

INNENDÄMMUNG



TECHNISCHE REGELUNGEN DÄMMSTÄRKEN-AUSLEGUNG U-WERTE UND VERBESSERUNGSMAßE

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. Risiken sind bei richtiger Ausführung nicht zu befürchten, dies zeigt die Praxis vieler guter Beispiele der letzten Jahre.

In diesem Blatt werden bauphysikalische und bautechnische Grundlagen zur Innendämmung vorgestellt. Die in den maßgeblichen Regelwerken formulierten Anforderungen sind übersichtlich zusammengestellt. Die Konstruktionen sind theoretisch nachweisbar und praktisch tauglich. Für die wichtigsten historischen Konstruktionen werden Vorschläge zur Dämmstärke gemacht, die Reduzierung des Wärmedurchgangs ist tabellarisch aufgelistet. Tauwassermengen sind mit dem Verfahren COND der TU Dresden ermittelt. 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). Entsteht einmal Feuchtigkeit im Bauteil, so wird sie 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.

- Kulturwelterhaltung
- 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 Abschragung der Fenster-Innenlaibungen

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	
	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	$R_i \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$	Lehnbau Regeln
	Leichtlehm im Feuchteinbau $D \leq 15 \text{ cm}$ ³⁾ Mauerwerkshinterfüllungen und Ausgleichschichten im Feuchteinbau $D \leq 3 \text{ cm}$ ⁴⁾	

- 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 $D \leq 20 \text{ cm}$ zulässig
- 4) Nach Claytec Arbeitsblatt 3.3 Ausgleichschichten $D \leq 10 \text{ mm}$ zur Minimierung der Trockenzeit im Bauteil

Schlagregenbeanspruchung

Sichtfachwerkwände sollen nach Ansicht der WTA ¹⁾ und anderer Fachleute nur einer begrenzten Regenbeanspruchung ausgesetzt werden. Die Schlagregenbelastung von fachwerksichtigen Fassaden sollte weniger als 140 l/m^2 pro Jahr betragen. Der Grenzwert entspricht etwa der Beanspruchungsgruppe I nach DIN 4108. Besonders in Regionen der Schlagregenbeanspruchungsgruppen II und III nach DIN 4108 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

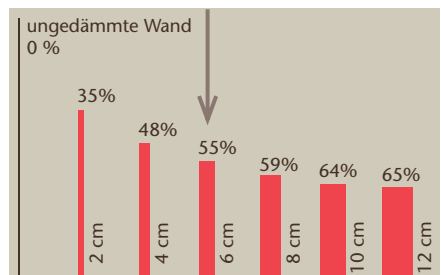
1) Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (Referat 8 Fachwerk)

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 Baudenkmälern 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 Baudenkmälern 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.

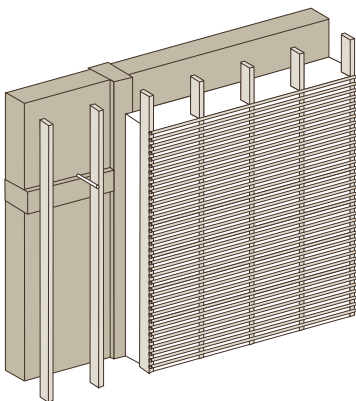
Die CLAYTEC Innendämmsysteme

Grundsätzliches zu Konstruktion und Ausführung

Die feuchteschutztechnische Priorität der hier vorgeschlagenen Innendämmsysteme liegt auf der sicheren Austrocknung bei auftretenden Belastungen. Entsprechend sind die Schichtaufbauten möglichst **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 Kontaktschluss**. Vollflächiger, möglichst Fehlstellen-freier Kontaktschluss mit dem Untergrund muss gewährleistet sein. 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 Lehmmörtel 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

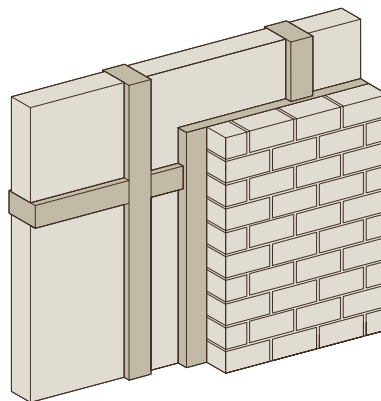
- Vorsprünge und Installationen können leicht eingebaut werden
- Plastische Masse zur Verfüllung sämtlicher Hohlräume

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

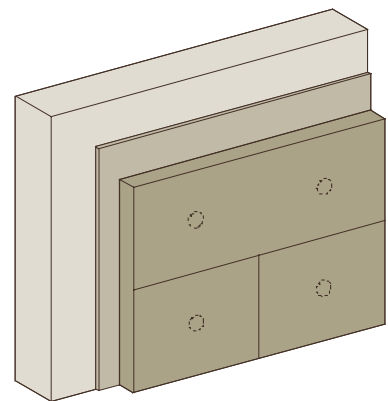
ZU BERÜCKSICHTIGEN

- 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)
 λ 0,045 W/mK
Schalenstärke 4-6 cm

VORTEILE

- Wirtschaftlichkeit
- Innenraumverlust gering
- Trocknungszeiten entfallen

ZU BERÜCKSICHTIGEN

- Schlagregenproblematik
- > 6 cm Dämmdicke sorgfältige objektbezogene Detailplanung
- > 8 cm Dämmdicke Einzelnachweis des Feuchteschutzes

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

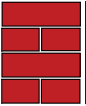
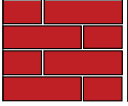
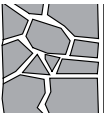
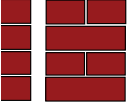
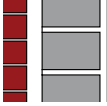

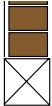


Dimensionierung mit CLAYTEC Produkten

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick geeigneter Innendämmungen im Massiv- und Fachwerkbau. Die Fußnoten beschreiben die Feinheiten der Betrachtung.

Die maßvoll dimensionierte **Minimaldämmung** stellt im Sinne der WTA-Anforderungen (für bewitterte Fachwerkwände) bzw. der Nachweisfreiheit im Sinne der DIN 4108 (für Mauerwerk) den Bautenschutz und die Fehlertoleranz in den Vordergrund.

Die höher dimensionierte **Normaldämmung** bietet für die üblichen Anwendungsfälle wirtschaftliche und energieeffiziente Lösungen.

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

Bestehende Außenwand	Minimaldämmung ¹⁾		Normaldämmung ²⁾		
	U-Wert W/m ² K ungedämmt	R _i ≤ 0,8 ³⁾	U-Wert W/m ² K gedämmt	U-Wert W/m ² K gedämmt	
 1 Mauerwerk 24 cm Ziegel 1600 kg/m ³ Innenputz Lehm	1,82	3.1 LL 10 cm	0,87	3.1 LL 15 cm	0,69
		3.2 LLS 11,5 cm	0,85	3.3 HFD 6 cm	0,52
		3.3 HFD 4 cm	0,68		
 2 Mauerwerk 36,5 cm Ziegel 1600 kg/m ³ Innenputz Lehm	1,36	3.1 LL 10 cm	0,75	3.1 LL 15 cm	0,62
		3.2 LLS 11,5 cm	0,74	3.3 HFD 6 cm	0,48
		3.3 HFD 4 cm	0,61		
 3 Mauerwerk 30 cm ⁴⁾ Naturstein 2200 kg/m ³ Innenputz Lehm	2,82	3.1 LL 10 cm	1,05	3.1 LL 15 cm	0,80
		3.2 LLS 11,5 cm	1,02	3.3 HFD 6 cm	0,58
		3.3 HFD 4 cm	0,79		
 4 Mw. zweischalig 39,5 cm Verblender 1800 kg/m ³ Luftschicht, Ziegel 1800 kg/m ³ Innenputz Kalk	1,28	3.3 HFD 4 cm	0,60	3.3 HFD 6 cm	0,47
 5 Mw. zweischalig 33 cm Verblender 1800 kg/m ³ Luftschicht, KS 1400 kg/m ³ Innenputz Kalk	1,19	3.3 HFD 4 cm	0,57	3.3 HFD 6 cm	0,45
 6 Fachwerkwand 14 cm Außenputz Kalk Eichenholz/Lehm 700 kg/m ³ Innenputz Lehm	1,20	3.1 LL 10 cm	0,70	3.1 LL 15 cm	0,58
		3.2 LLS 11,5 cm	0,68		
		3.3 HFD 4 cm	0,57		
 7 Fachwerkwand 14 cm Außenputz Kalk Eichenholz/Lehm 1200 kg/m ³ Innenputz Lehm	1,69	3.1 LL 10 cm	0,82	3.1 LL 15 cm	0,66
		3.2 LLS 11,5 cm	0,81		
		3.3 HFD 4 cm	0,65		
 8 Fachwerkwand 14 cm Eichenholz/Ziegel 1600 kg/m ³ Innenputz Lehm	1,93	3.1 LL 10 cm	0,87	3.1 LL 15 cm	0,69
		3.2 LLS 11,5 cm	0,85		
		3.3 HFD 4 cm	0,68		
 9 Fachwerkwand 14 cm Eichenholz/Stein 2200 kg/m ³ Innenputz Lehm	2,66	3.1 LL 10 cm	0,96	3.1 LL 15 cm	0,74
		3.2 LLS 11,5 cm	0,94		
		3.3 HFD 4 cm	0,72		

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 kollidieren. Dem Feuchteschutz ist Vorrang eingeräumt.

Die *Minimaldämmung* berücksichtigt bezüglich R_i und S_{di} die WTA-Forderungen. Bezüglich der Tauwassermengenbegrenzung wird sie als nachweisfrei betrachtet.

2) Für die *Normaldämmung* hygrothermischer Nachweis nach DIN 4108 T3, hier geführt mit COND 1.6.3 (TU Dresden, Institut für Bauklimatik)

Für Fachwerkwände 6-9 Begrenzung der jährlichen Tauwassermenge im Gefachbereich auf 1,0 kg/m², im Balkenbereich auf 0,5 kg/m². Für Massivwände 1-5 Begrenzung der jährlichen Tauwassermenge auf 1,0 kg/m².

Hygrothermische Nachweise auch für 8 cm HFD durchführbar. In diesen Fällen Verbesserungen der U-Werte um 15-20% im Vergleich zu den hier ausgewiesenen Werten *Normaldämmung*. Bei 8 cm HFD müssen die Detaillösungen für feuchtetechnisch schwierige Anschlusssituationen (Fensterlaibungen, einbindende Wände und Decken, Auflagerbereiche von Deckenbalken) sorgfältig und im Einzelfall durch einen Fachplaner entwickelt werden.

3) Geringfügige Überschreitungen von ca. 10% sind möglich.

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

5) COND μ-Wert 15, hier abgemindert auf μ-Wert 10 (DIN 4108 μ-Wert 5/10)

Unterstützung durch das Heizsystem

Wandflächenheizungen mit Lehmputz

Innendämmungen erlauben durch die energetische Entkopplung von Raumluft und Außenwandmasse die schnelle Aufwärmung der Räume. Dies kommt dem modernen Nutzerverhalten sehr entgegen. Hier sind schon geringe Dämmdicken effektiv und wirken sich günstig auf den Gesamtenergieverbrauch der Beheizung aus.

Die Art der Wärmeverteilung hat ebenfalls großen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Raumerwärmung. Besonders effektiv sind Wandflächenheizsysteme. Sie bestehen aus Rohrregistern, die mit plastischem Mörtel eingeputzt werden. Für den Trockenbau sind sie auch als Klimatelemente erhältlich. Wandflächenheizungen ermöglichen eine Raumbeheizung ohne den Einbau zusätzlicher Heizkörper. Das macht sie für die Sanierung und Denkmalpflege attraktiv.

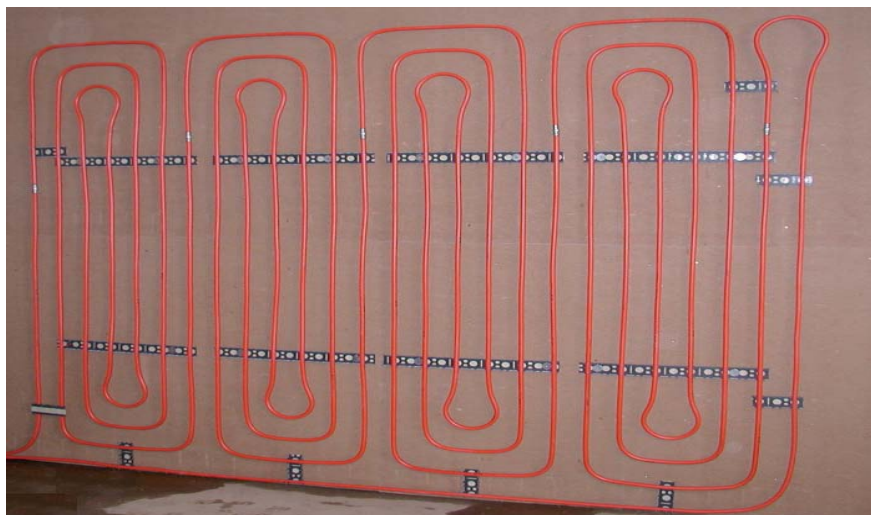
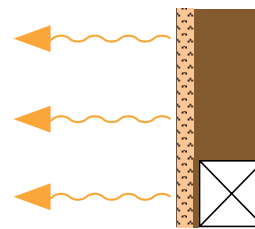
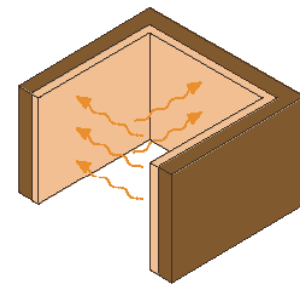
Ein weiterer Vorteil ist die geringe Vorlauf- und damit Oberflächentemperatur der Heizflächen. Die Wärme wird in erster Linie durch Strahlung übertragen. Dies hilft Energie sparen: Ein mit hohem Strahlungswärmeanteil geheizter Raum kann bei gleichem Wohlbefinden eine geringere Temperatur haben als ein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

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 Lehmputzgewährleisten 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.

Die handwerklichen Arbeitsschritte und Putzaufbauten sind im **CLAYTEC Arbeitsblatt 6.1** beschrieben.



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.

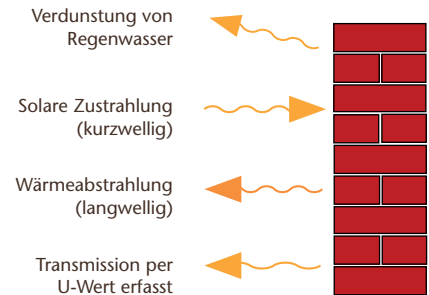
Durch die Aufheizung der Außenbauteile wird der Energiestrom im Bauteil reduziert, der solare Energiegewinn funktioniert also insbesondere als *indirekte Verbesserung des U-Wertes*. Die tagsüber erwärmten massiven Wände wirken auch als energetische Pufferspeicher in die kälteren Abendstunden hinein. 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	0,35 W/m ² K	1998	2.065	20.504
dU (Differenz U-Werte)	0,98 W/m ² K	1999	1.940	19.273
BAUMAßNAHME				
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		14.697
Theoretische Einsparung	11.231 kWh	Tatsächliche Einsparung	5.303	

Quelle SWA Institut Aachen



CLAYTEC e. K.
 Nettetalstraße 113
 41751 Viersen-Boisheim

Telefon
 02153/918-0

Telefax
 02153/918-18

Internet
www.claytec.com

e-mail
service@claytec.com