

# WANDAUFBAUTEN FÜR NIEDRIGENERGIEHÄUSER IN HOLZBAUWEISE

## BAUPHYSIKALISCHE UND ÖKOLOGISCHE BETRACHTUNG

DI Renate Brocza, Email: [rbrocza@gmail.com](mailto:rbrocza@gmail.com)

Univ. Ass. DI Dr. techn. Sinan Korjenic, Email: [skorjenic@hochbau.tuwien.ac.at](mailto:skorjenic@hochbau.tuwien.ac.at)

Univ.Prof. DI Dr.techn. Andreas Kolbitsch, Email: [kolbitsch@hochbau.tuwien.ac.at](mailto:kolbitsch@hochbau.tuwien.ac.at)

Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien, Karlsplatz 13/206, A – 1040, Österreich

### KURZFASSUNG

Die Arbeit gibt einen Überblick über unterschiedliche Holzbauweisen, die für Außenwände von Niedrigenergiegebäuden geeignet sind. Sowohl traditionelle als auch neu entwickelte Systeme werden vorgestellt. Da es auch bei den Dämmstoffen interessante Entwicklungen gibt, werden neben den konventionellen Vertretern, Mineralwolle und Polystyrol, vor allem nachwachsende Dämm-materialien behandelt. Neben der bauphysikalischen Eignung eines Wandaufbaus wird auch dessen Ökologie und ökologische Nachhaltigkeit beleuchtet.

### ABSTRACT

The article gives an overview of different types of timber construction of external walls that are suitable for low-energy houses. Traditional systems, as well as more innovative ones, are discussed. Besides the suitability of buildings and the physics of wall construction, the ecology and sustainability are also considered. Besides that the characteristics of renewable insulation materials are compared to the conventional types like mineral wool and polystyrene.

### EINLEITUNG

Die Definition eines Niedrigenergiegebäudes ist in den unterschiedlichen Regelwerken und Richtlinien nicht einheitlich. Laut ÖNORM B 8110-1: 2008-01-01 darf bei einem Niedrigenergiegebäude der jährliche Heizwärmebedarf den Maximalwert von 59,5 kWh/(m<sup>2</sup>a) nicht überschreiten. Bei einer günstigeren Gebäudegeometrie liegt dieser Grenzwert niedriger. In Wien muss im Geschoßwohnbau jedes neu errichtete Gebäude den Standard eines Niedrigenergiegebäudes erreichen. Auch im kleinvolumigen Hausbau wächst der Anteil der Niedrigenergiehäuser durch finanzielle Anreize und das steigende Bewusstsein der Bevölkerung stetig.

Entscheidend für die ökologischen Eigenschaften eines Hauses sind neben dem Energiebedarf jedoch auch die verwendeten Baumaterialien, insbesondere für die Tragstruktur und die Dämmebene. Nachwachsende Bau- und Dämmstoffe schneiden

sowohl in Bezug auf die ökologischen als auch die bauphysikalischen Eigenschaften sehr gut ab.

### VOR- UND NACHTEILE DES HOLZES

1. Tragfähigkeit: Holz hat den Vorteil, dass es sowohl als Biegeträger als auch als Druck- und Zugstab eingesetzt werden kann. Bezogen auf sein Gewicht hat Holz eine höhere Tragfähigkeit als Stahl und Beton [Walter, et al., 2000]. Weiters verhält sich Holz im Druckbereich duktil, was zur Folge hat, dass einem Versagen große Verformungen vorhergehen. Diese Eigenschaft ist u.a. bei Erdbeben und anderen Ausnahmefällen von Bedeutung.

2. Langlebigkeit: Holzbauten, wie etwa die norwegischen Stabkirchen aus dem 12. und 13. Jahrhundert, zeugen von der Langlebigkeit dieses Baustoffes. Der Zeitpunkt der Schlägerung sowie die Trocknung und Verarbeitung des Holzes tragen wesentlich zur Langlebigkeit eines Bauwerkes bei.

3. Ökologie: Einerseits lagert Holz CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre in seiner Struktur ein, andererseits ist Holz auch bei seiner Entsorgung verglichen mit anderen Baustoffen problemlos, da es thermisch verwertet werden kann. Weiters ist Holz zumindest in Mitteleuropa regional verfügbar (nur 70% des Holzzuwachses werden auch geschlägert), sodass die Transportwege kurz gehalten werden können.

4. Bauphysikalische Eigenschaften: Holz bietet gute Wärmedämmeigenschaften und auch sein Vermögen, Wärme und Feuchtigkeit zu speichern und zeitversetzt wieder abzugeben, wirkt sich positiv auf das Raumklima aus. Der Brandschutz kann bei dünnen, luftumströmten Querschnitten zum Problem werden, dicke Querschnitte jedoch verkohlen nur oberflächlich. Bei sehr leichten Konstruktionen ist der Schallschutz nur durch mehrschalige Aufbauten zu gewährleisten, bei dicken Massivholzwänden ist der Schallschutz jedoch sehr gut.

5. Nachteilige Eigenschaften: Holz ist ein anisotroper Baustoff. Seine Belastbarkeit sowie das Schwinden und Quellen sind von der Faserrichtung abhängig. Bei ständiger Feuchtigkeitsbelastung kann der Schädlings- und Pilzbefall ein Thema werden: holzerstörende Schädlinge und Pilze können jedoch nur bei einer Holzfeuchte ab etwa 25-30% überleben (Gleichgewichtsfeuchte von Holz in Räumen beträgt etwa 12%).

## DÄMMSTOFFE

Die am häufigsten eingesetzten Dämmstoffe Polystyrol und Mineralfasern (Steinwolle und Glaswolle) verfügen zwar über eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit, haben jedoch auch ihre Nachteile. Bei der Produktion von Polystyrol aus Erdöl entstehen gesundheitsgefährdende Zwischen- und Nebenprodukte. Außerdem ist dieser Prozess sehr energieintensiv. Problematisch bei Mineralwolle sind die Faserstäube. Studien belegen jedoch, dass bei „neuer“ Mineralwolle (Ral-Gütesiegel) „keine Aussage über die Kanzerogenität“ [Mötzl, 2000] gemacht werden kann. Die Entsorgung von Mineralwolle ist platzintensiv, da sie weder brennbar noch kompostierbar ist.

Auch im Bezug auf die bauphysikalischen Eigenschaften schneiden nachwachsende Rohstoffe (z.B.: Zellulose, Flachs, Hanf, Holzfaserdämmstoffe, Holzspäne, Stroh,...) mitunter wesentlich besser ab als die konventionellen Vertreter. Obwohl genannte Dämmstoffe in der Regel einem B2-Material (normal entflammbarer Baustoff) entsprechen, zeigen vergleichende Untersuchungen, dass Konstruktionen aus B2-Dämmstoffen im Brandversuch dem Feuer länger Widerstand leisten können als Konstruktionen aus A1-Dämmstoffen (nichtbrennbare Baustoffe ohne Anteil von brennbaren Baustoffen). Weiters können Dämmstoffe aus Naturfasern Wasser in einem viel größerem Ausmaß aufnehmen und zeitversetzt wieder abgeben (Hygroskopizität). Dieses Feuchte- Puffervermögen erhöht die bauphysikalische Robustheit gegen unplanmäßig auftretende Feuchtigkeit einer Konstruktion wesentlich.

Um einen guten sommerlichen Wärmeschutz zu erlangen, benötigt man Baustoffe, die eine geringe Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ , jedoch eine möglichst hohe Rohdichte  $\rho$  und eine hohe Wärmespeichereigenschaft  $c$  besitzen. Diese Materialeigenschaft wird durch die Temperaturleitzahl  $a = \lambda / (c \cdot \rho)$  ausgedrückt. Nachwachsende Dämmstoffe erfüllen diese Anforderungen wesentlich besser als Mineralwolle und Schaumdämmstoffe. Einer der wichtigsten Größen eines Dämmstoffes, die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$ , unterscheidet sich bei konventionellen und ökologischen Dämmmaterialien nur sehr unwesentlich.

## WANDAUFBAUTEN

Im Holzbau wird grundsätzlich zwischen der Leichtbauweise und der Massivbauweise unterschieden. Bei der Leichtbauweise (Skelett-, Rahmen- und Tafelbau) liegt der Holzanteil oft nur bei 10-30% bezogen auf die gesamte Baumasse, wodurch die positiven Eigenschaften des Holzes, vor allem bezüglich der Regulierung des Raumklimas, kaum zur Geltung kommen. Ein Vorteil des Leichtbaus ist, dass sich relativ schlanke Wandaufbauten mit guten U-Werten verwirklichen

lassen. Da die speicherfähige Masse jedoch gering ist, kann das schnelle Auskühlen in Winter bzw. die sommerliche Überhitzung zum Problem werden. Eine gewisse Abhilfe können Dämmstoffe mit einer sehr geringen Temperaturleitzahl schaffen. Eine Wand in Leichtbauweise kommt i.d.R. nicht ohne außenliegender Windbremse und innenliegender Dampfbremse aus. Diese beiden Schichten müssen sehr sorgfältig ausgeführt werden, da schon kleine Fehlstellen vor allem in der Dampfbremse weitreichende Folgen (Feuchtigkeitsansammlung im Dämmstoff) haben können. Der Brand- und Schallschutz lässt sich nur mit einem mehrschaligen Aufbau (Gipskarton- oder Feuerschutzplatten, Vorsatzschalen) ermöglichen. Ein Haus in Leichtbauweise kann, wenn die entsprechenden ökologischen Dämmstoffe gewählt werden, als ressourcenschonend bezeichnet werden.

Beim massiven Holzbau kommen die Blockbauweise und die Tafelbauweise zur Anwendung. Einer der Unterschiede liegt dabei im Vorfertigungsgrad: bei der traditionellen Blockbauweise werden die einzelnen Bohlen zur Baustelle geliefert, bei der Tafelbauweise i.d.R. die geschoßhohen Wände. Letztere ist auch im Geschoßwohnbau gut einzusetzen.

Die einschalige Blockbauweise hat sich in den letzten Jahrhunderten zwar technisch weiterentwickelt, auf Grund der heute höheren Wärmeschutz- und Luftdichtigkeitsanforderungen ist sie jedoch nicht mehr zeitgemäß. Eine Weiterentwicklung stellt die doppelschalige Blockbohlenwand mit innenliegender Wärmedämmung und Luftdichtigkeitsschichten dar. Ein Nachteil ist der hohe Materialverbrauch von ausgewählten, kerngetrennten Blockbohlen, die vorwiegend aus Nordeuropa oder Kanada stammen. Durch den langen Transport verschlechtert sich die an sich sehr gute Ökobilanz des Holzes.

Bei der Tafelbauweise werden vorwiegend Bretter aus den Stammrandzonen, die allgemein als minderwertiges Schnittholz gelten, aber höhere mechanische Kenngrößen aufweisen, verwendet. Diese werden kreuzweise und teilweise auch diagonal miteinander verbunden (verleimt oder verdübelt), sodass ein massives, lastabtragendes Platten- und Scheibenelement entsteht. Diese sogenannten Brettsperrholzelemente sind bis zu einer Stärke von 40 cm erhältlich. Um einen einschaligen Wandaufbau ohne zusätzlicher Wärmedämmung mit einem U-Wert von unter 0,2 W/m<sup>2</sup>K zu ermöglichen, wurde von der Firma Thoma ein verdübeltes Brettsperrholz entwickelt, in dessen Brettern 3x20 mm große Rillen eingefräst wurden. Durch die Lufteinschlüsse entsteht ein Wandelement, dessen Wärmeleitfähigkeit von 0,078 W/mK durch Prüfungen an der TU Graz bestätigt wurden. Die bauphysikalischen Vorteile einer Massivholzwand sind u.a. die hohe speicherfähige Masse, der durch

die massiven Holzquerschnitte bedingte gute Brandschutz und das durch den hohen Holzanteil angenehme Raumklima. Auch der Schallschutz ist durch die höhere Masse leichter zu erfüllen. Da es sich um einen diffusionsoffenen Wandaufbau handelt, kommen Massivholzkonstruktionen i.d.R. ohne Dampfbremse aus.

Ein relativ neues Bausystem, das auch zur Massivbauweise gezählt werden kann, ist das Holzmodul Stecksystem der Schweizer Firma Steko. Die Grundelemente dieses Bausystems werden aus fünfplätzigem, kreuzweise verleimten Elementen aus Nadelholz im Werk in verschiedenen Längen und Höhen hergestellt, die nachträglich mit Dämmstoffen (oder auch anderen Baustoffen) gefüllt werden. Der Rohbau eines Hauses kann durchaus auch von Laien in wenigen Tagen bewerkstelligt werden. Um mit dem Holzmodul Stecksystem einen U-Wert von etwa  $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  zu erreichen, ist eine zusätzliche Außendämmung von etwa 10 cm erforderlich. Da die Konstruktion aus kleinflächigen Elementen besteht, kann keine Luftdichtigkeit wie bei massivem Brettsperrholz erreicht werden. Eine diffusionsoffene Luftdichtigkeitsschicht muss angebracht werden. Eine innenliegende Dampfbremse ist grundsätzlich nicht notwendig, sofern die außenliegenden Bauteile in Bezug auf die Dampfdurchlässigkeit darauf abgestimmt sind. Ein erhöhter Schallschutz und ein Brandwiderstand von REI 30 und höher können wie beim Leichtbau mit Beplankungen erreicht werden.

Ein in ökologischer und bauphysikalischer Hinsicht sehr günstiger Wandaufbau, der auf eine über 100 Jahre lange Geschichte zurückblicken kann, ist der Wandaufbau mit Strohballen (als Dämmung oder auch als lastabtragende Elemente). Die ältesten, noch erhaltenen Strohballenhäuser befinden sich in Nebraska, USA und entstanden etwa um 1900. Der am meisten angewandte Wandaufbau mit Strohdämmung besteht aus einer Tragkonstruktion aus Vollholz (Holzsteher) mit einer Dämmung aus Strohballen. An der Innenseite wird meist zwecks Aussteifung und als Dampfbremse eine OSB-Platte angebracht, an der Außenseite eine Diagonalschalung, eine Windbremse und anschließend entweder eine verputzte oder hinterlüftete Fassade. Strohballen können jedoch auch als Außendämmung einer Wand (z.B. aus massiven Brettsperrholzelementen) verwendet werden.

Die Wärmeleitfähigkeit von Stroh liegt etwas höher als bei konventionellen Dämmstoffen ( $0,04\text{-}0,05 \text{ W/mK}$ ). Die wesentlich höhere Dichte (etwa  $100\text{-}135 \text{ kg/m}^3$ ) ist vorteilhaft zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung. Stroh ist zwar in gewissem Ausmaß feuchteempfindlich, jedoch nicht empfindlicher als Holz. Tests bestätigen außerdem die hohe Brandbeständigkeit von Strohballenwänden. Ähnlich wie beim Holz entsteht beim Stroh eine Verkohlungsschicht, die den weiteren Verbrennungsvorgang durch Luftabschluss und

Wärmedämmung behindert. Einen gewissen Nachteil der Strohballenwände stellen einerseits die relativ dicken Wandstärken andererseits die Tatsache, dass Strohballen eine gewisse Unregelmäßigkeit in Bezug auf Dichte, Maßgenauigkeit und Feuchtegehalt haben, dar.

Mit Hilfe der Computerprogramme THERM 5.2 und WUFI 2D wurde der Wärme- und Feuchtestrom der beschriebenen Wandaufbauten berechnet und deren bauphysikalische Eignung bestätigt.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der Baustoff Holz ist sehr gut für Wandaufbauten von Niedrigenergiehäusern geeignet und bietet gegenüber Beton, Stahl und Ziegel einige Vorteile. Seine Tragfähigkeit bezogen auf sein Gewicht liegt höher als bei Stahl oder Beton. Holz kann auf Druck, Zug, Biegung und Schub belastet werden und dient in Plattenform auch der Aussteifung. Ein weiterer Vorteil ist, dass Holz im Druckbereich über eine gewisse Duktilität verfügt, Verformungen zulässt und ein Versagen nicht plötzlich eintritt. Da Holz einen guten Wärmeschutz bietet, kann auch mit Wandaufbauten, die ausschließlich aus Holz bestehen, der erforderliche U-Wert für ein Niedrigenergiehaus, realisiert werden. Der Trend im Wohnbau zu energiesparenden Bauweisen wird sich auch in Zukunft fortsetzen. Um jedoch von ökologischen Häusern sprechen zu können, muss neben dem Energieverbrauch während der Lebensdauer eines Hauses auch der Energieverbrauch zur Herstellung und Entsorgung bzw. Recycling betrachtet werden. Obwohl es sich bei Holz grundsätzlich um einen brennbaren Baustoff handelt, ist der Brandschutz von massiven Holzbauten i.d.R. sehr gut. Dies bestätigen sowohl Prüfergebnisse als auch praktische Erfahrungen. Der Schallschutz stellt einen Nachteil des Holzbaues dar. Holz verfügt gegenüber Ziegel oder Beton über relativ wenig Masse. Daher kann der Schallschutz bei vielen Holzhäusern nicht ausschließlich über Masse erreicht werden. Der für den Wohnbau geforderte Schallschutz von Wänden kann jedoch über mehrschalige Konstruktionen oder sehr dicke Massivholzwände zu Stande gebracht werden. Holz ist vor länger andauernden, massiven Feuchteinwirkung zu schützen.

## LITERATUR

- Minke, Gernot; Mahlke Friedemann (2004): Der Strohballenbau: Ein Konstruktionshandbuch. Staufen bei Freiburg: Ökobuch Verlag
- Mötzl, Hildegund (2000): Ökologie der Dämmstoffe. Wien: Springer Verlag
- Walter, Gabriele; Ries, Kurt (2000): Ein Haus aus Holz: Planen-Bauen-Wohnen. München: BLV Verlagsgesellschaft