

Nachträgliche Wärmedämmung von historischen Gebäuden

VON WOLFGANG RIESNER UND BERND FROELICH, IGB



Innendämmung mit Augenmaß

Der „homo oeconomicus“ – oder ein Blick zurück

Die „Dämmung“ von Gebäuden ist nicht erst eine Forderung der Jetztzeit, sondern wurde bereits vor Jahrtausenden praktiziert – schon aus der Bronzezeit sind in Nordeuropa zweischalige Wandaufbauten nachgewiesen.

Geändert haben sich im Laufe der Zeit jedoch die Zielsetzungen. Statt Einsparung von Primärenergie, die in Form von Holz in der Regel ausreichend verfügbar war, standen in der Vergangenheit mehrheitlich Aspekte des Komforts und der Bauwerkserhaltung im Vordergrund. Grundsätzlich sind es aber durchweg immer quasi „ökonomische“ Interessen gewesen – und sei es im Zweifel, den persönlichen Aufwand zur Erhaltung eines „angenehmen“, energetischen Zustandes im Gebäude zu minimieren.

Erinnert sei in diesem Zusammenhang nur an den Innenputz aus Lehm bei historischen Fachwerkgebäuden, der die Winddichtigkeit verbesserte, an diverse Arten der Außenverkleidung und letztlich dienten auch die früher weit verbreiteten Fensterläden bereits der „Wärmedämmung“ – war doch das regelmäßige Schließen der Fensterläden ökonomischer als die für den eventuellen Mehrbedarf notwendigen Arbeiten zur Holzbeschaffung. Häufig war aber auch die jährlich verfügbare Holzmenge limitiert.

Außenverkleidungen oder Vorhangfassaden wurden früher hauptsächlich als Wetterschutz für das Gebäude angelegt, entweder nur auf der jeweiligen sog. Wetterseite als Schutz gegen Schlagregen und

1 *Modell-Projekt: Ruine oder Basis für ein Haus mit Niedrigenergiestandard? (Foto: Wolfgang Riesner)*

(Stark-)Wind oder in exponierten Lagen, wie in den Mittelgebirgen, auch als Rundum-Schutz – und zusätzlich als architektonisches Gestaltungselement. Verwendet wurden jeweils regional verfügbare Materialien – z. B. Holz, Schiefer und auch Dachziegel.

In der Nachkriegszeit, insbesondere in den 60er- und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts kamen für Außenverkleidungen dann noch, damals hochmoderne Platten aus häufig asbesthaltigen Materialien hinzu, die sich nach heutiger Betrachtung irgendwo zwischen optischer Katastrophe und Sondermüll bewegen. Derartige, hinterlüftete Bekleidungen, auch aus unbelasteten Materialien, lieferten, trotz aller optischen Bedenken, aber immer noch einen gewissen Beitrag zur Wärmedämmung. Sie werden jedoch in die heutigen Berechnungen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) nicht mehr mit einbezogen.

Kurzum: Der Mensch hat sich in der Vergangenheit aus ökonomischer und energetischer Sicht bis in die Nachkriegszeit weitestgehend durchaus richtig verhalten, oder es zumindest versucht. Neu war hingegen ein anderes Phänomen nach dem 2. Weltkrieg: Plötzlich stand äußerst preiswerte und komfortable Energie aus fossilen – flüssigen und gasförmigen – Energieträgern zur Verfügung. Heizöl und Gas ersetzen Holz, aber auch andere fossile Energieträger wie Kohle und Koks. Der bis zu den ersten Energiekrisen der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts äußerst niedrige Preis verstellte aber für Jahrzehnte den Blick für

den Wert von Energie – und für die Endlichkeit fossiler Ressourcen. Damit einher ging aber auch vielfach noch ein geändertes Nutzungsverhalten, der von ausgeprägten Komfortgedanken getriebene Anspruch, fast jedes Zimmer eines Gebäudes (ständig) heizen zu wollen – und der Energieverbrauch ging zusätzlich in die Höhe. Hinzu kamen dann auch noch Neubauten der 60-er bis 80-er Jahre, die häufig unter der Prämisse billiger Energie errichtet wurden und energetische Aspekte ausblendeten.

Die aktuellen Energieeinsparverordnungen sind somit nichts anderes als eine Art Rückbesinnung – auf ökonomische und damit auch ökologische Prinzipien.

Einige Thesen vorab

- Energie ist ein teures Gut und wird zunehmend knapp. Ihre Kosten steigen zukünftig stärker als die übrigen Lebenshaltungskosten oder Einkommen.
- Alte Häuser können ihren Bewohnern eine hohe Lebensqualität bieten. Aber: Nur Gebäude, die auch genutzt werden, bleiben auf Dauer erhalten.
- Die Werthaltigkeit von Gebäuden hängt von ihrer Nutzbarkeit ab. Der Wert von ungedämmten Gebäuden liegt zukünftig maximal beim Grundstückswert.
- Wer möchte, dass historische Gebäude erhalten bleiben, muss ihren Besitzern und Bewohnern erklären, wie sie langfristig zu erträglichen Kosten nutzbar bleiben und auch längerfristig ihren Wert behalten.
- Dämmen kann man nur mit einem Wärmedämmstoff!
- Bauphysik unterscheidet nicht nach Neu- und Altbauten, sondern gilt für beide gleichermaßen!
- Der gewählte Dämmstandard sollte mindestens 50 Jahre ausreichend sein.

Möglichkeiten und Philosophien

Es gibt mehrere Möglichkeiten, ein Gebäude nachträglich zu dämmen und auch auf Standard eines Niedrigenergiehauses oder zumindest in die Nähe zu bringen. Grundsätzlich muss zwischen einer Außen- und einer Innendämmung unterschieden werden. Die Wahl der jeweiligen Vorgehensweise ist von mehreren Hauptaspekten abhängig, u. a.:

- Technisch-bauliche Aspekte, wie z. B. Fachwerkhäuser oder Massivhäuser;
- Optisch-architektonische Aspekte, wie z. B. zukünftige Fassadengestaltung; und letztlich auch
- Aspekte des verfügbaren Platzes.

Bei der Realisierung gibt es dann noch diverse Alternativen des Aufbaus und die weitgehend individuelle Wahl der Materialien. Insgesamt ergibt sich daraus eine Vielzahl von Möglichkeiten. Oberste Prämisse sollten jedoch immer Aspekte der Bauphysik haben, da jede Form einer nachträglichen Dämmung auch ihre ureigenen Risiken beinhaltet. Grundsätzlich sind Außendämmungen „leichter“ zu realisieren – richtig geplant, sind jedoch auch Innendämmungen technisch unproblematisch.

Eine von der Materialwahl und der Dimensionierung her falsche Dämmung kann zu massiven Schäden und ggf. auch zum Verlust des Bauwerks führen. Die Planung ist deshalb kaum eine Aufgabe für „Selbsterbauer“, sondern sollte immer zusammen mit einem im Altbau erfahrenen Architekten erfolgen. Die Möglichkeiten von Eigenleistungen zur Kostenminimierung sind bei entsprechenden handwerklichen Fähigkeiten unbenommen; eine Reihe von Aufgaben erfordert jedoch auch die Sachkunde von Fachleuten; dazu zählt z. B. das luftdichte Abkleben von Materialstößen oder das „Einblasen“ von Zelluloseflocken. Bei Bauernhäusern, insbesondere bei Fachwerkhäusern, soll die Fassade meistens (fachwerk-sichtig) erhalten bleiben. In diesen Fällen kommt nur eine Innendämmung in Frage. Denkbar sind in Einzelfällen bzw. in Teilbereichen auch Mischformen, wie z. B. eine Außendämmung im Giebel dreieck oder auf der Wetterseite.

Viele Dämmstoffe sind untereinander austauschbar oder kombinierbar, weil sie hinsichtlich ihrer Dämmwirkung gleiche oder zumindest sehr ähnliche Eigenschaften haben. Z. B. haben Zelluloseflocken, Hanfmatten und Seegras vergleichbare, sehr gute Lambda-Werte zwischen 0,04 und 0,05 (vgl. dazu auch: Holznagel 2/13, S. 8).

Die Wahl des jeweiligen Dämmstoffes und der Stärke der Dämmung gerät deshalb oft zu einer Frage des „persönlichen Geschmacks“, der Weltanschauung, häufig in Verbindung mit der Ablehnung ökologisch bedenklicher Materialien, der Möglichkeit von Eigenleistungen – und letztlich kommen noch die finanziellen Aspekte der Materialkosten hinzu. Obwohl es bei den Materialkosten durchaus Unterschiede gibt, sollte doch auch bedacht werden, dass diese Kosten im Rahmen einer größeren Baumaßnahme nur einen geringen Anteil darstellen und entstehende Mehrkosten im Zweifel sogar vernachlässigt werden können(ten).

Innerhalb dieser weitgehend individuellen Dämmphilosophien sollte noch einmal ein kritischer Blick auf zwei Produktlinien geworfen werden – auf Produkte aus Hartschaum und aus Lehm.

Hartschaumprodukte, z. B. Polyurethane und Polystyrole, verfügen über sehr gute Dämmeigenschaften und sind ausgesprochen günstig. Ihr Preis macht sie insbesondere für „Selberrmacher“ sehr verlockend. Es muss jedoch bedacht werden, dass diese Produkte aufgrund ihrer sehr geringen oder nicht vorhandenen Fähigkeit zur Dampfdiffusion und zum kapillaren Wassertransport nur ein sehr eingeschränktes Spektrum an Verwendungsmöglichkeiten haben und im Zweifel kontraproduktiv sein können. Hinzu kommt ein weiterer Aspekt: Hartschaum mit Anhaftungen, z. B. mit Putzresten, ist nicht sortenrein und gilt beim Recycling als Sondermüll, für den in Zukunft deutlich höhere Kosten als heute anfallen dürften. Dieser Aspekt zeigt sich im größeren Umfang aber auch bereits heute, wenn Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) bereits nach wenigen Jahren aus unterschiedlichen Gründen saniert werden müssen.

Lehm ist im Altbau ein beliebter Baustoff und bietet eine Reihe von Vorteilen: hohe Wärmespeicherfähigkeit, eine gute Feuchteregulierung mit positiven Eigenschaften auf das Raumklima und gute Schalldämpfungseigenschaften.

Aber: Lehm ist kein Dämmstoff! Wenn im Zusammenhang mit Dämmen von Lehm gesprochen wird, handelt es sich (meistens) um sogenannte Leichtlehm-mischungen – also Lehm mit Zuschlagstoffen, wie z. B. Holzhackschnitzel u. Ä. Der Lehm übernimmt in diesen Mischungen also nur die Funktion eines „Klebers“ oder Bindemittels.

Bei Innendämmungen können Lehm und Lehmprodukte auch sehr gut als Teil eines Gesamtaufbaus eingesetzt werden, z. B. Lehmsteine für eine Innenschale und Lehmputze in Verbindung mit Dämmplatten aus diversen möglichen Materialien, wie Holzweichefaser oder Schilf.

Theoretisches – Der U-Wert

Wärme ist eine Form von Energie und fließt immer von der höheren Temperatur zur niedrigeren – während der Heizperioden also vom Inneren eines Gebäudes nach außen. Die einzelnen Bauteile stellen dem Abfließen von Wärme einen Widerstand entgegen, der durch den Wärmedurchgangskoeffizienten U (U-Wert) in Watt pro Quadratmeter und Kelvin ($W/(m^2 \cdot K)$) beschrieben wird.

Der U-Wert eines Bauteils wird durch drei Vorgänge beeinflusst:

- die Wärmeübertragung von der Innenluft auf ein Bauteil, definiert als Wärmeübergangskoeffizient h_i
- die Wärmeleitung im Innern eines Bauteils, die maßgeblich von der Wärmeleitfähigkeit (Lambda) der einzelnen Materialien und ihrer jeweiligen Dicke abhängt; und
- die Wärmeübertragung von einem Bauteil auf die Außenluft (oder gegen das Erdreich), definiert als Wärmeübergangskoeffizient h_e

Je kleiner der U-Wert eines Bauteils, umso besser ist der Wärmeschutz!

Bauteile wie Böden, Wände, Decken und Dächer werden nach homogen und inhomogen unterschieden. Als homogene Bauteile werden Konstruktionen bezeichnet, die aus mehreren durchgehenden, hintereinander liegenden Schichten von Baumaterialien bestehen. Ein einfaches Beispiel wäre eine durchgehende Backsteinwand mit Innen- und Außenputz.

Bei inhomogenen Bauteilen laufen die verschiedenen Schichten der Baumaterialien nicht über die ganze Fläche, sondern werden durch andere Schichten (Teile) unterbrochen. Das klassische Beispiel ist eine Fachwerkwand aus Holz und den unterschiedlichen Ausfachungsmaterialien wie Lehm oder Backstein.

Der U-Wert für homogene Bauteile berechnet sich nach folgender Formel:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_g + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Legende:

- $d_1 \dots d_n$: Dicke des jeweiligen Baumaterials in Meter
- h_i, h_e : Wärmeübergangskoeffizienten in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- $\lambda_1 \dots \lambda_n$: Wärmeleitfähigkeit des jeweiligen Baumaterials in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- R_g Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten

Für h_i und h_e werden folgende Werte unterstellt:

$$h_i = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$h_e = 25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Bei Bauteilen gegen das Erdreich wird für $h_e = \infty$ angenommen, sodass $1/h_e = 0$.

Für ruhende Luftschichten (R_g) müssen je nach Dicke der Schicht und der Richtung des Wärmestroms (aufwärts, abwärts oder horizontal von innen nach außen) unterschiedliche Werte angesetzt werden. Als Näherungswert für eine 2,5 cm dicke Schicht kann 0,18 verwendet werden.

Besonderheiten:

- Dampfsperren und -bremsen, Feuchtigkeitsisolationen u. Ä. werden in der Berechnung des U-Werts weggelassen, da sie zu dünn sind, um das Ergebnis zu beeinflussen.
- Bei hinterlüfteten Fassaden und Dächern kann zwischen Wärmedämmung und Wetterschutz der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht und aller anderen Schichten zwischen Luftschicht und Außenumgebung vernachlässigt werden. Der äußere Wärmeübergangswiderstand h_e wird dem inneren Wärmeübergangswiderstand h_i desselben Bauteils gleichgesetzt.

- Bei Fussbodenheizungen werden bei der U-Wert-Berechnung die Schichten oberhalb der Wärmedämmung und der innere Wärmeübergangskoeffizient h_i nicht mit eingerechnet.

Beispielrechnungen für die U-Werte homogener Bauteile werden im Kapitel „Das Modell-Projekt“ vorgestellt. Die U-Werte inhomogener Bauteile sind schwieriger zu berechnen und können im Zweifel sog. Bauteilkatalogen entnommen werden. Hilfsweise kann auch mit obiger Formel gerechnet werden. Dabei sollten für Hilfskonstruktionen jedoch Zuschläge vorgenommen werden.

Zum U-Wert einer Fachwerkwand:

Eine Fachwerkwand stellt ein inhomogenes Bauteil dar. Als Beispiel möge eine historische Wand aus Nadelhölzern mit Querschnitt 14 x 14 cm und einer halbsteinigen Ausfachung mit beidseitigem, balkenbündigem Kalkputz dienen.

Der U-Wert der Ausfachung wäre ca. 2,4 und der der Hölzer ca. 0,8. Ohne genauere Berechnungen wird deshalb für eine ungedämmte Fachwerkwand ein U-Wert von $2,0 \pm 0,2$ angenommen. Der Abschlag gegenüber dem U-Wert der Ausfachung erfolgt aufgrund der wesentlich schlechteren Wärmeleitung (= besserer Wärmeschutz) des anteiligen Holzes gegenüber den mineralischen Baustoffen.

Die Zielsetzung

Im Gegensatz zu Neubauten gibt es für Sanierungen im Bestand nach der EnEV 2009 und der kommenden EnEV 2014 keine verbindlichen Definitionen und Anforderungen bis auf die Maßgabe, dass jede Reparatur oder Sanierung zu Dämmwerten führen soll, die nicht schlechter sind als die bisherigen. Bei deutlichen Vergrößerungen der beheizten Fläche oder der Bauteile sind unter Umständen Neubaustandards einzuhalten.

Diese wenig präzise Vorgabe führt dazu, dass es den Eigentümern überlassen bleibt, einen individuellen Standard zu wählen. Als Zielsetzung sollte dabei jedoch der Standard eines Niedrigenergiehauses herangezogen werden mit einem Heizwärmebedarf von unter $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Übertragen auf die Terminologie des Wärmedurchlasses sollten für die einzelnen

Bauteile U-Werte von $< 0,35$ angestrebt werden. In vielen Fällen ließe sich damit der Bedarf an Heizenergie auf ein Drittel bis ein Viertel des Bedarfs eines unsanierten Hauses reduzieren.

Noch ein Wort zu Gebäuden unter Denkmalschutz. Vielfach wird davon ausgegangen, dass diese Gebäude automatisch von allen Forderungen der EnEV befreit sind. Dem ist aber keineswegs so. Denkmale können nur befreit werden, wenn eine sogenannte „unbillige Härte“ vorliegt und sich die Kosten einer Baumaßnahme nicht innerhalb einer angemessenen Frist amortisieren. Dafür muss jedoch zwingend ein entsprechender Bescheid der zuständigen Denkmalbehörde vorliegen. In der Regel lassen sich aber auch Denkmale auf einen Niedrigenergiestandard bringen.

Lambda-Werte für Bauteile

Die kompletten Lambda-Werte (λ) für Bauteile haben Katalogstärke und können hier nicht vollumfänglich wiedergegeben werden, zumal sie auch häufig noch nach unterschiedlichen Normen und von verschiedenen Autoren und Herstellern erstellt wurden und voneinander differieren können. Für eigene, überschlägige oder prototypische Berechnungen seien hier für häufig vorliegende und verwendete Bauteile die Lambda-Werte angegeben (Lambda-Werte für Dämmstoffe: s. Holznagel 2/13, S. 8). Für geplante, konkrete Maßnahmen empfiehlt sich jedoch eine detaillierte Berechnung durch zertifizierte Berater.

Bauteil	Rohdichte	λ
Mauerwerk unverputzt		
Ziegel	1200	0,50
	1400	0,58
	1600	0,68
	1800	0,96
Klinker	2000	0,80
Kalksandstein	1600	0,80
	1800	1,00
	2000	1,10
Poroton	700	0,14
Porenbetonstein	300	0,10
	400	0,13
	500	0,16
	600	0,19
Gestein		
Basalt	2800	3,50
Granit	2700	2,80
Marmor	2800	3,50
Schiefer	2500	2,20
Sandstein (Quarzit)	2600	2,30

Bauteil	Rohdichte	λ
Erdreich		
Ton, Schlick o. Schlamm	1500	1,50
Sand und Kies	1900	2,00
Leichtlehm	300	0,10
	800	0,25
	1200	0,47
Massivlehm	1400	0,59
	1800	0,91
	2000	1,13
Beton		
Mittlere Rohdichte	1800	1,15
	2000	1,35
	2200	1,65
Hohe Rohdichte	2400	2,10
Putze, Mörtelschichten		
Kalkmörtel	1800	0,87
Kalkzementmörtel	1900	1,00
Zementmörtel	2200	1,40
Gipsputz	1300	0,57

Bauteil	Rohdichte	λ
Gipskartonplatten	900	0,25
Holz		
Nutzholz	500	0,13
Holzweichfaserplatte	140	0,04
Holzfaserplatte	250	0,07
	400	0,10
	600	0,14
	800	0,18
Spanplatte (OSB)	300	0,10
	600	0,14
	900	0,18
Zementgebundene Spanplatte	1200	0,23
Platten		
Keramik / Porzellan	2300	1,30
Kunststoff	1000	0,20



- 2** *Beispielprojekt:
Wenn historische Fassaden erhalten bleiben sollen, kommt nur eine Innendämmung infrage. Dieses Haus wurde nach umfangreicher Sanierung auf den Standard eines Niedrigenergiehauses gebracht.
(Foto: Wolfgang Riesner).*

Das Beispielprojekt

Aufgrund der Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten für eine Innendämmung kann nicht die gesamte Bandbreite vorgestellt werden; vielmehr sollte sich eine praxisorientierte Darstellung an einem prototypischen Fall als Modell orientieren.

Als Beispiel für eine Innendämmung dient das Haus der Familie Meihöfer, ein ehemaliges Leibzuchtsgelände, das 1870 als Vierständer-Hallenhaus in Minden-Dankersen errichtet wurde. Mit ca. 19,6 x 13,1 x 11,2 m (L x B x H), die Dielendeckenbalken liegen ca. 4,00 m über Gelände, das Kammerfach ist unterkellert, beträgt die Wohn- und Nutzfläche knapp 450 m² und der umbaute Raum 2.110 m³. Die Sanierung erfolgte nach über 20 Jahren Leerstand und zunehmendem Verfall zwischen 1995 und 2001 mit umfangreicher Eigenleistung.

Ziel war, für die angestrebte Neunutzung zu Wohnzwecken auch langfristig günstige Energiekosten durch den „Standard“ eines Niedrigenergiehauses zu erreichen. Die beheizte Fläche beträgt heute ca. 240 m².

Für Sanierungen im Bestand gibt es jedoch keine verbindlichen Definitionen und Anforderungen. Die EnEV 2009 und die kommende EnEV 2014 nennen nur einen konkreten Wert: Bei einer nachträglichen Dämmung der obersten Geschossdecke sollte ein wenig ambitionierter U-Wert $\leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden.

Beim Beispielprojekt Meihöfer wurden folgende Ziele gesetzt:

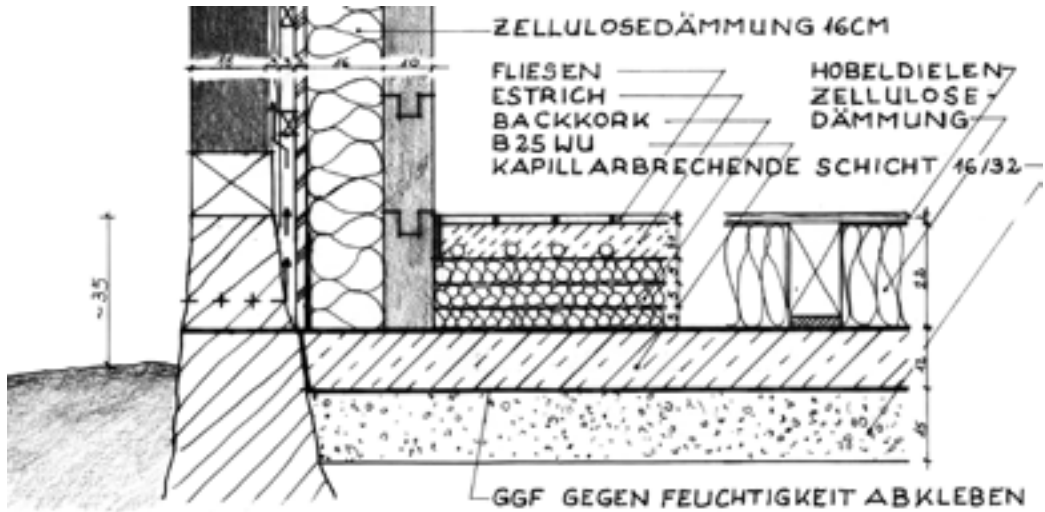
- U-Wert von $\leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für Dämmungen gegen das Erdreich oder über Keller
- U-Wert von $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ für Dämmungen der Wände und $\leq 0,20 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ des Daches, bzw. der obersten Geschossdecke

Kernelemente der vorgenommenen Dämm-Maßnahmen waren die Verwendung von Zelluloseflocken und eine hinterlüftete Fassade. Die im Folgenden bei den einzelnen Bauteilen vorgestellten, zeichnerischen Konstruktionsdetails sind „Idealisierungen“ der durchgeführten Maßnahmen und dienen ausschließlich der Erläuterung. Zu einzelnen Bauteilen werden zusätzlich zur Beschreibung auch noch explizit die Rechengänge zur Bestimmung des U-Wertes dargestellt.

Fußboden

Der Aufbau des Fußbodens berücksichtigt zwei unterschiedliche Lösungen, je nach erforderlichem oder gewünschtem Belag:

Für „Nassbereiche“, wie z. B. Küche, Badezimmer und ggf. Wirtschaftsbereiche, wurde ein Belag aus keramischen Materialien (Fliesen) gewählt. Denkbar sind jedoch auch andere mineralische Beläge wie Sandsteinplatten, Ziegel o. Ä.



Grafik 1: Alternative Fußbodenaufbauten und Dämmung gegen das Erdreich (Grafik: Hille Lübbert)

Tabelle 1a: Berechnung der Wärmeleitungs-widerstände für den Fußbodenaufbau mit keramischem Belag ohne Fußbodenheizung

Spaltenlegende:
A = Schichtstärke (d) in Meter
B = Wärmeübergang (h) in $W/(m^2 \cdot K)$ oder Wärmeleitung (λ)
R = Widerstände bei Wärmeübergang ($1/h$) od. Wärmeleitung (d/λ)

Der sich daraus errechnende U-Wert von $1/3,69 = 0,27$ ist deutlich besser als die ursprüngliche Zielsetzung von $\leq 0,30 W / (m^2 \cdot K)$.

Schicht-Nr.	Material	A	B	R
	Wärmeübergang innen (h_i)	-	8,000	0,13
1	Fliesen	0,020	1,300	0,02
2	Estrich	0,075	1,400	0,05
3	Backkork (3 x 5 cm)	0,150	0,045	3,33
4	Feuchtesperre	-	-	-
5	Beton	0,120	1,350	0,09
6	Feuchtesperre	-	-	-
7	Kiesschicht	0,150	2,000	0,08
	Wärmeübergang außen (h_e)			0,00
	R (Gesamt)			3,69

Für Wohnbereiche wird von einem Holzbelag, z. B. (Hobel-)Dielen ausgegangen. Die Aufbauhöhe wurde in beiden Fällen einheitlich mit ca. 23 cm über Sohle angenommen (s. Grafik 1).

Gegen das Erdreich wird zunächst eine kapillarbrechende Schicht, z. B. Kies mit Sieblinie 16/32 eingebracht. Darüber kommt eine (Beton-)Sohle aus B 25 WU (C25/30).

Für die kapillarbrechende Schicht und die Sohle sind auch Alternativen denkbar, z. B. auch das Einbringen von Schaumglasschotter, der nach entsprechender Verdichtung auch statische Funktionen, ähnlich einer Beton-Sohle erfüllen kann. Ggf. und je nach Höhe des Grundwassers im lokalen Umfeld oder der Region müssen die einzelnen Schichten auch noch nach oben abgedichtet (abgeklebt) werden (s. dazu auch Artikel Holzschädlinge auf S. 23).

Tabelle 1b:

Berechnung der Wärmeleitungswiderstände für den Fußbodenaufbau mit keramischem Belag und mit Fußbodenheizung

In dieser Berechnung mit einer Fußbodenheizung wurden die Schichten oberhalb der Dämmung nicht mit einbezogen. Dadurch verringert sich der (berechnete) Widerstand gegenüber dem Ansatz in Tabelle 1a und der U-Wert wird tendenziell schlechter. Mit $1/3,50 = 0,29$ liegt er aber immer noch im Bereich der Zielsetzung. Dieser Rechenansatz ist unter den diversen Autoren umstritten, berücksichtigt aber, dass der Fußboden durch die Fußbodenheizung wärmer ist als die Raumluft.

Tabelle 1c:

Berechnung der Wärmeleitungswiderstände für den Fußbodenaufbau mit Dielenbelag

Der sich daraus errechnende U-Wert von $1/5,81 = 0,17$ ist deutlich besser als die ursprüngliche Zielsetzung von $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tabelle 2:

Berechnung der Wärmeleitungswiderstände für den Wandaufbau

Für den Wärmeübergang außen wurde der Wert wegen der Hinterlüftung auf $8,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ reduziert und das vorhandene Fachwerk nicht berücksichtigt. Dieser Rechenansatz hat in diesem Fall aber keinen Einfluss auf das Gesamtergebnis.

Der sich daraus errechnende U-Wert von $1/4,59 = 0,22$ ist deutlich besser als die ursprüngliche Zielsetzung von $\leq 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Schicht-Nr.	Material	A	B	R
	Wärmeübergang innen (h_i)	-	-	-
1	Fliesen	-	-	-
2	Estrich (m. Fußbodenzg.)	-	-	-
3	Backkork (3 x 5 cm)	0,150	0,045	3,33
4	Feuchtesperre	-	-	-
5	Beton	0,120	1,350	0,09
6	Feuchtesperre	-	-	-
7	Kiesschicht	0,150	2,000	0,08
	Wärmeübergang außen (h_e)			0,00
	R (Gesamt)			3,50

Tabelle 1b: Spaltenlegende: s. Tabelle 1a

Schicht-Nr.	Material	A	B	R
	Wärmeübergang innen (h_i)	-	8,000	0,13
1	Hobeldielen	0,220	0,130	0,15
2	Zellulosedämmung	0,220	0,041	5,37
3	Feuchtesperre	-	-	-
4	Beton	0,120	1,350	0,09
5	Feuchtesperre	-	-	-
6	Kiesschicht	0,150	2,000	0,08
	Wärmeübergang außen (h_e)			0,00
	R (Gesamt)			5,81

Tabelle 1c: Spaltenlegende: s. Tabelle 1a

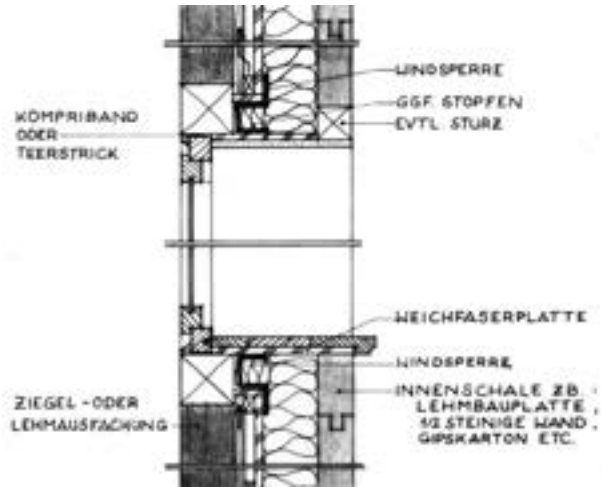
Schicht-Nr.	Material	A	B	R
	Wärmeübergang innen (h_i)	-	8,000	0,13
1	Kalkputz	0,010	0,870	0,01
2	Innenschale (Backstein)	0,115	0,500	0,23
3	Zellulosedämmung	0,150	0,041	3,66
4	Holzweichfaserplatte	0,0,20	0,045	0,44
5	Hohlraum (hinterlüftet)	-	-	-
6	Vorhandenes Fachwerk	-	-	-
	Wärmeübergang außen (h_e)		8,000	0,13
	R (Gesamt)			4,59

Tabelle 2: Spaltenlegende: s. Tabelle 1a

Wandaufbau

Der Wandaufbau geht grundsätzlich von einer neuen Innenschale mit Ständerwerk und zwischengeblasener Zellulosedämmung, Holzweichfaserplatte und von außen be- und entlüfteter Luftschicht vor dem vorhandenen Fachwerk aus

Für die neue Innenschale sind grundsätzlich mehrere Materialien möglich (s. a. Grafik 2). Das Rechenbeispiel verfolgt eine Lösung aus einer halbsteinigen Ziegelwand mit Kalkputz auf der Innenseite (s. Tabelle 2, S.19). Einsetzbar ist z. B. aber auch eine OSB-Platte auf dem Ständerwerk mit der Möglichkeit, Stoßfugen durchdringende Bauteile abzukleben und darauf eine Bekleidung mit Gipsfaserplatten, Lehmputz auf Schilfrohmatten als Putzträger oder Ähnlichem anzubringen.

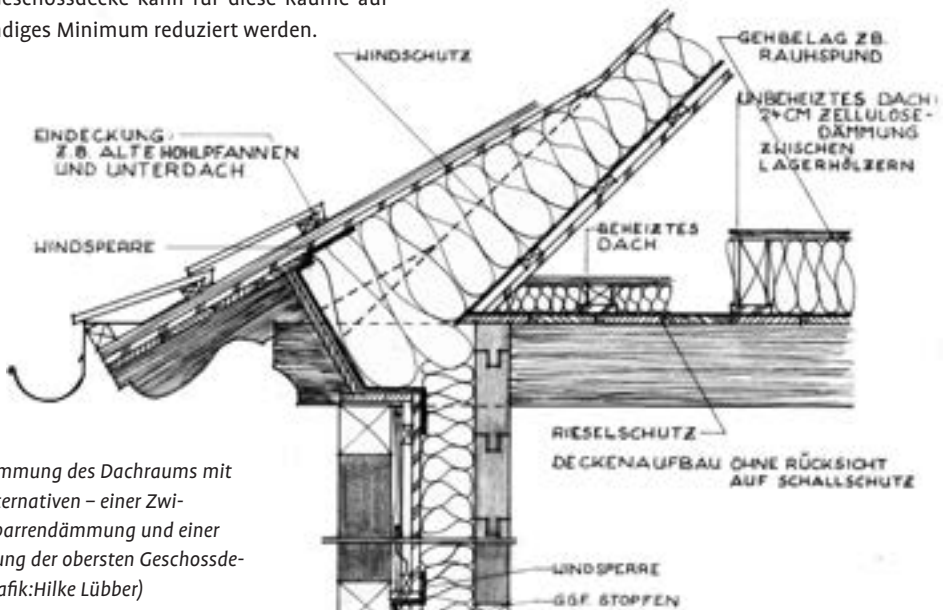


Grafik 2: Wandaufbau mit Hinterlüftung und Zellulosedämmung. Diese Lösung empfiehlt sich insbesondere für Außenwände mit Schlagregenbelastung. (Grafik: Hilke Lübber)

Dach und oberste Geschossdecke

Für den Dachraum werden zwei Varianten vorgestellt, je nach intendierter Nutzung: Für beheizten Wohnraum im Dachgeschoss wurde eine Dämmung zwischen den Dachsparren gewählt. Die Dämmung der obersten Geschossdecke kann für diese Räume auf ein notwendiges Minimum reduziert werden.

Für den unbeheizten Dachraum – Lagerraum o. Ä. – wurde die oberste Geschossdecke gedämmt und mit einem kostengünstigen Holzbelag (Rauhspund) versehen.



Grafik 3: Dämmung des Dachraums mit zwei Alternativen – einer Zwischensparrendämmung und einer Dämmung der obersten Geschossdecke. (Grafik: Hilke Lübber)

Tabelle 3a:

Berechnung der Wärmeleitungswiderstände für die Dämmung zwischen den Sparren

Schicht-Nr.	Material	A	B	R
	Wärmeübergang innen (h_i)	-	8,000	0,13
1	Gipsbauplatte	0,010	0,210	0,05
2	OSB-Platte	0,018	0,130	0,14
3	Zellulosedämmung	0,240	0,041	5,85
4	Unterdachschalung od. HWF	0,027	0,140	0,19
5	Lattung u. Konterlattung	-	-	-
6	Hohlpfannen	-	-	-
	Wärmeübergang außen (h_e)		25,000	0,04
	R (Gesamt)			6,40

Tabelle 3a: Spaltenlegende: s. Tabelle 1a

Tabelle 3b:

Berechnung der Wärmeleitungswiderstände für die Dämmung der obersten Geschossdecke

Für beide Varianten ergibt sich mit 1/6,40 und 1/6,38 ein identischer U-Wert von 0,16, der deutlich besser ist als die ursprüngliche Zielsetzung von $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Schicht-Nr.	Material	A	B	R
	Wärmeübergang innen (h_i)	-	8,000	0,13
1	Eichenbohle	0,035	0,210	0,17
2	Luftdichtungspapier, Rieselsch.	-	-	-
3	Zellulosedämmung	0,240	0,041	5,85
6	Gehbelag Schalung	0,027	0,140	0,19
	Wärmeübergang oben		25,000	0,04
	R (Gesamt)			6,38

Tabelle 3b: Spaltenlegende: s. Tabelle 1a

3 *Beispielprojekt: Bei einer Innendämmung geht zwangsläufig Wohnraum verloren. Die notwendige Stärke der Dämmung lässt sich optisch sehr gut an der Fensterlaibung am rechten Bildrand ermessen. Bei einer fachwerksichtigen Wand kann es auch zu Einschränkungen des Erscheinungsbildes kommen; z. B. ist ein Teil der Strebe rechts im Hintergrund nicht mehr sichtbar. Insgesamt dürften jedoch die ökonomischen Vorteile einer Dämmung überwiegen. (Foto: Wolfgang Riesner)*



Fazit

Am Beispielprojekt konnte gezeigt werden, dass eine nachträgliche Innendämmung an einem Fachwerkhaus unproblematisch realisiert und der Standard eines Niedrigenergiehauses an allen Bauteilen erreicht werden kann.

Die skizzierte Vorgehensweise eignet sich insbesondere dann, wenn bei einem Sanierungsbedarf nicht allzu sehr in die vorhandene Bausubstanz eingegriffen werden muss. Der finanzielle Aufwand wird dadurch minimiert.

Soweit die Theorie. Die Überprüfung in der Praxis hängt jedoch von vielen Faktoren ab – ganz stark auch von der Effizienz der Heizungsanlage und dem individuellen Nutzungsverhalten. Am Beispielprojekt konnte die Einhaltung eines Heizwärmebedarfs von $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ für ein Niedrigenergiehaus nur bedingt

überprüft werden. Die Hinderungsgründe lagen nach Auskunft der Besitzer in relativ hoch eingestellten Zimmertemperaturen und einer nicht ausreichend effizienten Brennwertanlage, die erst kürzlich getauscht wurde.

Relativiert man die Angaben aus der Vergangenheit auf eine Zimmertemperatur von $19\text{--}20^\circ \text{C}$ ergibt sich ein Jahresbedarf von ca. 20.000 kWh pro Jahr – bei 240 m^2 beheizter Fläche also ca. $83 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Dieser Wert liegt zwar noch über der Zielsetzung, mit der neuen Heizungsanlage dürfte das Ziel jedoch erreicht werden.

Insgesamt ist aber ein Wert von $83 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ deutlich besser als der für unsanierte Wohngebäude unterstellte Bedarf von ca. $300 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Zu den Autoren

Dipl.-Ing. Architekt Wolfgang Riesner ist seit 1985 freiberuflich in Petershagen, in der Nähe von Minden tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Um- und Neunutzung historischer Bausubstanz und ökologische Niedrigenergiehäuser. Er ist Landesbeauftragter der IGB für Nordrhein-Westfalen und 2. Stellvertretender Vorsitzender.



Dipl.-Kfm. Bernd Froehlich studierte Wirtschaftswissenschaften und Psychologie an der Universität Hamburg. Als Marketing- und Kommunikations-Berater arbeitete er hauptsächlich in den Bereichen Automobil, Mineralöl / Energie / Chemie und Medien. Von 2006 bis 2007 betreute er die Internetseite der IGB und seit 2008 ist er Redakteur für den Holznagel.

