

5

# Mauerwerk

Zeitschrift für Technik und Architektur

12. Jahrgang  
Oktober 2008  
Heft 5, S. 265 – 272  
ISSN 1432-3427

Sonderdruck

A 43283

## Energieeinsparung schlägt Energieeffizienz

### Energieeinsparung mit Kalksandstein-Konstruktionen

Günter Meyer



# Energieeinsparung mit Kalksandstein-Konstruktionen

Im Hinblick auf die Meseberger Beschlüsse [1] der Bundesregierung, die Vorschriften der Energieeinsparverordnung (EnEV) mehrfach zu verschärfen – erstmals 2009 um 30 % bis hin zur Absicht, in 2020 ohne fossile Brennstoffe im Neubaubereich auszukommen – kommen neue Herausforderungen auf die Bauwirtschaft und damit auch auf die Kalksandsteinindustrie zu. Wegen des seit Jahrzehnten eingeführten Kalksandstein-Bausystems mit der „KS-Funktionswand“ schrecken höhere Anforderungen aber nicht, weil bereits heute praktisch jeder denkbare Wärmeschutz mit der Funktionswand realisierbar ist. Wichtiger ist, dass sich die vorgesehenen Maßnahmen für den Investor „rechnen“ müssen. Ein Nachweis der Wirtschaftlichkeit neuer Anforderungen muss auch zukünftig erforderlich bleiben. Nachteilig wirkt sich aus, dass Fördermaßnahmen des Bundes überwiegend in die Anlagentechnik (und damit zu wesentlichen Teilen ins Ausland gehen [2]), während Innovationen der bautechnischen Seite bestenfalls indirekt belohnt werden. Hier wird deutlich, dass sich die seit Jahrzehnten eingeführte Praxis der Austauschbarkeit von bau- und anlagentechnischen Maßnahmen zur Energieeinsparung nachteilig auswirkt.

Energiesparender Wärmeschutz, Wärmespeicherung (Hitzeschutz), Tragfähigkeit und Schallschutz sind keine Widersprüche, wenn nach dem Prinzip der „KS-Funktionswand“ gebaut wird. Es ist darauf hinzuweisen, dass dieses Konstruktionsprinzip auf der hohen Rohdichte des tragenden KS-Mauerwerks basiert. Wettbewerber, die das Konstruktionsprinzip „Funktionswand“ anwenden wollen, können die Summe der Vorteile, die sich aus einer hohen Rohdichte für Schallschutz, Brandschutz, Tragfähigkeit und Hitzeschutz ergeben, nicht ohne Weiteres erbringen.

Zur Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen ist zu beachten, dass die nach Energieeinsparverordnung (EnEV) [3] zu verwendende Zielgröße „Primärenergiebedarf“ ( $Q_P$ ) kein Maßstab für die Wirtschaftlichkeit ist – ebenso wenig wie die im Sinne des Klimaschutzes geforderte Zielgröße „Minimierung von  $CO_2$ -Emissionen“. Ausschlaggebend für jeden Investor und Mieter ist die Minimierung der Energiekosten, und die sind nur abhängig vom Endenergiebedarf ( $Q_E$ ) und den Kosten für die jeweils eingesetzten Energieträger – also Öl, Gas, Strom etc. Die von der Bundesregierung angestrebte Reduktion von Treibhausgasen wird unter der Voraussetzung unterstützt, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen wirtschaftlich sind. Zu diesem Aspekt sollen einige Hinweise gegeben werden, die sich auf Wohngebäude beschränken.

## 1 Grundlagen zur Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen

### 1.1 Energiepreise

Während die öffentlich bekannt gewordenen Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum derzeit diskutierten Anforderungsniveau bei ca. 6 bis 7 ct/kWh liegen, ist in jüngster Zeit eine dramatische Ölpreissteigerung eingetreten (siehe Bild 1), die nur ein Vorspiel zu weiteren Preis Anpassungen bei den sonstigen Energieträ-

gern sein dürfte. Die vielen Kalkulationen zugrunde liegenden Energiepreise sind also schon heute weitgehend überholt.

### 1.2 Wärmetechnische Kennwerte

Die Energieeinsparverordnungen nach [3] und [5] geben als einzuhaltende Zielgröße den Primärenergiebedarf  $Q_P$  eines Gebäudes vor. Darüber hinaus sind Grenzwerte für den baulichen Wärmeschutz einzuhalten. In

der EnEV 2007 [3] sind dies die Transmissionswärmeverluste ( $H_T$ ), in denen die Bauteilflächen, die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile und die Wärmebrücken enthalten sind. Im Entwurf der EnEV 2009 [5] soll das über Mindestanforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Bauteile kompensiert werden. Dies funktioniert allerdings nur bei „üblichen“ Flächenanteilen einzelner Bauteile am Gesamtgebäude. Bei großen Glasflächen kann der bisher übliche Gebäudestandard nicht gehalten werden.

Die beiden Kennwerte  $Q_P$  und  $H_T$  sagen zunächst nichts über mögliche Heizkosten aus, da nicht der Primärenergiebedarf, sondern immer der Endenergiebedarf ( $Q_E$ ) bezahlt werden muss. Insbesondere bei der Nutzung von Energieträgern mit geringen Primärenergiefaktoren (z. B. Holz) kann die anscheinend problemlose Erfüllung der staatlich verordneten Anforderungen zum wirtschaftlichen Fiasko führen. Hinweise dazu gibt Bild 2.

In Bild 3 [6] ist für ein Mehrfamilienhaus anschaulich dargestellt, welche Ergebnisse entstehen, wenn unterschiedliche Zielgrößen optimiert werden. Die Ergebnisse basieren auf nahezu gleichem Heizwärmebedarf (Ausnahme: Anlage 1). Sollen die Heizkosten optimiert werden, ist Anlage 4 zu empfehlen. Den geringsten Primärenergiebedarf weist Anlage 6 auf. Die geringsten  $CO_2$ -Emissionen hat vermutlich die Anlagentechnik Nr. 5 (erneuerbarer Brennstoff).

Eine Verbesserung des baulichen Standards von EnEV 2007 zum KfW-60-Standard führt dagegen bei allen Anlagenvarianten zu deutlichen Heizkostenabsenkungen.

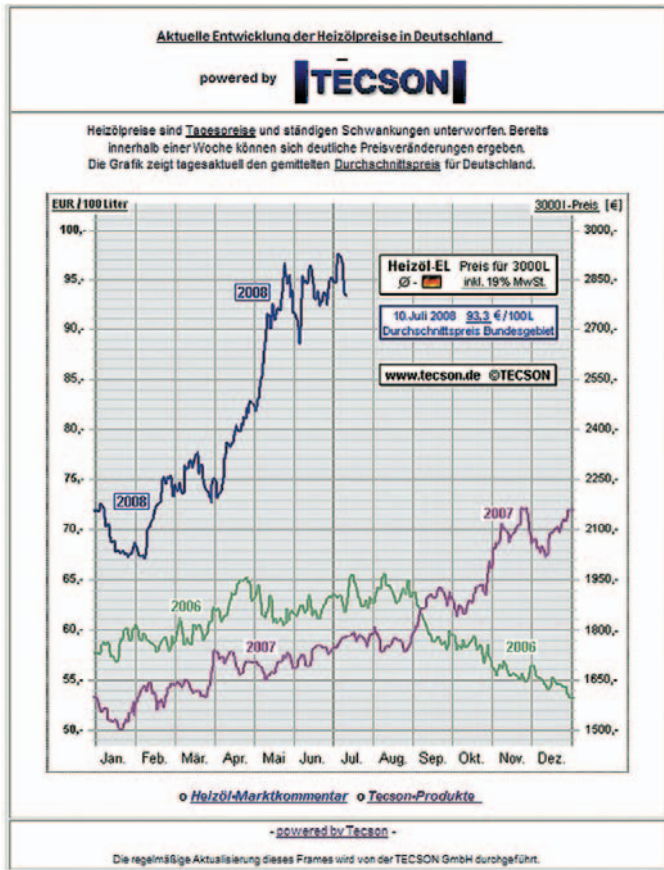


Bild 1. Ölpreisenwicklung ab 2006 nach [4]

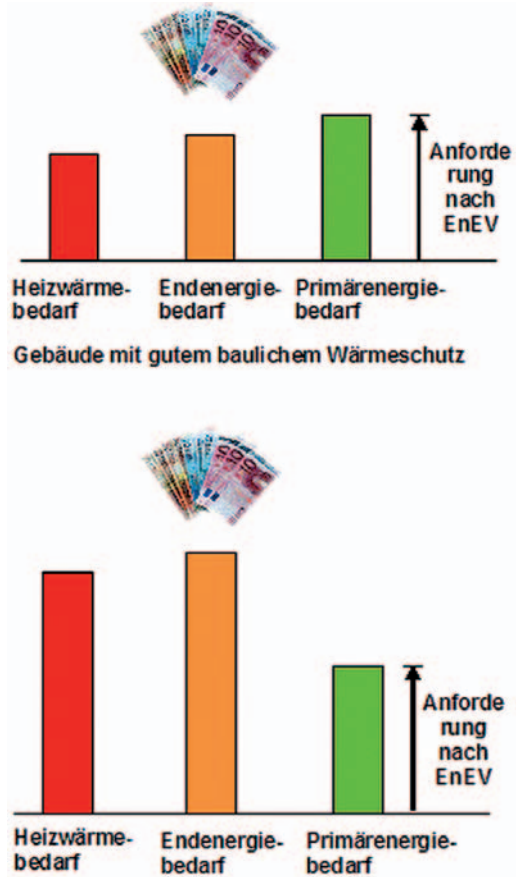


Bild 2. Der Endenergiebedarf ist der Maßstab für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

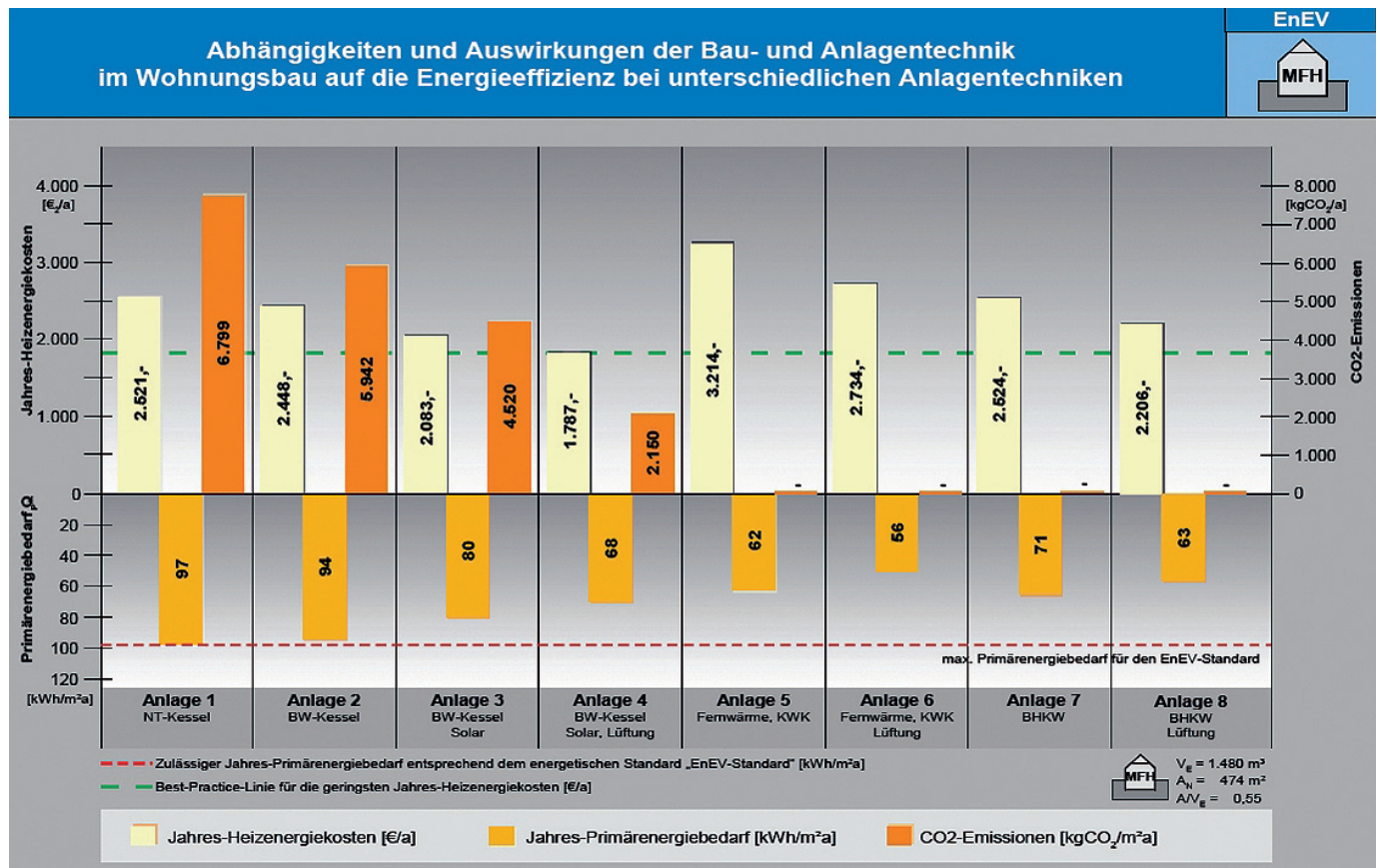


Bild 3. Die Optimierung unterschiedlicher Zielgrößen führt zu unterschiedlichen Ergebnissen [6]

Tabelle 1. Investitions-Kennwerte für Bauteile und Anlagentechnik bei optimierter Planung [7]

Bauteil/-Anlage	Dämmdicke/Standard		Mehrinvestition <sup>1)</sup> je m <sup>2</sup> Bauteil-Fläche	Bemerkungen
	EnEV	Passivhaus		
Außenwand	12–16 cm	24–30 cm	9,30 €	0,70 €/m <sup>2</sup> für 1 cm Dämmdicke zzgl. konstruktiver Aufwand 0,20 €/m <sup>2</sup>
Dach	20–25 cm	30–40 cm	7,65 €	0,60 €/m <sup>2</sup> für 1 cm Dämmdicke zzgl. konstruktiver Aufwand 0,15 €/m <sup>2</sup>
Bodenplatte	10–15 cm	20–25 cm	8,30 €	0,80 €/m <sup>2</sup> für 1 cm Dämmdicke zzgl. konstruktiver Aufwand 0,30 €/m <sup>2</sup>
Fenster	U = 1,3–1,6	U = 0,8	70–120 €	30 bis über 50 % Mehrinvestition für Passivhaus-Fenster
Wärmebrücken	0,05 W/(mK)	0,00 W/(mK)	–	bei optimierter Planung kostenneutral
Luft-/Winddichtheit	3,0/1,5 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	–	Qualitätssicherung auch bei EnEV-Standard erforderlich
Lüftung	Abluft <sup>2)</sup>	Zu/Abluft WRG	20–40 €	Mehrinvestition pro m <sup>2</sup> Wohn-/Nutzfläche gegenüber der Abluftanlage
Heizung			bis zu –20 €	Minderkosten pro m <sup>2</sup> Wohn-/Nutzfläche; Einsparung von Funktionsfläche

<sup>1)</sup> Baukosten Kostengruppe 300+400 nach DIN 276 ohne Mehrwertsteuer

<sup>2)</sup> Aus Hygiene- und Komfortgründen sollte grundsätzlich ventilatorgestützte Lüftung durchgeführt werden; Abluftanlage 15–30 €/m<sup>2</sup>

Für die Senkung von Heizkosten muss zuerst der Heizwärmebedarf reduziert – und damit der bauliche Wärmeschutz verbessert – werden. Erst dann kann die Frage nach einem geeigneten Heizsystem gestellt werden. Dies geht so weit, dass auch überlegt werden muss, ob vorrangig die Lüftungswärmeverluste (die im Heizwärmebedarf enthalten sind) verringert werden müssen. Möglich wäre dies durch den Einbau einer Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft sowie Wärmerückgewinnung. Mit dieser Maßnahme sind Einsparungen beim Endenergiebedarf bis zu 25 % möglich; beim Primärenergiebedarf und bei den Heizkosten allerdings deutlich weniger, weil der teure Energieträger „Strom“ für Ventilatoren genutzt wird. Danach sollte die Frage nach weiteren Optimierungen beim Transmissionswärmeverlust gestellt und somit eine Situation erreicht werden, bei der dann erhebliche Einsparungen bei der Heizungsanlage möglich sind. Dieses Vorgehen entspricht der Vorgehensweise bei der Konzeption eines Passivhauses.

### 1.3 Kosten für Bauteile und Anlagentechnik

Die Bauteilkosten werden oft sehr unterschiedlich angegeben. Je nach Blickwinkel oder auch Bautradition ist manchmal nicht auszuschließen, dass auch Angstpreise gemacht werden, wenn es um „unbekannte“ Konstruktionen geht. In [7] sind Kostenansätze für Passivhäuser dargestellt (Tabelle 1), die auch im hier angesprochenen Zusammenhang verwertbar sind. Weitere Angaben finden sich in [8].

Bezogen auf die Bauart „zweischalige Außenwände“, die traditionell eher in Norddeutschland anzutreffen ist, sind die Anwendungsgrenzen und Kosten näher zu betrachten. Durch die Begrenzung des zulässigen Schalenabstandes in DIN 1053 auf 15 cm kommen zur Erhöhung des Wärmeschutzes zwei Wege in Betracht:

1. Erhöhung des Schalenabstandes auf bis zu 20 cm
  - zum Beispiel bei der Verwendung von Luftschichtankern

nach den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (abZ): abZ-17.1-888 (Bever, Produkt: Multi-Luftschichtanker Plus) – Anker zum Einlegen); auch geeignet für die Verwendung von Dünnbettmörtel in der Hintermauerschale und/oder Vormauerschale

oder

- zum Beispiel bei der Verwendung von Dübelankern nach abZ-17.1-822 (H+R GmbH, Produkt: Dübelanker FD-LDZ – Anker zum Eindübeln); Dünnbettmörtel ist dabei in der Hintermauerschale zulässig

2. Verwendung von Wärmedämmstoffen mit geringeren Wärmeleitfähigkeiten; bei Verwendung von Phenol-Hartschaumplatten nach abZ 23.12-1465 sind Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit bis zu  $\lambda_R = 0,022$  W/(mK) möglich.

Während eine Vergrößerung des Schalenabstandes bezüglich der Kosten in etwa gleich zu bewerten ist wie die Angaben in Tabelle 1, führt die Verwendung von Dämmstoffen mit verringerter Wärmeleitfähigkeit zu deutlichen Mehrkosten. Trotzdem sind auch hier beide Wege zu beachten. So ist bei der Erhöhung des Schalenabstandes die konstruktive Durchbildung des Wandfußpunktes besonders sorgfältig vorzunehmen. Insbesondere bei Unterkellerung wird es vorkommen, dass die tragende Wandschale auf der Decke steht, die dann auch für diese exzentrische Belastung bemessen sein muss.

Bei der Diskussion über Mehrkosten für Bauteile und/oder Anlagentechnik wird oft übersehen, dass bei zwei Punkten keine oder nur sehr geringe Mehrkosten entstehen, wenn sorgfältig geplant und ausgeführt wird. Das sind die Bereiche „Wärmebrücken“ und „Luftdichtheit“.

Kalksandsteinwände mit mindestens einseitigem vollflächigem Putz (auch: Dünnlagenputz) sind nach DIN 4108-7 als luftdicht einzustufen. Kalksand-Lochsteine sind produktionstechnisch bereits mit einem „Deckel“ versehen, so dass keine durchgehenden Lochkanäle entstehen. Eine Ausnahme bildet KS-Mauerwerk aus so genannten E-Steinen (z. B. KS Quadro E). In den hierbei

planmäßig entstehenden Kanälen werden z. B. Elektro-Leitungen verlegt. In solchen Fällen sind die Kanäle in den „kalten“ Bereichen abzudecken. Zusätzlich sollten die Unterputz-Steckdosen in Gipsbatzen gesetzt werden. Weitere Hinweise zur Luft- und Winddichtheit gibt *Schulze Darup* in [7].

Wärmebrücken können mit dem Konstruktionsprinzip „KS-Funktionswand“ weitgehend minimiert werden. Sie haben bezüglich der Energieeinsparung eine hohe Bedeutung und werden in der EnEV über den Zuschlagwert  $\Delta U_{WB}$  berücksichtigt. Üblicherweise werden sie mit dem Wert  $0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt  $\rightarrow$  Regelkonstruktionen nach Beiblatt 2 DIN 4108. Da dieser Wert mit der gesamten wärmeübertragenden Oberfläche multipliziert wird, entstehen jedoch relativ hohe rechnerische Wärmeverluste. Eine Übersicht der Einsparungspotentiale mit dem Beispielgebäude aus [9] gibt Tabelle 2. Bei größeren Gebäuden mit gut geplanten Wärmebrücken lassen sich sicher auch negative  $\Delta U_{WB}$ -Werte erreichen. Mit dem Wärmebrücken-

katalog Kalksandstein [10] können detaillierte Nachweise für  $\Delta U_{WB}$  einfach und schnell geführt werden. In Sockelbereichen zum nicht beheizten Keller, über Bodenplatten und bei Innenwänden wird eine Ausführung mit dem wärmetechnisch optimierten KS-Wärmedämmstein empfohlen (Beispiel siehe Bild 4). Die wärmetechnischen Eigenschaften sind mit  $\lambda_R = 0,33 \text{ W}/(\text{mK})$  völlig ausreichend, ohne die Tragfähigkeit oder den Brandschutz einzuschränken – wie dies bei sonstigen Zulassungsprodukten der Fall ist [11].

Für wärmetechnisch verbesserte Fenster mit  $U \leq 1,4/1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  stehen mittlerweile Gläser bis zu  $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zur Verfügung, die bald zum Standard werden könnten. Der größte Optimierungsbedarf (auch kostenmäßig) besteht eher bei den Fensterrahmen, wobei die Kunststoffrahmen bereits deutlich weiter entwickelt sind als Holzrahmen.

Die Mehrkosten für die Anlagentechnik sind weit schwerer zu greifen als die Kosten für die Bauteile. Insbesondere spielen auch

Unterschiede im Standort eine Rolle, die nicht immer zu vergleichbaren Lösungen führen. Eine Erdreich/Luft-Wärmepumpe beispielsweise ist nicht überall möglich; ebenso eine Wärmeversorgung über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), die nur in Ausnahmefällen möglich sein wird. Darüber hinaus bleibt abzuwarten, ob weiterhin Subventionen für Photovoltaik oder/und Solarthermie gezahlt werden, die evtl. eine Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen erheblich beeinflussen. Dass diese Subventionen nicht in Deutschland bleiben, zeigt eine Mitteilung zur Photovoltaik in [2], wo es heißt: „Globalisierung konkret: Werke der 2. Generation nur noch in Asien?“

Nachteil praktisch jeder Anlagentechnik ist, dass sie zum einen Wartungskosten verursacht (die oft nicht in die laufenden Kosten eingerechnet sind) und zum anderen eine im Vergleich zu den Bauteilen erheblich geringe Lebensdauer hat. Während bei der Sanierung von Altbauten die Anlagentechnik im Vordergrund der Überlegungen steht, muss bei Neubauten gelten: Zuerst durch die Wahl optimaler Bauteile eine weitgehende Verringerung des Heizenergiebedarfs erzielen, dann erst eine möglichst effiziente Anlagentechnik einsetzen.

Zur Anlagentechnik zählt auch der Bereich von Zu-/Abluftanlagen. Im Zusammenhang mit den vorstehenden Überlegungen nehmen sie eine Ausnahmestellung ein, da mit ihnen die Lüftungswärmeverluste erheblich verringert werden können. Damit sind die Investitionen für die Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung den Kosten für eine Abluftanlage gegenüber zu stellen, die in Fachkreisen als ohnehin erforderliche Maßnahme für die Raumlufthygiene gesehen wird. Bei gewerblichen Bauten ist dieser Aspekt schon weitestgehend in die Planungspraxis umgesetzt, beim Wohnungsbau wird dies in den nächsten Jahren geschehen.

## 2 Zukünftige Anforderungen

### 2.1 Globale Aspekte

Klimaschutz ist Daseinsvorsorge und kann gar nicht hoch genug bewertet werden. Am 30. Oktober 2006 stellte *Nicholas Stern*, vormals Chef-

Tabelle 2. Einsparungspotential bei Wärmebrücken für ein Einfamilienhaus nach [9]

$\Delta U_{WB}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$H_T$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$Q_P$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	$Q_E$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Einsparung [%]
0,10	0,43	111,9	99,2	–
0,05	0,38	103,10	91,2	8
0,014	0,34	96,86	85,4	14
0	0,33	94,4	83,2	16

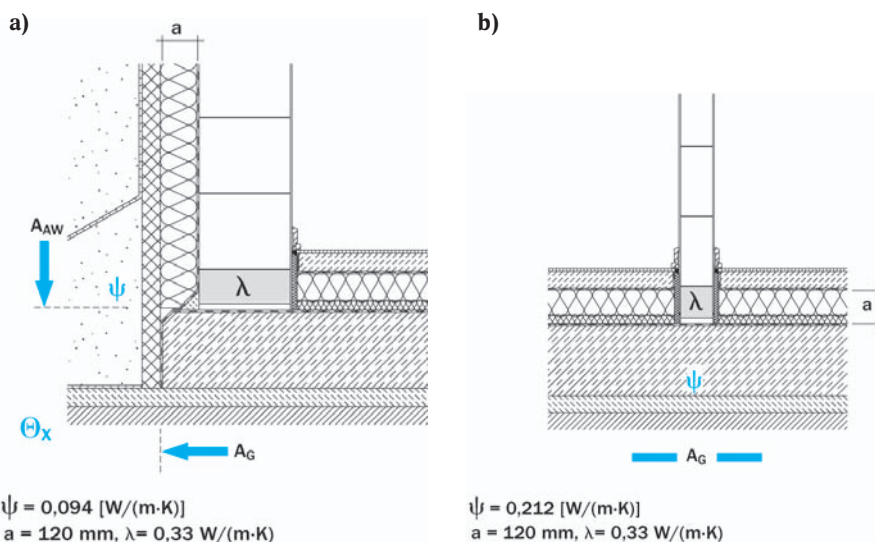


Bild 4. Beispieldetails mit wärmetechnisch optimiertem KS-Wärmedämmstein, Wärmeleitfähigkeit  $\lambda = 0,33 \text{ W}/(\text{mK})$  nach [9] und [10]

ökonom der Weltbank und der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung, einen umfassenden Klimabericht vor. Darin werden die jährlichen Kosten für Klimaschutzmaßnahmen auf ein Prozent des globalen Sozialprodukts beziffert. Die Kosten des Nichthandelns sind dagegen fünf- bis zwanzigmal höher. Der Ökonom verglich die Kosten für unterlassenen Klimaschutz sogar mit den Verlusten der Weltwirtschaft zwischen 1914 und 1945 – also durch zwei Weltkriege und die Weltwirtschaftskrise.

## 2.2 Europäische Union

Die Europäische Kommission gab im Oktober 2006 den „Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potential ausschöpfen 2007/2106 (INI)“ vor und führte darin aus: „Für Neubauten wird die Kommission ebenfalls bis Ende 2008 eine Strategie zur Einführung von Niedrigstenergie- bzw. Passivhäusern im Kontakt mit den Mitgliedstaaten und zentralen Beteiligten entwickeln, um die weitere Verbreitung solcher Häuser bis 2015 voranzutreiben. [...] Ergänzungen und Anmerkungen des europäischen Parlaments zu dem Aktionsplan sollen bis Jahresende 2008 von der Kommission eingearbeitet werden.“

## 2.3 Deutschland

In den „Meseberger Beschlüssen“ [1] der Bundesregierung wird unter Punkt 10 (von insgesamt 29 Einzelpunkten) ausgeführt, dass die energetischen Anforderungen an Gebäude in Stufen dem Stand der Technik und der Energiepreisentwicklung angepasst werden sollen. Dies soll in zwei Stufen geschehen: in einer ersten Stufe 2008/2009 eine Verschärfung um 30 % sowie in einer weiteren Stufe ca. 2012 um nochmals 30 %. Ab dem Jahr 2020 soll die Wärmeversorgung von Neubauten weitgehend unabhängig von fossilen Energieträgern sein.

Einen weiteren Einfluss auf das Bauwesen hat Punkt 14 der Beschlüsse, das „Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)“, in dem eine Pflicht zur anteiligen Nutzung von erneuerbaren Energien eingeführt werden wird. Dabei können neben solarer Strahlungsenergie und Wärmepumpen auch andere erneuerbare

Energien sowie KWK (z. B. Fernwärme oder Brennstoffzellen) zum Einsatz kommen. Im vom Bundestag am 10. 06. 2008 beschlossenen Gesetzesentwurf des EEWärmeG [12] werden Maßnahmen beschrieben, bei denen die Anforderungen als erfüllt gelten. Beispiel: Wenn Sonnenkollektoren mit einer Fläche von mindestens 0,04 Quadratmetern Kollektorfläche je Quadratmeter Nutzfläche installiert werden, gelten die Anforderungen als erfüllt. Einzelne Bundesländer können andere (auch höhere) Anforderungen stellen. Beispielsweise ist in Baden-Württemberg bereits seit 1. 1. 2008 ein entsprechendes Gesetz in Kraft, welches einen Anteil an erneuerbaren Energien von 20 % fordert. Wichtig sind diese Gesetze, weil als Ersatzmaßnahmen entsprechend erhöhte Anforderungen an den Primärenergiebedarf nach EnEV zugelassen werden.

## 2.4 Im Einzelfall

So wichtig vorgenannte Ankündigungen und Vorschriften auch sind, um so weniger werden sie in die Überlegungen mit einbezogen, wenn es um eine Investitionsentscheidung für ein konkretes Gebäude geht. Egal ob privater Bauherr oder gewerblicher Investor: **Letztendlich zählt, ob sich die Investition rechnet.** Dabei spielt natürlich eine Rolle, welche gesetzlichen Anforderungen einzuhalten sind. **Wenn die vom Gesetzgeber vorgegebenen Randbedingungen unwirtschaftlich sind, wird auch entsprechend weniger gebaut.** Bei allen Wirtschaftlich-

keitsbetrachtungen für energiesparende Maßnahmen gibt es immer eine große Unbekannte: die zukünftige Entwicklung des Energiepreises. Ein Beispiel für das Bauteil Außenwand soll dies verdeutlichen:

Obwohl die aufgrund von Optimierungsrechnungen ergebenden Kurven der Gesamtkosten in Abhängigkeit vom Wärmeschutz-Standard recht flach sind (siehe Bild 5), gibt es eine starke Abhängigkeit vom Energiepreis. Gerade dies ist aber der Parameter, der am schlechtesten abzuschätzen ist. Bei Energiepreisen, die derzeit deutlich über den Ansätzen von Bild 5 liegen, sollte sich jeder Investor klar machen, wo ein optimaler Wärmeschutz anzusiedeln ist. Dies gilt insbesondere für Gebäude, die eine Standzeit von derzeit mindestens 80 Jahren haben. Zwar kann niemand Entwicklungen abschätzen, die so weit in der Zukunft liegen, aber für die nächsten 20 Jahre sollte der Standard für Neubauten schon reichen.

## 3 Ergebnisse aus Kostenuntersuchungen

Für die Untersuchungen in [8] wurden verschiedene Anforderungsniveaus in Bezug auf die derzeitigen Anforderungen der EnEV 2007 hinterfragt. Je nachdem, ob man die Anforderungen des EEWärmeG mit erneuerbaren Energien oder mit Ersatzmaßnahmen (Wärmeschutz) erfüllt, ergeben sich unterschiedliche Stufen von Anforderungen. Siehe

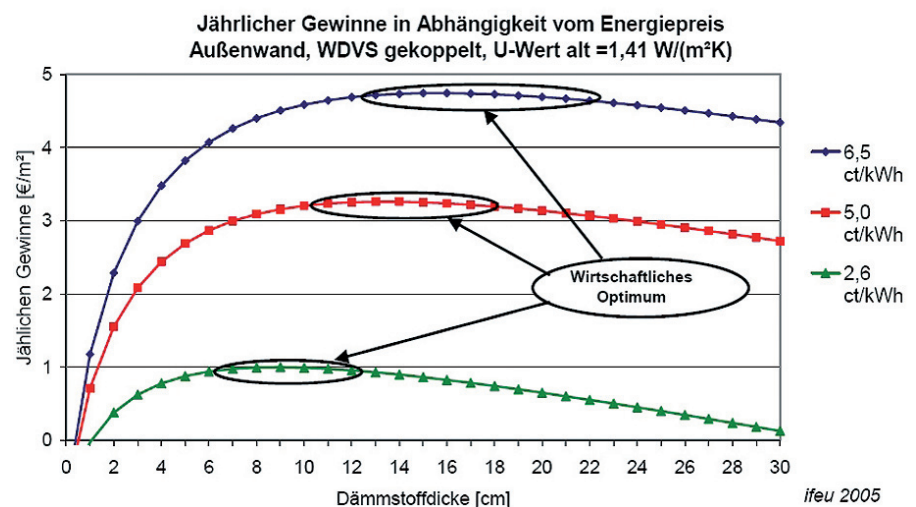


Bild 5. Wirtschaftlichkeit eines WDVS bei verschiedenen Dämmstoffdicken und unterschiedlichen mittleren Energiepreisen;  $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$ ; U-Wert des alten Bauteils:  $1,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ; aus [13]

hierzu Tabelle 3 mit den Ergebnissen für ein Reihenhaus.

In der Überschriftszeile „energetischer Standard – Alternative“ bedeuten:

EnEV 2002 – 30 % + reg Energie:

– Anforderung  $Q_p$  der EnEV 2002/2004 abzüglich 30 % und Berücksichtigung des EEWärmeG

EnEV 2002 – 40,5 %:

– Anforderung  $Q_p$  der EnEV 2002/2004 abzüglich 30 % sowie zusätzlich 15 % als alternative Anforderung des EEWärmeG

EnEV 2002 – 51 % + reg Energie:

– Anforderung  $Q_p$  der EnEV 2002/2004 abzüglich 30 % in 2009 und

zusätzlich 30 % in 2012 und Berücksichtigung des EEWärmeG

EnEV 2002 – 58,4 %:

– Anforderung  $Q_p$  der EnEV 2002/2004 abzüglich 30 % in 2009 und zusätzlich 30 % in 2012 sowie zusätzlich 15 % als alternative Anforderung des EEWärmeG)

Hinweis:

– Bei Wohngebäuden ist der energetische Standard der EnEV 2002/2004 gleichbedeutend mit EnEV 2007

Dabei wurde die Nebenanforderung der EnEV bezüglich  $H_T$  zunächst außer Acht gelassen. Beide Haupt-

varianten unterscheiden sich durch die grundlegende Wahl der Anlagentechnik. In Variante 1 ist ein konventioneller Brennwertkessel und in Variante 2 eine Wärmepumpe (Erdreich/Wasser) zugrunde gelegt.

Bei Variante 1 (mit Brennwertkessel) ist es sinnvoll, schon bei Anforderungen, die – mit 30 % zusätzlich – höher sind als EnEV 2002/2004, eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung einzubauen. Die Relationen zwischen Lüftungswärmeverlusten und Transmissionswärmeverlusten lassen sich somit ausgewogen gestalten.

Tabelle 3. Varianten für Bau- und Anlagentechnik eines Reihenhauses [8]

		<b>Reihenhaus</b> $A/V_e = 0,55 \quad A_N = 886 \text{ m}^2$				
<b>Energetischer Standard<sup>1)</sup></b> <b>Alternative<sup>1)</sup></b>		<b>EnEV 2007</b> Basis	<b>EnEV 2009</b> EnEV 2002 – 30 % + reg. Energie		<b>EnEV 2012</b> EnEV 2002 – 51 % + reg. Energie	
			EnEV 2002 – 40,5 %	EnEV 2002 – 58,4 %		
<b>Zulässiger Primärenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup> a]</b>		<b>95,0</b>	<b>66,5</b>	<b>56,5</b>	<b>46,5</b>	<b>39,5</b>
<b>Vorhandener Primärenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup> a]</b>		<b>79,3</b>	<b>61,8</b>	<b>54,9</b>	<b>45,4</b>	<b>39,5</b>
<b>Variante 1</b>	<b>Gebäudehülle</b>	Außenwände	0,30	0,30	0,23	0,26
		Fenster	1,40	1,40	1,40	1,40
		Haustür	1,80	1,80	1,80	1,80
		Dachflächen	0,20/0,30	0,20/0,30	0,20	0,20
		Kellerboden	0,40	0,40	0,40	0,40
		Kellerwände	0,40	0,40	0,40	0,40
	<b>Anlage</b>	Technik	Brennwertkessel			
	Solare TWW-Unterstützung	–	×	–	×	×
	Lüftungsanlage mit WRG	–	–	×	×	×
<b>Vorhandener Primärenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup> a]</b>			<b>46,1</b>	<b>44,6</b>	<b>41,0</b>	<b>39,5</b>
<b>Variante 2</b>	<b>Gebäudehülle</b>	Außenwände		0,30	0,30	0,30
		Fenster		1,40	1,40	1,40
		Haustür		1,80	1,80	1,80
		Dachflächen		0,20/0,30	0,20/0,30	0,20/0,30
		Kellerboden	wie Variante 1	0,40	0,40	0,40
		Kellerwände	wie Variante 1	0,40	0,40	0,40
	<b>Anlage</b>	Technik	Wärmepumpe (Erdreich/Wasser)			
	Solare TWW-Unterstützung		–	–	–	–
	Lüftungsanlage mit WRG		–	–	×	×

<sup>1)</sup> s. auch Abschnitt 3

Bei Variante 2 (mit Wärmepumpe) wird dagegen erst bei Anforderungen, die die heutigen Anforderungen um 50 % übersteigen, der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich.

Bei beiden Varianten hält sich der bauliche Wärmeschutz in Bereichen, die auch heute schon üblich sind. Allerdings ist im Hinblick auf Bild 5 die Frage zu stellen, ob nicht auch der bauliche Wärmeschutz noch verbessert werden sollte, was mit Kalksandstein-Außenwänden unproblematisch möglich ist, siehe Tabellen 4 und 5. Die Baukosten erhöhen sich bei:

- Variante 1 (Brennwertkessel):  
um 27,- €/m<sup>2</sup> (NF)  
bei 0,7 × EnEV 2007 und  
um 70,- €/m<sup>2</sup> (NF)  
bei 0,49 × EnEV 2007.
- Variante 2 (Wärmepumpe):  
um 8,- €/m<sup>2</sup> (NF)  
bei 0,7 × EnEV 2007 und  
um 48,- €/m<sup>2</sup> (NF) oder  
bei 0,49 × EnEV 2007.

Legt man Gesamtkosten aus einem „einfachen“ Standard nach [15] mit ca. 920 €/m<sup>2</sup> zugrunde, so ergibt das näherungsweise eine prozentuale Baukostenerhöhung um 3 % (0,7 × EnEV 2007) bzw. um ca. 7,5 % (0,49 × EnEV 2007).

#### 4 Konsequenzen

Die Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden werden in den nächsten Jahren erheblich steigen. Im Unterschied zu den vergangenen 30 Jahren werden jedoch nicht nur Anforderungen von staatlicher Seite kommen, sondern zunehmend auch von privaten und gewerblichen Investoren eingefordert werden. Die dramatischen Ölpreissteigerungen der letzten Jahre – und im Gefolge damit auch die der anderen Energiekosten – sind dafür der Anlass. Der bequeme Weg von gestern, bei dem man staatliche Anforderungen durch den Einsatz von Biomasse (Holzpellets) problemlos erfüllen kann, muss und wird in Frage gestellt

werden. Die beste Lösung ist immer noch gar nicht erst benötigte Energie. Die dafür geeigneten Außenwandkonstruktionen sind KS-Funktionswände, wie sie die Kalksandsteinindustrie seit nunmehr 35 Jahren empfiehlt.

Funktionswände sind allerdings keine beliebigen Wandbildner, auf die einfach ein Wärmedämm-Verbundsystem geklebt wird, sondern Bausysteme, die mindestens folgende Anforderungen erfüllen:

- hohe Rohdichten (Rohdichteklasse (RDK) ≥ 1,8) des tragenden Mauerwerks, weil nur so auch die Anforderungen an den Schallschutz und den sommerlichen Wärmeschutz (Hitzeschutz) erfüllt werden können
- hohe Mauerwerksdruckfestigkeiten  $f_k$  des tragenden Mauerwerks ( $f_k \geq 10 \text{ N/mm}^2$ ), damit die Gesamtwanddicke begrenzt wird und so eine Wohn- und Nutzflächenoptimierung durch schlanke Wände möglich wird (insbesondere beim Bauen in der Stadt mit hoher Verdichtung)

Tabelle 4. U-Werte für Kalksandstein-Außenwände mit Wärmedämm-Verbundsystem [14]

Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m <sup>2</sup> K)] bei $\lambda$ [W/(mK)]			Einschalige mit Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem)
		0,022	0,035	0,040	
29,5	10	0,20	0,31	0,35	1 cm Innenputz ( $\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$ )  17,5 cm Kalksandstein, RDK 1,8 ( $\lambda = 0,99 \text{ W/mK}$ )  Wärmedämmstoff  1 cm Außenputz ( $\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$ )
31,5	12	0,17	0,26	0,30	
35,5	16	0,13	0,20	0,23	
39,5	20	0,11	0,16	0,19	
44,5	25	0,09	0,13	0,15	
49,5	30	0,07	0,11	0,13	

Tabelle 5. U-Werte für zweischalige Kalksandstein-Außenwände [14]

Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m <sup>2</sup> K)] bei $\lambda$ [W/(mK)]			Einschalige mit Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem)
		0,022	0,035	0,040	
41	10	0,19	0,29	0,32	1 cm Innenputz ( $\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$ )  17,5 cm Kalksandstein, RDK 1,8 ( $\lambda = 0,99 \text{ W/mK}$ )  Kerndämmplatten  11,5 cm KS-Verblender, RDK 2,0 ( $\lambda = 1,1 \text{ W/mK}$ )
43	12	0,16	0,25	0,28	
45	16	0,14	0,22	0,24	
47	20	0,13	0,19	0,22	
49	25	0,11	0,17	0,20	
51	30	0,10	0,16	0,18	

- optimaler Wärmeschutz mit U-Werten von ca. 0,15 bis 0,20 W/(m<sup>2</sup>K) der Außenwände durch Dämmschichten, die im Zusammenwirken mit anderen Maßnahmen zu erheblichen Energieeinsparungen beitragen können
- Systemlösungen wie z. B. Wärmedämmsteine im Wandfußbereich

Die staatlichen Anforderungen an das energieeffiziente Bauen (Energieeinsparverordnung) sind aus mehreren Gründen nur sehr bedingt als Entscheidungsmaßstab für den Investor geeignet, weil

- sich die staatlichen Vorgaben in den letzten Jahren zunehmend schneller entwickeln, auch wenn teilweise keine Anforderungsänderungen vorgenommen wurden (Um nur die aktuelleren Daten zu nennen: 2002, 2004, 2007, 2009, 2012 ...? Wer die aktuell geforderten Vorgaben immer nur gerade eben so einhält, wird sich morgen schon in einem energetisch sanierungsbedürftigen und damit minderwertigen Gebäude wiederfinden. Die Bundesregierung führt in [1] aus, dass die derzeit gültige EnEV (2007) nicht mehr „Stand der Technik“ ist. Ob die nächste Fassung der EnEV (vorgesehen 2009) dies sein wird, sei dahingestellt. Sicherheit ist jedoch nicht gegeben und Haftungsfragen für Planer werden zu klären sein.
- sich der Gesetzgeber immer nach dem schwächsten Glied der Kette orientieren wird/muss (Beispiel: Der bauliche Wärmeschutz hat sich seit der Wärmeschutzverordnung 1994 – mit Ausnahme der Fenster – nur unwesentlich verändert. Seit der EnEV 2002 wird zunehmend Kompensation über Anlagentechnik möglich, z. B. mit Holzpellets.),
- die Haupt-Anforderungsgröße der EnEV (der Primärenergiebedarf) keine geeignete Größe ist, um die Wirtschaftlichkeit oder die Betriebs-/Verbrauchskosten zu bewerten,
- seit Einführung der EnEV 2002 langfristig wirkende Maßnahmen (bau-

licher Wärmeschutz) gleich behandelt werden wie Anlagentechnik, die nach spätestens 20 Jahren erneuert werden muss.

Energieeffizienz kann allerdings nicht nur isoliert für den Neubau betrachtet werden, weil der Gebäudebestand erheblich größeren Einfluss auf den Gesamt-Energiebedarf für Heizen und Kühlen der Gebäude hat. Die staatliche Förderung über KfW-Mittel für Gebäudesanierung und Einsatz regenerativer Energien muss aber ergänzt werden um Mittel für Abriss-/Neubaukonzepte. Nur so kann die Qualität des Gebäudebestands in Hinblick auf die energetischen und sozialen Anforderungen verbessert werden. Dazu zählen zeitgemäße Grundrisszuschnitte, Schallschutz, Aufzüge für ältere Menschen/Familien mit Kindern u.a.m. Bei einer ausreichenden Förderung solcher Maßnahmen kann der Wohnungsbau auch für professionelle Investoren wieder interessant werden. Mittel, die bisher im Wesentlichen für die Subventionierung von regenerativen Energien im Gebäudebestand eingesetzt werden, könnten dafür verwendet werden. Sie wären sicher gut eingesetzt, weil sie so der eigenen Wirtschaft zugute kommen.

#### Literatur:

- [1] Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm, 2007 <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2007/08/Anlagen/-eckpunkte.property=publicationFile.pdf>
- [2] solid-newsletter Nummer 315, Ausgabe 12/08 vom 25. April 2008
- [3] Entwurf: Verordnung der Bundesregierung zur Änderung der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung) vom 18. 06. 2008
- [4] <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>
- [5] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) Ausfertigungsdatum: 24. 07. 2007

[6] Pfeiffer, M. et al.: Außenwände aus Mauerwerk für energieeffiziente Gebäude im nachhaltigen Wohnungsbau, Gutachten IFB-Nr.16506, Hrsg.: Institut für Bauforschung e.V. (IFB), Hannover 2007

[7] Schulze Darup, B.: KALKSANDSTEIN – Das Passivhaus, Stand: Januar 2006, Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover

[8] Eisfeld Ingenieure & Prof. Seim: Fallstudie zur Auswirkung zukünftiger Stufen der Energieeinsparverordnung (EnEV) für Neubauvorhaben im Wohnungsbau – Vergleichende Bewertung von Herstellungskosten, Kassel, März 2008

[9] Hauser, G.; Maas, A.: KALKSANDSTEIN – Energieeinsparverordnung, Stand: Januar 2008, Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover

[10] Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser: Wärmebrückenkatalog Kalksandstein, 3. Auflage, Hrsg.: Kalksandstein Dienstleistung GmbH, Hannover 2006. Kostenfreier Download über [www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)

[11] Hobbie, A.; Leineweber, R.: Wärmedämmelemente zur Minimierung von Wärmebrückeneffekten bei Mauerwerkswänden, Mauerwerk, 12 (2008), Nr. 3, S. 120–123

[12] Entwurf eines Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/entwurf\\_ee\\_waerme.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/entwurf_ee_waerme.pdf)

[13] Hertle, H. et al.: Evaluation und Begleitung der Umsetzung der Energieeinsparverordnung 2002 in Baden-Württemberg, Heidelberg 2006

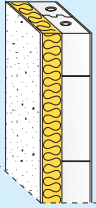
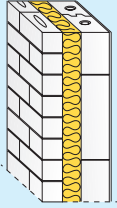
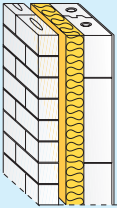
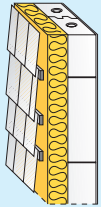
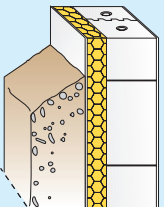
[14] U-Wert-Berechnung, Stand 2008, Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover. Kostenfreier Download über [www.kalksandstein.de](http://www.kalksandstein.de)

[15] Blank, M. et al.: BKI Baukosten 2008, Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, 2. korr. Auflage, Hrsg.: BKI Baukosteninformationszentrum

#### Autor dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Günter Meyer, Abteilungsleiter im Bundesverband Kalksandstein e.V.  
Entenfangweg 15, 30419 Hannover  
Tel.: 05 11/2 79 54-40  
[guenter.meyer@kalksandstein.de](mailto:guenter.meyer@kalksandstein.de)

## U-Werte von KS-Außenwänden

	Dicke des Systems [cm]	Dicke der Dämmschicht [cm]	U [W/(m²·K)] λ [W/(m·K)]			Beschreibung (Aufbau)
			0,022 <sup>1)</sup>	0,032	0,035	
	29,5	10	0,20 <sup>2)</sup>	0,29	0,31	<b>einschalige KS-Außenwand mit Thermohaut (Wärmedämm-Verbundsystem)<sup>3)</sup></b> 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 <sup>4)</sup> Wärmedämmstoff nach Zulassung ~ 1 cm Außenputz (λ = 0,70 W/(m·K))
	34,5	15	0,14 <sup>2)</sup>	0,20	0,22	
	39,5	20	0,11 <sup>2)</sup>	0,15	0,16	
	44,5	25	0,09 <sup>2)</sup>	0,12	0,13	
	49,5	30	0,07 <sup>2)</sup>	0,10	0,11	
	41	10	0,19	0,27	0,29	<b>zweischalige KS-Außenwand mit Kerndämmung</b> 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Tragschale, RDK 1,8 <sup>4)</sup> Kerndämmung <sup>3)</sup> Typ WZ nach DIN V 4108-10 1 cm Fingerspalt, R = 0,15 11,5 cm <sup>5)</sup> KS-Verblender, RDK 2,0 <sup>4)</sup>
	43	12	0,16	0,23	0,25	
	45	14	0,14	0,20	0,22	
	47	16 <sup>5)</sup>	0,13	0,18	0,19	
	49	18 <sup>5)</sup>	0,11	0,16	0,17	
	51	20 <sup>5)</sup>	0,10	0,15	0,16	
	44	10	0,20	0,28	0,30	<b>zweischalige KS-Außenwand mit Wärmedämmung und Luftschicht</b> 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Innenschale (tragende Wand), RDK 1,8 <sup>4)</sup> Wärmedämmstoff Typ WZ nach DIN V 4108-10 Luftschicht ≥ 4 cm nach DIN 1053-1 11,5 cm <sup>6)</sup> KS-Verblendschale (KS Vb 2,0)
	46	12 <sup>5)</sup>	0,17	0,24	0,26	
	31,5	10	–	–	0,30	<b>Einschalige KS-Außenwand mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung</b> 1 cm Innenputz (λ = 0,70 W/(m·K)) 17,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 <sup>4)</sup> Wärmedämmstoff <sup>7)</sup> Typ WAB nach DIN V 4108-10 2 cm Hinterlüftung Fassadenbekleidung (Dicke nach Art der Bekleidung)
	33,5	12	–	–	0,26	
	37,5	16	–	–	0,20	
	41,5	20	–	–	0,16	
	46,5	25	–	–	0,13	
	51,5	30	–	–	0,11	
	47,5	5	–	–	0,56	<b>Einschaliges KS-Kellermauerwerk mit außen liegender Wärmedämmung (Perimeterdämmung)</b> 36,5 cm KS-Außenwand, RDK 1,8 <sup>4)</sup> Perimeterdämmplatten <sup>3)8)</sup> nach Zulassung oder Typ PW nach DIN V 4108-10 Abdichtung
	50,5	8	–	–	0,40	
	52,5	10	–	–	0,34	
	57,5	15	–	–	0,25	
	62,5	20	–	–	0,20	
	67,5	25	–	–	0,17	

Als Dämmung können unter Berücksichtigung der stofflichen Eigenschaften und in Abhängigkeit von der Konstruktion alle genormten oder bauaufsichtlich zugelassenen Dämmstoffe verwendet werden, z.B. Hartschaumplatten, Mineralwolleplatten.

<sup>1)</sup> Phenolharz-Hartschaum, Zulassungsnummer Z-23.12-1465

<sup>2)</sup> Nach Zulassung Z-33.84-1055

<sup>3)</sup> Durch Zulassungen geregelt.

<sup>4)</sup> Bei anderen Dicken oder RDK ergeben sich nur geringfügig andere U-Werte.

<sup>5)</sup> Bei Verwendung von bauaufsichtlich zugelassenen Ankern mit Schalenabstand ≤ 20 cm.

<sup>6)</sup> 9 cm möglich, nach DIN 1053-1

<sup>7)</sup> Nach DIN 18351 dürfen nur Mineralwolle-Dämmstoffplatten eingesetzt werden.

<sup>8)</sup> Der Zuschlag  $\Delta U = 0,04$  W/(m·K) nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen ist bereits berücksichtigt.

**Beratung:****Überreicht durch:****Kalksandsteinindustrie Bayern e.V.**

Rückersdorfer Straße 18  
90552 Röthenbach a.d. Pegnitz  
Telefon: 09 11/54 06 03-0  
Telefax: 09 11/54 06 03-9  
info@ks-bayern.de  
www.ks-bayern.de

**Kalksandsteinindustrie Nord e.V.**

Lüneburger Schanze 35  
21614 Buxtehude  
Telefon: 0 41 61/74 33-60  
Telefax: 0 41 61/74 33-66  
info@ks-nord.de  
www.ks-nord.de

**Kalksandsteinindustrie Ost e.V.**

Kochstraße 6 - 7  
10969 Berlin  
Telefon: 0 30/25 79 69-30  
Telefax: 0 30/25 79 69-32  
info@ks-ost.de  
www.ks-ost.de

**Verein Süddeutscher****Kalksandsteinwerke e.V.**

Heidelberger Straße 2 - 8  
64625 Bensheim/Bergstraße  
Telefon: 0 62 51/10 05 30  
Telefax: 0 62 51/10 05 32  
info@ks-sued.de  
www.ks-sued.de

**Kalksandsteinindustrie West e.V.**

Barbarastraße 70  
46282 Dorsten  
Telefon: 0 23 62/95 45-0  
Telefax: 0 23 62/95 45-25  
info@ks-west.de  
www.ks-west.de