

# Wieviel U-Wert braucht der Mensch ?

Von Dr.-Ing. Rainer Barth, Dresden

Mit der Einführung der Energie-Einsparungsverordnung (EnEV 2002) und den ab 2008 verschärften Bestimmungen hierzu ist auch in Bauherrenkreisen die Diskussion über den erforderlichen U-Wert der konstruktiven Hülle des Hauses wieder verstärkt in den Blickpunkt geraten. Die Diskussion wird dabei von einigen Hausherstellern und Lieferanten noch „angeheizt“, indem sie sich in ihren Prospekten mit U-Werten nahe dem „Nullpunkt“ zu unterbieten suchen, ohne jegliche Betrachtung des Gesamtzusammenhanges, so dass beim Uneingeweihten völlig falsche Vorstellungen entstehen.

Doch was besagt der U-Wert eigentlich und welche Auswirkungen hat er auf die Energiebilanz des Hauses und das Wohngefühl der Haus-Bewohner bei sommerlicher Hitze und bei winterlicher Kälte ???

Wirft man nur einen Blick in die Fachliteratur, so sieht der aufmerksame Leser sofort, dass zur Einschätzung eines Baustoffes hinsichtlich seines Wärmeschutzverhaltens mindestens **fünf** materialspezifische Kennwerte erforderlich sind, unter denen auch der U-Wert zu finden ist.

Diese fünf Kennwerte sind im Einzelnen:

1. Die Spezifische Wärmeleitfähigkeit Lambda (aus dieser läßt sich der so oft zitierte Wärmedurchgangskoeffizient - der U-Wert - ermitteln, wobei die Dicke der verwendeten Bauteilschicht und die Wärmeübergangswiderstände Luft – Bauteil - Luft Berücksichtigung finden)
2. Das Feuchtigkeitsverhalten
3. Das Wärmespeichervermögen
4. Die Rohdichte
5. Die Temperaturleitzahl

Wie wirken diese nun zusammen und welche Rolle spielen diese Faktoren beim massiven Holzhausbau? Und – last not least - wie werden diese Kenngrößen in der EnEV berücksichtigt ?

Die **Wärmeleitfähigkeit** wird durch einen materialabhängigen Zahlenwert beschrieben, genannt die spezifische Wärmeleitfähigkeit „Lambda“. Dieser Wert gibt den Wärmestrom (in Watt) an, der pro Quadratmeter Oberfläche eines Werkstoffes von 1 Meter Dicke bei einem Temperaturgefälle von 1 Grad Kelvin (= 1° C) hindurchströmt. Je niedriger der Wert, desto besser ist die Wärmedämmfähigkeit des Materials. Zu den Wärmedämmstoffen werden alle Materialien gezählt, deren Lambda-Wert kleiner 0,1 Watt/(Meter x Grad Kelvin) ist. Die gebräuchlichsten Dämmstoffe weisen in der Regel Wärmeleitfähigkeiten von 0,035 bis 0,05 W/(mK) auf. Für massive Nadelhölzer, wie Fichte, Kiefer und Tanne wird ein Lambda-Wert von 0,12 ...0,13 W/(mK) angegeben, womit dieses Material lt. Definition kein Wärmedämmstoff ist und folglich – auf den ersten Blick jedenfalls – eigentlich für eine energiesparende Bauweise ungeeignet ist. Eine massive Blockbohlenwand von 20 cm Dicke erreicht demgemäß auch nur einen U-Wert von 0,54, d. h. einen Wert, der von den so oft angepriesenen „Niedrigenergie-Wandsystemen“ mit U-Werten  $\leq 0,2$  weit entfernt ist.

Das **Feuchtigkeitsverhalten** der eingesetzten Baumaterialien wird häufig überhaupt nicht diskutiert, doch die Wärmeleitfähigkeit vieler Bau- und Dämmstoffe wird sehr stark von schon geringen Durchfeuchtungsmengen von 1 – 2 Volumen% (z. B. durch Kondensatfeuchte) vergrößert und damit der praktische U-Wert erheblich verschlechtert. Holz kennt keine Kondensat-

feuchte und verliert z. B. bei 2 % Wandfeuchte auch nur 2 % seiner Wärmedämmung, wogegen Beton z. B. bei dieser Feuchte schon 25 % Dämmverlust aufweist und Mineralwolle bei Zunahme der Feuchtigkeit von 1 auf 4 Vol% sogar 50 %!!

Eine Holzblockwand, die beregnet wird, schließt ihre Oberflächenporen, so daß die Feuchtigkeit nur 1- 2 mm eindringen kann. Bei einer ansonsten dichten Wandhülle hat auch eine tagelange Schlagregeneinwirkung keine praktische Auswirkung auf das Dämmverhalten einer Massivholz-Wand.

Dies ist von großer praktischer Bedeutung, da in einem bewohnten Haus in Deutschland für bis zu neun Monate eines Jahres feuchtwarme Luft von innen nach außen „drückt“ und sich dabei abkühlt. Der dabei freiwerdende Wasserdampf wird von Massivholz und Naturdämmstoffen mühelos aufgenommen ohne deren Dämmeigenschaften merklich zu verschlechtern, während alle mineralischen Dämmstoffe absolut dicht in Folien eingepackt werden müssen, damit sie in der Praxis nicht „absaufen“. Das ist bei der Bauausführung aber praktisch unmöglich zu erreichen. Da lacht bald der Schimmelpilz aus allen Poren und Sporen.

Das **Wärmespeichervermögen** eines Baustoffes gibt Aufschluß über die Reaktion bei Temperaturänderungen, die von Innen oder Außen auf die Bauteilwand einwirken. Je mehr Wärme ein Stoff speichern kann, um so träger reagiert er bei Aufheizung und Abkühlung . Man spricht hier von der sogenannten Amplitudendämpfung, die sich zeitverschoben auf der anderen Bauteilseite bemerkbar macht (Phasenverschiebung). Die spezifische Wärmekapazität von Massivholz übertrifft alle anderen Baustoffe (s. Tafel I). In Verbindung mit der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  und der **Rohdichte** von Holz läßt sich die **Temperaturleitzahl**  $a$  ermitteln ( $a = \lambda / \rho \cdot c_p$ ,  $\rho$  = Rohdichte  $\times$  spezifische Wärmekapazität). Da sich bei vielen Stoffen geringe Wärmeleitfähigkeit und hohe Dichte widersprechen, zeigt sich hier in der Temperaturleitzahl von Holz die einmalig günstige Kombination von Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärmekapazität.

Das hat in der Praxis weitreichende Konsequenzen: Eine massive Holzwand bewirkt z. B. bei sommerlicher Hitze durch ihre Amplitudendämpfung und die Phasenverschiebung von 10 – 12 Stunden einen weitgehend ausgeglichenen Temperaturverlauf im Holzhaus über 24 Stunden, was von den Bewohnern als sehr angenehm empfunden wird. In der kälteren Jahreszeit wiederum ( etwa von Oktober bis März) liefert die tiefstehende Sonne auf die Wände eines Einfamilienhauses mehr als 75 Megawattstunden kostenloser Strahlungsenergie, die von den massiven Blockwänden aufgenommen wird und zeitversetzt zum großen Teil in das Hausinnere abgegeben wird.

In der EnEV 2002 wird diese Tatsache nicht berücksichtigt, obwohl nachgewiesen wurde, daß bei einschaligen Massivholzwänden der praktische Wärmeverlust bis zu 50 % geringer ist, als aus dem statischen U-Wert zu schließen wäre. Dies belegt ein Dauerversuch mit drei gleichartigen Versuchsgebäuden in unterschiedlicher Ausführung der Außenhülle (s. „Der 10.000-Studentest“).

Die EnEV 2002 bietet dem Bauherren zwei Möglichkeiten zum Nachweis der Einhaltung des gesetzlich vorgeschriebenen Jahresheizwärmebedarfs:

- a) alle Bauteile entsprechen den U-Wert-Anforderungen der Norm (Bauteilverfahren) – dieses Verfahren führt zur stupiden Anwendung bürokratischer Normwerte, da alle anderen materialspezifischen Kennwerte völlig unter den Tisch fallen.
- b) es wird eine individuelle Energiebilanz für das gesamte Haus erstellt (Energiebilanzverfahren), indem zur Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs die solaren und internen Gewinne den Verlusten durch Transmission und Lüftung gegenübergestellt werden. Obwohl

dieses Verfahren das gesamte Gebäude entsprechend seiner Gestaltung in vielen Einzelfaktoren berücksichtigt, so wird – wie oben schon erwähnt – die Wärmespeicherfähigkeit einer Konstruktion nicht berücksichtigt, so daß ein Haus aus massiven Holzwänden in Verbindung mit dem jahreszeitlichen Temperatur- und Globalstrahlungsverlauf hinsichtlich seines Jahresheizwärmebedarfs immer wesentlich zu hoch eingestuft wird.

Zur rein bauphysikalischen Bewertung der konstruktiven Hülle kommt beim Wohnhaus der energetische Einfluß der Außenwände auf den im Hausinneren lebenden Menschen hinzu. Die geringe Temperaturleitzahl von Massivholz bewirkt, daß die raumseitige Oberflächentemperatur der Außenwände etwa gleich der Raumtemperatur ist. Da der Mensch im Strahlungsaustausch mit seiner Umgebung steht, ist Holz der ideale „Strahlungspartner“; schon bei Lufttemperaturen von 18 °C wird die Behaglichkeitstemperatur erreicht, so daß ein Holzhaus gegenüber einem Steinhaus durch die mögliche Absenkung der Lufttemperatur um bis zu 4 °C allein dadurch schon Heizkosteneinsparungen bis zu 20 % ermöglicht.

Fazit: Das energetische Verhalten eines Massiv-Blockhauses kann allein mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten, dem U-Wert, nicht charakterisiert werden. Eine „Einwert-Charakterisierung“ ist immer problematisch. Wenn sie aus Vereinfachungsgründen gewünscht wird, dann wäre der effektive U-Wert eine bessere Wahl, wie er von Prof. Claus Meier vorgeschlagen wird.

Gemäß den gesetzlichen Vorgaben und Berechnungsrichtlinien wird ein massives Holzhaus mit den üblichen und völlig ausreichenden Wandstärken von 18 bis 25 cm nie als Niedrigenergiehaus eingestuft werden, obwohl alle Bewohner eines Holz-Blockhauses die obigen Ausführungen hinsichtlich des Energieverbrauchs und der thermischen Behaglichkeit bestätigen können (das muß aber unter uns Holzfreunden bleiben, sonst spricht sich das womöglich noch rum !).

Weitere wichtige wohnhygienische Eigenschaften, die ein Massivholzhaus bietet, wurden hier nicht diskutiert, obwohl sie sich auf die Bewohner zusätzlich positiv auswirken. Hier wären z. B. der hohe Schirmungsgrad von Massivholz gegenüber hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung (alle Handyfrequenzen!) zu nennen, die angenehme Farbwirkung des naturbelassenen Holzes, die schnelle Absorption von Gerüchen und die reinigende Wirkung der Holzkonstruktion auf die Raumluft sowie die Regulation der Luftfeuchtigkeit im Optimalbereich für Mensch und Tier.

#### Abschließend noch einige praktische Hinweise zur energetischen Optimierung und zum baulichen Holzschutz Ihres geplanten Blockhauses:

Wählen Sie einen einfachen, kompakten Grundriß – das spart Baukosten und später Heizenergie. Die Sockelhöhe von Keller/Bodenplatte sollte mindestens 25 cm betragen (Spritzschutz !); aufsteigende Feuchte vermeiden durch Drainage und Isolation der Grundmauern und Decken (Bitumen, Teerpappe).

Bei der Wärme-Isolierung von Fußboden und Dach sollte man nicht sparen ! Holzfaserplatten bei der Dachdämmung mit ihrer hohen Phasenverschiebung halten die sommerliche Hitze aus dem Dachgeschoß fern und isolieren auch im Winter hervorragend.

Große Fenster mit Isolierglas-Scheiben (U-Wert 1,2), die nach Süden und Südwesten ausgerichtet sind bringen Licht (wichtig im Blockhaus !) und Wärme ins Haus. Die Nordseite sollte so weit wie möglich ohne Fenster bleiben.

Ganz wichtig beim einschaligen Blockhaus ist die winddichte Ausführung der Konstruktion.

Das beginnt bei der Auswahl des Bausatzes (Holz- und Fertigungsqualität) und geht über die Montage (Einlegen von Isolierstreifen in die Rundbalkenlagen, Abdichtung der Fenster- und Türenzargen) bis zur „Pflege“ des Hauses während des Setzungsprozesses (Gewindestangen nachziehen). Die Vierkant-Blockbohle bietet hier aufgrund der mehrfachen Nut-Feder-Verbindung und der weitaus geringeren Setzung einige Vorteile.

Versuchen Sie, Ihr Haus so zu planen, daß die Blockwand mit der geringsten Angriffsfläche zur Wetterseite zeigt, und daß ausreichende Dachüberstände (ca. 1 m) und vorgezogene Vordächer zusätzlichen Schutz gegen Schlagregen und die intensive sommerliche Mittags-Sonne bieten. Achten Sie auf die reibungslose Regenwasserabführung am Haus sowie darauf, dass Hirnholz verdeckt eingebaut oder abgeschrägt wird zum Schutz vor eindringender Nässe.

Und nun viel Freude beim Bauen und Wohnen in Ihrem Massivholzhaus !

Tafel I

Kennzahlen verschiedener Baustoffe				
Baustoff	Rohdichte	Wärmeleitfähigkeit	spezifische Wärmekapazität	Temperaturleitzahl
	Kg/m <sup>3</sup>	W/(m x K)	J/(kg x K)	cm <sup>2</sup> /h
Fichte, Kiefer, Tanne	600	0,130	2500	3
Holzwerkstoffplatten	450	0,120	2100	5
HOMATHERM				
Dämmplatten aus Holz	140	0,045	2000	6
HOMATHERM				
Dämmplatten aus Zellulose	85	0,040	1944	9
Gipsbauplatten	1200	0,360	1000	11
Leichtbeton	800	0,290	1050	12
Glas	2500	0,930	840	16
Vollziegel	1800	0,800	1000	16
Stahlbeton	2200	1,400	1050	22
Polystyrolschaum	40	0,040	1380	26
PU-Hartschaum	30	0,030	1380	26
Sedimentgestein	2600	2,300	900	35
Glaswolle	20	0,040	800	90
Baustahl	7800	58,000	600	446
Aluminium	2700	200,000	921	2895

Literatur:

- Bauwesen-Jahrbuch 1999. Deutscher Sparkassen-Verlag GmbH, Stuttgart
- HONKA-ClubReport Nr. 1, Nov. 94
- Wärmedämmung vom Keller bis zum Dach. Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände e. V. Bonn, 1997
- Die Hitze unter dem Dach. K. Lange, Homann-Dämmstoffwerk, Berga
- Holzbau-Handbuch, Reihe 1 / Teil 4 / Folge 5: Das Wohnblockhaus
- Richtig bauen. Bauphysik im Zwielficht – Probleme und Lösungen. C. Meier, expert-verlag, 4. Auflage 2006
- Der 10.000-Studententest. R. Barth nach Forschungsergebnissen Firma Lienbacher/ Holztechnikum Kuchl, 2008