

Innovative Wandkonstruktionen für Minergie-P und Passivhäuser

Daniela Enz, Robert Hastings
AEU GmbH, Bahnhofstrasse 26, CH-8304 Wallisellen
daniela.enz@aeu.ch, robert.hastings@aeu.ch



Fig. 1: Raumfachwerk: Holzstäbe und Zellulosedämmung bilden die Gebäudehülle. Quelle: David Muspach, Hochwald (CH)

Zusammenfassung

Eine Vielzahl von Wandsystemen, die speziell für Häuser mit niedrigstem Energieverbrauch entwickelt wurden, ist bereits heute auf dem Markt erhältlich. Dank rationellen Konstruktionen können z. B. die Wandstärken trotz hervorragender Dämmwirkung schlank gehalten werden, wodurch wertvolle Wohnfläche gewonnen wird. Es gibt Systeme mit besonders vorteilhafter Bauökologie, andere zeichnen sich durch die Nutzung passiver Solargewinne aus oder erzielen schnelle, effiziente Bauabläufe, was Kostenvorteile mit sich bringt.

Aus der Recherche solcher Wandsysteme ist ein Buch entstanden, das insgesamt 15 Varianten von innovativen Wandkonstruktionen enthält. Die systematische Beschreibung sowie eine Übersichtstabelle ermöglichen einen Überblick und Vergleich der Systeme, was den Leser bei der individuellen Auswahl der geeigneten Konstruktion unterstützt. Zusätzlich gibt das Buch Auskunft über eine Auswahl von zehn Dämmmaterialien und deren Anwendungsmöglichkeiten.

Summary

There are a multitude of wall systems on the market which have been developed especially for houses built to lowest energy consumption standards. Thanks to rational and innovative construction such wall systems achieve the needed very low U-value and yet are not excessively thick. Other systems are advantageous from an ecological standpoint, some benefit from passive solar gains as an integral element of the system, still others allow very rapid on-site construction.

The results from researching 15 such wall system variations are reported in a newly published book. Each system is presented in detail and an overview sections allows cross comparisons to help planer select the system most suited for his application. Also, the book provides information on ten insulation materials, including both conventional, new and biological materials.

1. Ausgangslage

Minergie-P- und Passivhaus-Standard stellen erhöhte Anforderungen an die Gebäudehülle. Im Gegensatz zu konventionellen Konstruktionen mit einem U-Wert von rund $0.30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erfordern solche Häuser U-Werte von maximal $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Daraus folgen vergleichsweise teure, dicke Wandaufbauten mit Wandstärken um die 50 cm.

Im Rahmen der Tätigkeiten der AEU GmbH und den daraus entstandenen Kontakten mit Herstellern und Planern von Demonstrationsbauten ist eine Vielzahl von innovativen Konstruktionsweisen für hoch gedämmte Aussenwände zum Vorschein gekommen. Eine systematische Darstellung dieser Bauweisen und Systeme soll den Planern und Bauherrschaften höchst energieeffizienter Wohnbauten eine Übersicht von Systemlösungen in Leicht- und Massivbauweise bieten.

2. Vorgehen

Folgende Wandkonstruktionen sind im Buch beschrieben:



Fig. 2: Übersicht aller untersuchten Konstruktionen. Quelle: AEU GmbH (CH)

- Holzmodul-Stecksystem
- Raumfachwerk
- Strohballen
- Solarpufferwand
- Massivholz
- Hartschaumschalung
- Blähtonstein
- VIP-Modulbauteile
- Massivspeicherwand mit TWD

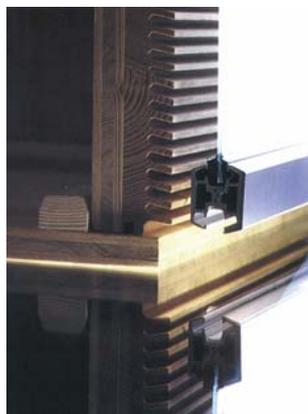


Fig. 3: Solarpufferwand „Lucido“
Quelle: Passaparola Studios (I)

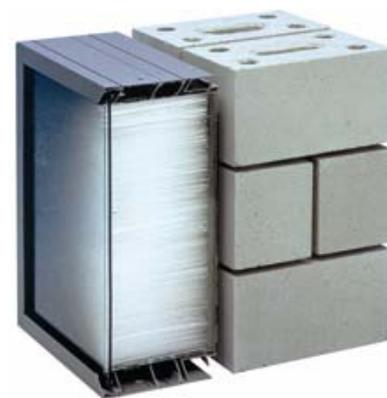


Fig. 4: Massivspeicherwand mit TWD
Quelle: Ernst Schweizer AG (CH)

Die verschiedenen Konstruktionen sind für einen Wandaufbau ausgelegt worden, der einen U-Wert von $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erreicht. Dadurch wird der Vergleich der einzelnen Systeme möglich. Zwei der ausgewählten Wandsysteme, die „Solarpufferwand“ (Fig. 3) sowie die „Massivspeicherwand mit Transparenter Wärmedämmung TWD“ (Fig. 4), erreichen den statischen U-Wert von $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ nicht, erzielen jedoch dank den Passivsolargewinnen einen effektiven U-Wert, der deutlich unter $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ zu liegen kommt. Eine weitere Ausnahme stellt die lasttragende Strohballenbauweise (Fig. 6) dar, die aus statischen Gründen einen dickeren Wandaufbau bedingt und dementsprechend einen tieferen U-Wert als $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ erzielt.

3. Resultate

Schlanke Wandaufbauten

Eine Wand mit erhöhtem Dämmstandard muss nicht gezwungenermassen dicker sein als eine herkömmliche Wand. Die hier vorgestellten Konstruktionssysteme liegen bezüglich ihrer Wandstärke mit zwei Ausnahmen alle in einem Bereich zwischen 22 und 44 cm. Der Mittelwert der Konstruktionen, die einen U-Wert von $0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erzielen, liegt bei rund 34 cm. Dank effizienten Tragstrukturen oder gedämmten Modulbauteilen schaffen es die meisten der vorgestellten Wandaufbauten, trotz hervorragenden Dämmwerten relativ schlank zu bleiben. Besonders erwähnenswert sind Konstruktionen mit Vakuum-Isolations-Paneeelen VIP (Fig. 5) sowie die Solarpufferwand (Fig. 3). Mit 24 bzw. 22 cm Wandstärke unterbieten diese Systeme sogar konventionelle Wandaufbauten.

Bei den fünfzehn untersuchten Varianten von Wandaufbauten beeinflusst die Bauweise (Leicht- oder Massivbauweise) die Wandstärke erstaunlicherweise kaum. Entscheidender ist die Möglichkeit einer Kompaktbauweise gegenüber hinterlüfteten Systemen. Die Systeme mit den grössten Wandstärken sind die Strohballenkonstruktionen (Fig. 6), die Massivspeicherwand mit TWD (Fig. 4) sowie die alte Version der Raumfachwerkkonstruktion. Letztere wurde bereits in einer neuen Version weiterentwickelt und positioniert sich neu mit einer Wandstärke von 30 cm unter den schlanksten drei Wandaufbauten. Figur 1 zeigt eine Zwischenvariante der weiterentwickelten Raumfachwerkkonstruktion.



Fig. 5: Holz/Holz-Sandwichkonstruktion mit VIP-Dämmung. Quelle: Variotec (D)



Fig. 6: Aufbau des Strohballen-Einfamilienhauses in Disentis mit „Jumboballen“ (120 cm dick). Quelle: Werner Schmidt (CH)

Baukosten

Bei unseren Wandbeispielen zeichnet sich bezüglich der Baukosten eine grosse Spannweite ab. Ein klarer Vergleich ist schwierig, da die effektiven Kosten einer Wandkonstruktion von vielen Faktoren abhängen. Dennoch sind einige Tendenzen absehbar. In erster Linie sind die Materialkosten für den Preis ausschlaggebend. Während bei den Strohballenkonstruktionen das Rohmaterial sehr kostengünstig ist, schlagen bei den technisch hoch entwickelten Konstruktionen die Glasabdeckungen, Transparente Wärmedämmung (TWD) oder Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) bedeutend zu Buche. Die Solarpufferwand sowie die Konstruktion mit VIP-Modulbauteilen gehören zu den teuersten Wandsystemen in diesem Fachbuch. Beide Systeme zeichnen sich jedoch durch äusserst schlanke Wandaufbauten aus. Das heisst, wenn wenig Platz vorhanden ist – sei es aus baurechtlichen Gründen oder bei Sanierungen – bieten diese Systeme Lösungen, die mit dickeren Wandaufbauten unter Umständen gar nicht möglich wären. Zudem kann die Nutzfläche eines Gebäudes dank schlanken Wänden wesentlich erhöht werden, was insbesondere bei hohen Bodenpreisen von Bedeutung sein kann.

Bauprozess

Die Rationalisierung des Bauprozesses ist ein weiterer wichtiger Faktor, um Kosten und Zeit zu sparen. Wandkonstruktionen wie die Massivholzwand (Fig. 7), die Solarpufferwand in Leichtbauweise (Fig. 3) und die VIP-Modulbauteile (Fig. 5) kommen als vorgefertigte Elemente auf die Baustelle und werden in kürzester Zeit montiert. Andere Systeme eignen sich für den relativ schnellen Aufbau vor Ort, bei dem sich auch die Bauherrschaft beteiligen kann. So zum Beispiel das Holzmodul-Stecksystem (Fig. 8) und das Hartschaumschalungs-System (Fig. 9). Etwas zeitaufwändigere Systeme, die ebenfalls die Mithilfe der Bauherrschaft bei der Errichtung des Gebäudes erlauben, sind die Strohballen- (Fig. 6) und die Raumfachwerk-Konstruktion (Fig. 1). Durch die mögliche Eigenleistung der Bauherrschaft können hier wesentliche Kosten gespart werden.

Für die Vorfabrikation im Werk eignen sich vor allem Holzkonstruktionen. Während die Verarbeitung und der Transport dieser verhältnismässig leichten Bauelemente sehr rationell zu bewerkstelligen sind, bietet sich zudem der Vorteil einer trockenen Bauweise. Dadurch werden Wartezeiten beim Bauablauf verkürzt und die Austrocknungszeit der Konstruktion im ersten Jahr fällt mit der damit verbundenen erhöhten Feuchtigkeit im Gebäude für die Bewohner weg.



*Fig. 7: Massivholzwand
Quelle: FormaTeam AG
(CH)*



*Fig. 8: Holzmodul-Stecksystem
Quelle: Steko Holz-Bausysteme AG
(CH)*



*Fig. 9: Hartschaumschalungs-system
Quelle: Isorast GmbH (D)*

Bauqualität

Der Trend zur vermehrten Vorfabrikation von ganzen Wandelementen bringt neben der Rationalisierung des Bauprozesses auch Vorteile bezüglich der Bauqualität. Die witterungsunabhängige Verarbeitung der Konstruktionen im Werk schützt die einzelnen Komponenten vor Feuchtigkeit und starken Temperaturschwankungen. Zusätzlich wird eine präzise Qualitätskontrolle möglich.

Die luftdichte und möglichst wärmebrückenfreie Konstruktion sind bei Minergie-P- und Passivhäusern sehr wichtige Aspekte. Die aussergewöhnliche Raumfachwerk-Konstruktion (Fig. 1) bietet bezüglich Wärmebrückenvermeidung eine sehr vorteilhafte Lösung. Während bei herkömmlichen Konstruktionen die Übergänge zwischen Boden, Wand, Decke und Dach schwierig zu lösen sind, stellen diese für das Raumfachwerk kaum Probleme dar. Die innen und aussen beplankte Struktur, die mit Zelluloseflocken ausgeblasen wird, lässt sich rundum wärmebrückenfrei für Wand, Dach und Boden einsetzen.

Bauökologie

Alle ausgewählten Wandsysteme und deren Varianten wurden mit der BauBioDataBank der gibbeco (www.gibbeco.org) bezüglich ihres Primärenergieinhalts PEI (Herstellung und Erneuerung) sowie CO₂- und SO₂-Emissionen untersucht.

Die besten PEI-Resultate erzielten die Blähton- (Fig. 10) und die lasttragende Strohballenkonstruktion (Fig. 6), gefolgt von der Hartschaumschalung (Fig. 9), weiterentwickelte Raumfachwerkkonstruktion (Fig. 1), Strohballen-Ständerbau und Holzmodulstecksystem (Fig. 8). Mit Abstand am schlechtesten schnitt die Variante der VIP-Modulbauteile aus Holz (Fig. 5) ab, was zu einem großen Teil auf die PCM-Innenverkleidung zurückzuführen ist. Diese Innenverkleidung ist nicht systembedingt und kann problemlos mit einer herkömmlichen Gipsfaserplatte ersetzt werden. Dennoch bleibt bei dieser Konstruktion der PEI-Wert am höchsten, was einerseits auf die Vakuumdämmung, andererseits auf die Massivholzwand zurückzuführen ist.

Im Allgemeinen wirken sich Brettschichtholz und Kreuzlagenholz (KLH) sehr stark auf den Primärenergieinhalt aus, da hier die Verleimung und die Holz Trocknung entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Einen überdurchschnittlich hohen PEI-Wert erzielt auch die Massivspeicherwand mit TWD (Fig. 4). Hier haben vor allem das verwendete Aluminium und das Glas einen hohen Einfluss. Aus demselben Grund liegen auch die Varianten der Solarpufferwand (Fig. 3) bei der PEI-Bewertung weit hinten.

Bezüglich den CO₂- und SO₂-Emissionen sieht die Situation ähnlich aus. Die Leichtbaukonstruktionen schneiden hierbei deutlich besser ab als die Massivbaukonstruktionen. Am vorteilhaftesten präsentieren sich die Strohballen- (Fig. 6) und die weiterentwickelte Raumfachwerkkonstruktion (Fig. 1), wobei die Differenz zu den nächst besten Konstruktionen eher gering ist. Eine deutliche Abweichung zeigen erneut die Solarpufferwand (Fig. 3), die VIP-Modulbauteile (Fig. 5) und die Massivspeicherwand mit TWD (Fig. 4), die rund doppelt so hohe Emissionen verursachen wie der Durchschnitt.



Fig. 10: Mit Styropor gedämmter Blähtonstein.
Quelle: Liaplan GmbH (D)



Fig. 11: Versetzen der Blähtonsteine mittels mechanisch gesteuertem Versetzgerät.
Quelle: Liaplan GmbH (D)

4. Ausblick

Die Vielzahl von Lösungswegen für hoch gedämmte Wandaufbauten ist beeindruckend. In Zukunft wird uns nichts anderes übrig bleiben, als rationeller und nachhaltiger zu bauen, als es momentan der Fall ist. Qualitativ hoch stehenden Baustandards sind dabei wegweisend. Es macht Sinn, bei der Errichtung eines Gebäudes in eine hoch gedämmte Gebäudehülle zu investieren. Neben den bedeutenden Einsparungen bei den Heizkosten, sind auch der Mehrwert der Immobilie, die Unabhängigkeit von Energiepreisschwankungen und insbesondere der erhöhte Wohnkomfort dank gleichmässigen, warmen Oberflächentemperaturen in den Innenräumen Gründe, die dafür sprechen.

Es ist zu erwarten, dass in den kommenden Jahren weitere „innovative Wandkonstruktionen“ entwickelt werden. Insbesondere neuere Technologien, wie zum Beispiel die Vakuum-Isolations-Paneele werden nun immer praxistauglicher. Die untersuchten VIP-Modulbauteile (Fig. 5) zeigen mit ihrer Sandwichkonstruktion einen Lösungsweg, wie mit der Problematik der verletzlichen VIP auf der Baustelle umgegangen werden kann. Einige Aspekte wie Wärmebrücken, Feuchteproblematik, Brandbeständigkeit, Risiken während der Gebäudenutzung, Lebensdauer des Vakuums und Wartung bzw. Austausch beschädigter Paneele müssen noch gelöst werden.

5. Literatur/Referenzen

- [1] „Innovative Wandkonstruktionen für Minergie-P und Passivhäuser“, 2006, C.F. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG, Heidelberg, ISBN 13:978-3-7880-7791-4, ISBN 10:3-7880-7791-3



Daniela Enz / Robert Hastings
Innovative Wandkonstruktionen
für Minergie-P und Passivhäuser

2006

150 Seiten, 21 x 30 cm, Hardcover
rund 200 farbige Fotos und 100 Zeichnungen

€ 49.00

ISBN 3-7880-7791-3

C.F. Müller Verlag

Bestellen unter: www.huethig.de

(Pfad: Shop – Bücher und Software – Architektur/Bautechnik)

Dank

Die AEU GmbH dankt allen, die sie bei der Bearbeitung des Fachbuches „Innovative Wandkonstruktionen“ unterstützt haben. Insbesondere sind dies die einzelnen Produkthersteller sowie das Schweizerische Bundesamt für Energie BFE (Programm: Rationelle Energienutzung in Gebäuden).