kg/m ³ Holzart Eiche Außenputz Kalk Innenputz Lehm	1,69	3.1 LL 10 cm ⁴⁾ 3.2 LLS 11,5 cm ⁴⁾ 3.3 HFD 0,050 4 cm	0,82 0,81 0,69	3.1 LL 15 cm 3.3 HFD 0,045 6 cm	0,66 0,50
	3 Fachwerkwand 14 cm Ziegel 1600 kg/m ³ Holzart Eiche Innenputz Lehm	1,93	3.1 LL 10 cm ^{3) 4)} 3.2 LLS 11,5 cm ⁴⁾ 3.3 HFD 0,050 4 cm	0,87 0,85 0,72	3.1 LL 15 cm ³⁾ 3.3 HFD 0,045 6 cm	0,69 0,52
	4 Fachwerkwand 14 cm Naturstein 2200 kg/m ³ Holzart Eiche Innenputz Lehm	2,66	3.1 LL 10 cm ^{3) 4)} 3.2 LLS 11,5 cm ^{3) 4)} 3.3 HFD 0,050 4 cm ⁴⁾	0,96 0,94 0,78	3.1 LL 15 cm ^{3) 4)} 3.3 HFD 0,045 6 cm ³⁾	0,74 0,55
	5 Mauerwerk 24 cm ⁵⁾ Ziegel 1600 kg/m ³ Innenputz Lehm	1,82	3.1 LL 10 cm ⁴⁾ 3.2 LLS 11,5 cm ⁴⁾ 3.3 HFD 0,050 4 cm	0,87 0,85 0,72	3.1 LL 15 cm 3.3 HFD 0,045 6 cm	0,69 0,52
	6 Mauerwerk 30 cm ⁶⁾ Naturstein 2200 kg/m ³ Innenputz Lehm	2,82	3.1 LL 10 cm ⁴⁾ 3.2 LLS 11,5 cm ⁴⁾ 3.3 HFD 0,050 4 cm ⁴⁾	1,05 1,02 0,85	3.1 LL 15 cm ⁴⁾ 3.3 HFD 0,045 6 cm	0,80 0,58

1) Die Minimaldämmung zielt auf einen Kompromiss zwischen den Forderungen der WTA (Feuchteschutz Sichtfachwerk) und der DIN 4108 (Mindestwärmeschutz). Bei den hier im Sinne einer Grenzwertbetrachtung gewählten kritischen, d. h. thermisch ungünstigen, Bestandswänden können diese Forderungen unvereinbar sein. Dem Feuchteschutz ist Vorrang eingeräumt. Für die Beurteilung des Mindestwärmeschutzes von Fachwerkwänden wurden die Holzbalkenanteile abweichend von DIN 4108 T2 mit berücksichtigt (Holzanteil 40 %, Ausfachungsanteil 60 %).

2) Hygrothermischer Nachweis nach DIN 4108 T3 hier geführt mit COND 1.6.3 (TU Dresden, Institut für Bauklimatik)

3) Der Tauwasserausfall nach COND erfüllt nicht die Anforderung für bewitterte Fachwerkwände nach WTA ≤ 500 g, jedoch deutlich < 1000 g

4) Der Mindestwärmeschutz erfüllt nicht die Anforderung nach DIN 4108 $R_{ges} \geq 1,2$ m²K/W (Anforderung alte DIN 4108 aus 8-1981: $R_{ges} \geq 0,55$ m²K/W):

U-Wert 0,75 W/m²K $\triangleq R_{ges} \geq 1,16$ m²K/W

U-Wert 0,85 W/m²K $\triangleq R_{ges} \geq 1,00$ m²K/W

U-Wert 0,95 W/m²K $\triangleq R_{ges} \geq 0,88$ m²K/W

U-Wert 1,05 W/m²K $\triangleq R_{ges} \geq 0,78$ m²K/W

5) Hygrothermischer Nachweis auch für 36⁵ cm dicke Wände durchführbar

6) Hygrothermischer Nachweis auch für bis zu 80 cm dicke Wände durchführbar

7) COND μ -Wert 1,5, hier abgemindert auf μ -Wert 10 (DIN 4108 μ -Wert 5/10)

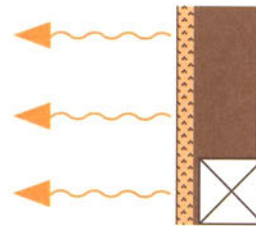
Unterstützung durch das Heizsystem

Wandflächenheizungen

Wandflächenheizsysteme bestehen aus Rohrregistern, die mit plastischem Mörtel eingeputzt werden. Für den Trockenbau sind sie auch als Klimaelemente erhältlich. Wandflächenheizungen ermöglichen eine Raumbeheizung ohne den Einbau zusätzlicher Heizkörper. Das macht sie für die Sanierung und Denkmalpflege attraktiv.

Ein weiterer Vorteil ist die geringe Vorlauf- und damit Oberflächentemperatur der Heizflächen. Die Wärme wird in erster Linie durch Strahlung übertragen. Dies hilft Energie sparen: Ein mit hohem Strahlungswärmeanteil geheizter Raum kann bei gleichem Wohlbefinden eine geringere Temperatur haben als ein Raum, der primär durch warme Luft erhitzt wird. Durch die Reduzierung der Oberflächentemperatur werden außerdem Zugscheinungen, Staubverschmelzung und die Verunreinigung der Luft durch Partikelverwirbelung minimiert.

Das unter Komfort- und physiologischen Gesichtspunkten für den Menschen wertvolle Strahlungswärmesystem nutzt auch dem Bauteil: Durch großflächige Wandtemperierung werden die Bauteile trockengehalten und so ihre Lebensdauer erhöht. Moderat dimensionierte Innendämmungen erlauben ein schnelles Aufheizen der Räume, die Außenbauteile werden dabei jedoch nicht vollständig vom Wärmestrom abgekoppelt.



Kombination mit Lehmputz

Die im Lehmputz integrierte Wandheizung kombiniert die bauphysikalischen Vorteile des Lehmputzes mit den physiologisch günstigen Eigenschaften der Wandflächenheizung. Die hervorragenden feuchtigkeitsausgleichenden sowie wärmespeichernden Fähigkeiten des Baustoffes Lehm wirken unterstützend auf die bauwerkserhaltenden Effekte der Wandheizung. Entscheidend dabei ist das kompakt im Lehm eingebettete Wandheizungsrohr, welches eine gleichmäßige Wärmeverteilung über die Wandfläche und in den Raum ermöglicht. Auftretende Feuchtigkeit wird durch den Lehm aufgenommen und durch die Wandheizung verstärkt an die Oberfläche transportiert.

Die Oberflächen der Lehmputze gewährleisten eine vielgerichtete Emission der Wärmestrahlung. Auch nach langen Zeiträumen gibt der Lehmputz eingelagerte Wärmemengen in den Raum ab und trägt so zur weiteren Reduzierung der Vorlauftemperaturen bei. Der Wärmeeintrag in den Raum wird auf diese Weise energiesparend optimiert.

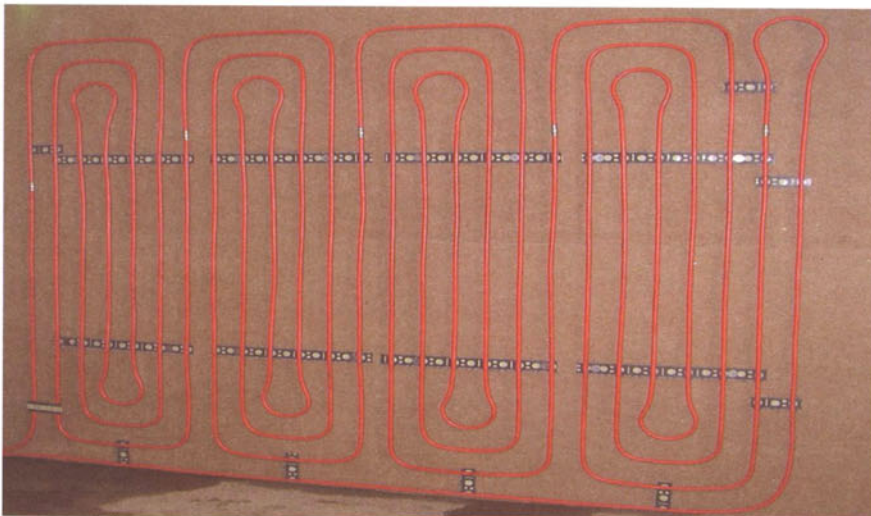


Foto WEM, weitere Info siehe CLAYTEC Arbeitsblatt 6.1 oder www.wem-wandheizung.de.

AUSBLICK - Zur möglichen Effizienz von Innendämmungen

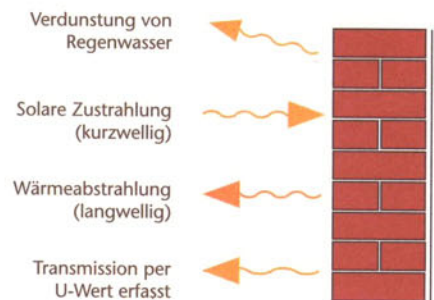
Die Wärmeverluste eines Gebäudes setzen sich aus Lüftungswärmeverlusten und Transmissionswärmeverlusten (erfasst durch die U-Werte der Bauteile) zusammen. Einträge sind die Wärmeabgaben beispielsweise von Geräten oder auch der Bewohner.

Die Realität ist jedoch viel komplexer als die vereinfachende Betrachtungsweise auf der Basis des U-Wertes. Wesentliche Wärmeverluste entstehen beispielsweise durch Verdunstung nach einem Regen oder durch langwellige Wärmeabstrahlung. Dies relativiert u.a. die Einsparwirkung durch Dämmschichten. Wesentliche Zugewinne bringt dagegen die solare Zustrahlung. Sie ist auch in einem kühlen Land wie Deutschland beachtlich: Außenwänden werden im Mittel (24 Std./Tag) der Heizperiode (250 Tage) ca. 65 W/m² zugeführt (Quelle: Dülmener Papier, Prof. Lothar Siebel, 2000). Durch außen angebrachte Dämmschichten werden massive Außenbauteile vom solaren Energieeintrag weitgehend abgeschnitten.

Ein Beispiel zeigt, dass sogar ungedämmte massive Außenwände unter energetischen Gesichtspunkten besser als üblicherweise angenommen beurteilt werden können: Eine historische Ziegelwand mit einer Rohdichte von 1600 bis 1800 kg/m³ und 39 cm Stärke hat einen rechnerischen Norm U-Wert von 1,3 - 1,5 W/m²K. Bei einem realistischen mittleren Temperaturunterschied zwischen innen (20° C) und außen (6° C) von 14 K ergibt sich ein Energieverlust von 18 - 21 W/m². Dem steht die solare Zustrahlung von 65 W/m² gegenüber. Die dicke ungedämmte Wand trägt in weiten Teilen des Jahres viel weniger zum Energieverlust bei, als zu vermuten wäre.

Durch die Aufheizung der Außenbauteile wird der Energiestrom im Bauteil reduziert, der solare Energiegewinn funktioniert also insbesondere als *indirekte Verbesserung des U-Wertes*. Die tagsüber erwärmten massiven Wände wirken auch als energetische Pufferspeicher in die kälteren Abendstunden hinein. Allgemein dämpfen sie den Effekt von Außenklimaschwankungen. Die Wirksamkeit ist abhängig von der Außenfarbe und von der Speichermasse der Außenwand. Sie wird durch Schlagregeneinwirkung oder Verschattung gemindert.

Unter Berücksichtigung aller Faktoren können Außendämmungen weniger Energieeinsparung zur Folge haben als die auf DIN-Annahmen beruhenden Berechnungen vermuten lassen. Das folgende Beispiel zeigt den Energiebedarf einer Doppelhaushälfte in Mönchengladbach, deren Außenwände im Frühjahr 1999 gedämmt wurden. Die Außenfarbe blieb gleich. Alle anderen Außenbauteile und die Heizungsanlage blieben unverändert, auch die Innentemperatur und das Nutzerverhalten änderten sich nicht. Die U-Werte alt und neu bilden die Wirklichkeit weitgehend realistisch ab. Gründe für die geringere tatsächliche Energieeinsparung können im Wegfall solarer Zugewinne für die Bauteile liegen.



Beispiel Energiebedarf EFDH in Mönchengladbach, Außenwanddämmung April 1999, 8 cm mit λ 0,04

Einsparung nach theoretischer Rechnung		Einsparung nach Energieverbrauch		
		Jahr	m ³ Erdgas	Q in kWh
U-Wert 1999 und zuvor	1,33 W/m ² K	1997	2.034	20.222
U-Wert nach 1999	<u>0,35 W/m²K</u>	1998	2.065	20.504
dU (Differenz U-Werte)	0,98 W/m ² K	1999	1.940	19.273
BAUMABNAHME				
dU x dT x Fläche x Tage x 24 Std. / 1.000		2000	1.541	15.330
0,98 14 136 250 24 / 1.000		2001	1.591	15.778
= 11.231 kWh		2002	1.459	14.509
		2003	1.579	15.748
		2004	1.315	13.059
		2005	1.380	13.756
		i. M. 1999 und zuvor		20.000
		i. M. nach 1999		<u>14.697</u>
Theoretische Einsparung	11.231 kWh	Tatsächliche Einsparung		5.303

Quelle SWA Institut Aachen

CLAYTEC e. K.
 Nettetaler Straße 113
 41751 Viersen-Boisheim

Telefon
 02153/918-0

Telefax
 02153/918-18

Internet
www.claytec.com

e-mail
service@claytec.com