

BAUPHYSIK UND HAUSTECHNIK

Stand 1. April 2009

Im vorliegenden Kapitel werden Aspekte der Bauphysik und der Haustechnik behandelt, die im Holztafelbau besondere Bedeutung haben. Es sind dies Informationen:

- zum Energie- und Haustechnikkonzept
- zum sommerlichen Wärmeschutz
- zur Ermittlung des Energiebedarfs
- zu den Dampfdiffusions- bzw. Feuchtigkeitsspeicher- und Transportmechanismen
- zum Schallschutz
- zum Brandschutz
- zur Luft- und Winddichtung
- zur Lüftung

Energie- und Haustechnikkonzept

Das Blockholz-Bausystem bringt dank seiner hochisolierenden, kompakten und preisgünstigen Aussenwand- und Dachkonstruktionen sehr interessante Voraussetzungen für den Niedrigstenergiebau.

Die bereits zahlreich ausgeführten Objekte (siehe Referenzobjekte auf unserer Website) zeigen, dass es mit der aktuellen Holzbau- und Haustechnik gelingt, nicht nur den Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser auf einen fast vernachlässigbaren Wert zu reduzieren, sondern auch neue Massstäbe bezüglich Raumklima und Wohnkomfort zu setzen. Die Mehrinvestitionen gegenüber konventionellen Ausführungen halten sich bei gut optimierten Gebäuden im Bereich weniger Prozente der Gebäudekosten. Werden die Betriebskosten unter Berücksichtigung der zu erwartenden Verteuerung der nicht erneuerbaren Energien miteinbezogen, sind Niedrigstenergiebauten aus Blockholz heute schon wirtschaftlich interessant. Wird auch der Gewinn von Wohnqualität und Behaglichkeit in die Betrachtungen miteinbezogen, erweist sich der **Niedrigstenergiebau als ein Muss.**

Zu beantworten bleibt die Frage, **welcher Niedrigenergiestandard** zu wählen ist. Gute Entscheidungshilfen liefern die Broschüre „Das Minergie-Haus“, die bei allen kantonalen Energiefachstellen bezogen werden kann sowie verschiedene Publikationen des Passivhaus Instituts, Darmstadt und des Energieinstituts Vorarlberg, Dornbirn.

Folgende U-Werte (alt k-Werte) erachten wir beim System Schuler Blockholz als optimal:

- **Aussenwände** 0.11 – 0.14 W/m²K
- **Dach** 0.10 – 0.12 W/m²K
- **Kellerdecken** 0.18 – 0.20 W/m²K
- **Beheizte Räume gegen Erdreich** 0.18 – 0.20 W/m²K

Mit Schuler Blockholz lassen sich die angegebenen U-Werte mit verhältnismässig geringen Konstruktionsstärken realisieren. **Wandstärken von 36 cm** z.B. genügen bereits um einen **U-Wert von 0.12 W/m²K** zu erreichen (vergleiche AW11 im Kap. Bauteile). Der Grund liegt im ausserordentlich kleinen Holzanteil in der Isolationsebene und in der statisch und bauphysikalisch sehr leistungsfähigen Rippenplattenkonstruktion, die mit einer Plattenstärke von 32 bis 35 mm auskommt. Der Holzrahmenbau benötigt für gleiche U-Werte beispielsweise 4 – 5 cm grössere Dämmstärken.

Zu erwähnen sind ebenfalls die niedrigen Kosten für die Wärmedämmung. Pro 10 cm zusätzlicher Mineralwollendämmung ist bei einem Einfamilienhaus mittlerer Grösse mit etwa Fr. 3000.- zu rechnen.

Noch geringere Wandstärken (26 – 28 cm) lassen sich ohne Reduktion des Dämmwertes durch Anbringen einer transparenten Wärmedämmung auf der Aussenseite der Rippenplatte erreichen. Als Speicherelemente eignen sich, wie Messungen an ausgeführten Bauten belegen, auch eingeschlitzte Holzplatten.

Die **jährlichen Transmissionsverluste** eines nach obigen Richtgrössen gedämmten, durchschnittlichen Einfamilienhauses liegen unter Berücksichtigung der solaren Gewinne durch die Fenster bei ca. **3000 - 4000 kWh** und die **Lüftungsverluste**, falls die Wärme aus der Abluft zurückgewonnen wird bei ca. **1300 kWh** bzw. bei 12000 kWh ohne Wärmerückgewinnung. Wird diese Energie mit einer Wärmepumpe (Leistungszahl 3 – 3.5) erzeugt, ergeben sich jährliche Verbrauchswerte von ungefähr 1300 kWh_{el}.

Der **Wärmeleistungsbedarf** beträgt ca. **2 kW**. Es genügt dafür eine Wärmepumpe mit einer Anschlussleistung von 600 – 700 Watt.

Da über grosse Zeitspannen dem Gebäude keine oder nur ein Teil der möglichen Heizenergie zugeführt werden muss, kann die Wärmeerzeugungsanlage ebenfalls zur Warmwasseraufbereitung herangezogen werden. Die für die Heizung benötigte Leistung reicht, falls Leistungsspitzen mit einem Speicher überbrückt werden, für die Warmwassererzeugung weitgehend aus. In einem 4-Personen-Haushalt ist für das Warmwasser mit einem jährlichen Energieverbrauch von ca. 5500 kWh zu rechnen. Bei Einsatz einer Wärmepumpe reduziert sich die dafür benötigte Fremdenergie auf einen Drittel. Dies entspricht ungefähr dem Fremdenergiebedarf einer Warmwasseraufbereitung mit Sonnenkollektoren, falls von einem solaren Deckungsgrad von 70% ausgegangen wird.

Mit den geschilderten Lösungen wird unseres Erachtens zurzeit ein Optimum bezüglich Energieverbrauch, Wohnqualität und Kosten erreicht. Weitere Massnahmen wie noch bessere Wärmedämmung, Sonnenkollektoren, Photovoltaikanlagen, usw. sind zwar möglich, bringen einen verhältnismässig geringen Zusatznutzen. Behaglichkeit und Wohnkomfort lassen sich dadurch nicht steigern und die Energieeinsparungen sind im Vergleich zum Aufwand relativ klein.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Einfamilienhäuser mit optimaler Gebäudehülle bzw. Verglasung, kontrollierter Lüftung mit Wärmerückgewinnung sowie solarer Warmwassererzeugung ohne eigentliche Heizung ausgeführt. Der äusserst niedrige Heizenergiebedarf wurde entweder mit einem kleinen Chemineofen und/oder einer kleinen elektrischen Zusatzheizung erzeugt.

Energiebedarfsberechnung bei Niedrigenergiebauten

Bei Niedrigenergiebauten ist der Einfluss von instationären Vorgängen sowie vom Benutzerverhalten auf den Energieverbrauch wesentlich grösser als bei konventionell isolierten Bauten. Die herkömmlichen statischen Rechenmethoden führen deshalb vielfach zu ungenauen Ergebnissen. Besser wiedergegeben werden die realen Verhältnisse mittels Rechenprogrammen welche die dynamischen Vorgänge berücksichtigen (z.B. Heliosprogramm der EMPA).

Sommerlicher Wärmeschutz

Die Raumtemperaturen während Heisswetterperioden werden bei gut isolierten Holzbauten im wesentlichen durch den **Sonnenschutz** bei den Fenstern und durch das Lüftungsregime bestimmt. **Die Phasenverschiebung spielt** bei hochgedämmten Wandkonstruktionen, wie Rechensimulationen mit Berücksichtigung dynamischer Vorgänge zeigen, **keine bedeutende Rolle** obwohl das immer wieder behauptet wird.

Gewisse Kühleffekte lassen sich, in Niedrigenergiebauten mit Lüftungsanlagen erzielen, sofern diese entsprechend konzipiert sind. Im Anhang 2 ist der rechnerische Raumtemperaturverlauf in einem Niedrigenergiehaus aus Blockholz während einer Heisswetterperiode dargestellt.

Dampfdiffusion und Feuchtigkeitsregulierung

Holztafelbauten mit Schuler Blockholz weisen, wie die Praxis zeigt, hervorragende Dampfdiffusionseigenschaften auf. Die Vorgänge sind sehr komplex und theoretisch noch nicht vollständig geklärt. Aufgrund unserer langjährigen Erfahrungen gehen wir davon aus, dass unter normalen Bedingungen eine innere Gebäudehülle aus einer ca. 35 mm starken, abgesperrten Blockholzplatte genügt um die nach aussen diffundierende Feuchtigkeit durch Sorption in den Holzkapillaren aufzunehmen und bis zur Rückführung über Kapillarwasserfluss und Diffusionsumkehr zu speichern. Es lässt sich daraus ableiten, dass ausserhalb der geschlossenen Holzhülle keine Kondensation auftritt und entsprechende Elemente ohne zusätzliche Massnahmen dampfdicht abgeschlossen werden dürfen. Die Beobachtungen an zahlreichen, entsprechend ausgeführten Flachdächern scheinen diese Annahmen zu bestätigen.

Bezüglich Regulierung der Raumluftfeuchtigkeit kann Holz, wie aus der Graphik im Anhang 3 ersichtlich ist, eindeutig einen grösseren Beitrag als alle andern gängigen Konstruktionsmaterialien liefern. Eine spezielle Befeuchtung der Raumluft während der Heizperiode ist bei Blockholzbauten, sofern sie nicht durch überdurchschnittliches Lüften ausgetrocknet werden, normalerweise nicht erforderlich. Hingegen wird bei kontrollierten Lüftungen eine Feuchterückgewinnung empfohlen.

Schallschutz

Dem Schall ist bei Holzbauten aufgrund des geringen spezifischen Gewichts von Holz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Speziell zu beachten sind die Nebenwegübertragungen, sowie das Schwingverhalten von Gebäuden und Gebäudeteilen.

Die Schallübertragung kann wirksam vermindert werden durch einen mehrschichtigen, druckwellenabsorbierenden Aufbau der Elemente und/oder durch getrennte bzw. elastisch verbundene Doppelwand- bzw. Deckenkonstruktionen. Es lassen sich, wie ausgeführte Bauten belegen, im Holztafelbau ohne weiteres Schalldämmwerte für erhöhte Anforderungen gemäss SIA Norm 181 erreichen.

Brandschutz

Abgesperrte grossflächige Holztafelelemente weisen unter Normbrandbedingungen einen regelmässigen, berechenbaren Abbrand ohne Festigkeitsverlust in den unverbrannten Zonen auf. Der Brandwiderstand von Holztafelkonstruktionen lässt sich deshalb zuverlässig und verhältnismässig einfach rechnerisch nachweisen (siehe Brandschutzdokumentation SIA/Lignum).

Wand- und Deckenkonstruktionen erreichen normalerweise ab 35 mm Plattenstärke F30bb.

Erdbebensicherheit

Das erdbebensichere Bauen gewinnt vermehrt an Bedeutung. Namentlich in den gewissen Regionen muss auch in der Schweiz jederzeit mit grösseren Beben gerechnet werden. Die Holztafelbauweise bietet konstruktionsbedingt hier sehr einfache Möglichkeiten die Erdbebensicherheit zu erhöhen.

Luft- und Winddichtigkeit

Platten aus Schuler Blockholz sind luftdicht. Das gleiche gilt für die mit Nut und Feder versehenen verleimten Plattenstösse. Für das Abdichten der übrigen Stossfugen ergeben sich dank des geringen Schwindmasses und des isotropen Schwindverhaltens der abgesperrten Platten einfache Lösungen. Normalerweise genügt das Verschrauben und Verleimen der Stösse mit einem fugenfüllenden Leim. Das Risiko von Undichtigkeiten ist im Holztafelbau wegen dem geringen Fugenanteil und den ausführungstechnisch unproblematischen Dichtungsmöglichkeiten, sehr gering. Die bestätigen sog. blower-door-Tests, die an ausgeführten Minergie und Minergie-P -Bauten durchgeführt wurden.

Zur Gewährleistung einer einwandfreien Winddichtung empfehlen wir bei hinterlüfteten Konstruktionen die Isolation mit einer Holzfaserverplatte oder einer diffusionsoffenen Folie vollflächig abzudecken. Bei nichthinterlüfteten Konstruktionen (siehe AW10, AW11, DA5 usw. im Kap. Bauteile) erübrigt sich eine Winddichtung.

Kontrollierte Lüftung

Bei Wohnbauten mit einer dichten Gebäudehülle sind aus hygienischen, gesundheitlichen und bauphysikalischen Gründen Massnahmen zu treffen, die eine regelmässige Erneuerung der Raumluft sicherstellen. Eine direkte Lüftung über die Fenster vermindert die Raumluftqualität und den Wohnkomfort und verunmöglicht während der Heizperiode eine effiziente Energienutzung durch Wärmerückgewinnung (mögliche Leistungszahl > 17).

Auf eine kontrollierte Lüftung soll deshalb zumindest bei Niedrigenergiebauten keinesfalls verzichtet werden.

Lüftungen sind primär nach den Anforderungen von Raumhygiene und Wohnkomfort auszurichten. Wird die Lüftung gleichzeitig als Raumheizung benutzt ist darauf zu achten, dass bei einer sehr hohen Luftwechselzahl, die Luft nicht austrocknet oder im Falle von Umluftbetrieb keine belastete Luft in Umlauf gebracht wird. Um dies mit Sicherheit zu vermeiden, empfehlen wir ein Heizungssystem zu verwenden das erlaubt lüftungs-unabhängig Wärme zuzuführen.

Spezielle Beachtung ist dem Luftverteilsystem zu schenken. Es muss so konstruiert und ausgelegt sein, dass eine gleichmässige Luftmenge bei allen Auslässen gewährleistet ist und weder Zugerscheinungen noch Geräusche auftreten. Als technisch und wirtschaftlich interessant haben sich Verteilsysteme mit Kunststoffrohren erwiesen. Es sind auch mit Erfolg die Kammern von Hohlkastendecken zur Luftverteilung benutzt worden.

Bei Sichtoberflächen darf die relative Luftfeuchtigkeit nicht unter 35% sinken. Vom der Behaglichkeit her wären mindestens 40% ideal. Wir empfehlen deshalb kontrollierte Lüftungen mit Feuchterückgewinnung einzusetzen, die heute auf dem Markt erhältlich sind.