



Foto: Deutsche Porofon



Foto: BG der Bauwirtschaft

Warme Wände

Passivhaus-Serie, Teil 1: Außenwand-Grundkonstruktionen

Die Bundesregierung hat im Mai mit weiter verbesserten KfW-Förderprogrammen für Passivhäuser und „KfW-40“-Häuser die in der Koalitionsvereinbarung festgeschriebene zusätzliche Unterstützung für diesen niedrigen Energiestandard umgesetzt. Anhand dreier Konstruktionsbeispiele im Massiv- und Holzbau zeigt unser Autor in einer dreiteiligen Serie, wie Passivhäuser von Ihrem Handwerksbetrieb sicher ausgeführt werden können.

Oben: Für den Maurer bleibt beim Passivhaus alles beim alten – die Putzer hingegen sollten dem Innenputz als luftdichte Ebene größte Sorgfalt widmen

*Dipl.-Ing. Gerrit Horn,
Zimmermeister und Architekt,
Kaiserslautern*

Bauen muss (wieder) Spaß machen! Die Konjunktur hinkt, alles jammert, insbesondere der Bau klagt über viele Insolvenzen, ausbleibende Gewinne und hohe Arbeitslosenquoten. Dabei sollte die Arbeit doch Freude machen und Gewinn bringen. Diejenigen Firmen, die sich außerhalb des Üblichen bewegen, Nischenprodukte anbieten und damit Erfolg

haben, können sich freuen. Eine dieser Nischen ist das energiesparende Bauen. Wer gute Häuser in hoher Qualität mit niedrigem Energieverbrauch zu akzeptablen Preisen anbieten kann, der muss die Konkurrenz nicht fürchten – und spätere Gewährleistungsansprüche auch nicht. Denn: Wenn vorher alles gut durchdacht und geplant ist, wenn Bauleitung und Bauausführung miteinander Hand in Hand arbeiten und wenn abschließend ein erfolgreicher Luftdichtig-

keitstest mit der „blower-door“ (siehe BAUHANDWERK 9/2002, ab Seite 44) die hohe Qualität nachweist, dann ist gute Arbeit auch ihr Geld wert. Das sieht auch der Kunde – und der empfiehlt dann gerne weiter. Und er bezahlt auch das, was vorher vereinbart war.

Paradiesische Zeiten

Doch wie erreichen wir diese paradiesischen Zeiten? Wie kommen wir an solche Projekte? Wie kann unser Betrieb diese hohe Qualität umsetzen?

Dazu müssen sich der Bauunternehmer, der Architekt und die anderen Bauschaffenden mit der Thematik des energiesparenden Bauens ernsthaft auseinandersetzen. „Energiesparendes Bauen“ des neuen Jahrtausends ist nämlich nicht mehr das Bauen von „Niedrigenergiehäusern“! Dieser Baustandard der neunziger Jahre wurde ja beinahe zum

In der Zimmerei: Passivhauswand mit 35,6 cm starken TJI-Trägern in der Vorproduktion



Fotos (3): Gerrit Horn



Gesetz (EnEV) – das hat der Gesetzgeber zwar leider nicht ganz geschafft, aber es glaubt jetzt jeder, sogenannte „NEHs“ seien die gesetzliche Mindestanforderung. Also behauptet fast jeder er könne das auch bauen. Also keine Nische, weil es jeder macht.

Die Nische energiesparender Bauweisen ist immer noch das Passivhaus und – fast genau so gut – das sogenannte „KfW-40-Haus“. Bei letzterem werden die angegeben maximal 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr für Heizung und Warmwasserbereitung und Warmwasserbereitung berücksichtigt. Damit liegt dieser Gebäudestandard fast beim Passivhaus, das für die Nachheizung mit jährlich weniger als fünfzehn Kilowattstunden pro Quadratmeter auskommen soll – und das bei höherer Behaglichkeit als herkömmliche Neubauten, dank Lüftungsanlage und hochwertiger Fenstersysteme.

Zum Einstieg in die Thematik stellen wir nachfolgend Außenwandkonstruktionen vor, die sich teilweise schon auf diesem Markt etabliert haben.

Die Passivhaus-Außenwand: Stein oder Holz

Wenn man Außenwände grob gegliedert als dreischichtig betrachtet – die Tragkonstruktion in der Mitte, innen die Wandverkleidung und außen die Fassade – so liegt der wesentliche Unterschied darin, dass beim Massivbau in der Regel die Dämmschicht außen auf der tragenden massiven Wand in der Fassade untergebracht wird (innenseitige Dämmungen müssen grundsätzlich vermieden werden). Dagegen sind beim Holzbau meistens die Dämmebene und die tragende Schicht identisch, wodurch der Wandaufbau deutlich schlanker wird.

Gut gemauert

Hochwärmegedämmte Gebäudehüllen stellen für die im Massivbau geübten Planer und Bauunternehmen kein Problem dar, sofern sie sich genau mit der Konstruktion der Anschlussdetails der einzelnen Bauteile auseinandersetzen. Im Grunde genommen erhält der gesamte beheizte massive Baukörper außen eine geschlossene, wärmedämmende Hülle, je nach erforderlichem Dämmniveau und Wärmeleitfähig-

Eckdetail auf einer Passivhaus-Baustelle: Die Dämmung wird hier erst nach der Montage eingebracht



Am Seil: Bei solch großen Elementen muss ein guter Kranfahrer her!



Fotos (2): Gerrit Horn

Innere Schale der Außenwand: Holzrahmenbau mit außenliegender luftdichter Beplankung aus OSB-Platten (oben links)

Außen wird die zweite Schale auf die luftdichte und aussteifende OSB-Platte aufgebracht

keitsgruppe (WLG) des Dämmmaterials in einer Dicke zwischen 20 und 40 cm. Solche Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) können auf jegliches Mauerwerk (Leichtlochziegel, Kalksandstein, Porenbetonsteine, Bimsbetonsteine...) und Betonwände aufgebracht werden. Sinnvoll ist es, einen entsprechend druckfesten Stein zu wählen, der bei geringer Steinstärke ausreichende statische Werte aufweist. Dadurch ist es möglich, die Gesamtwandstärke aus Stein, Dämmstoff sowie Außen- und Innenputz möglichst gering zu halten. Eine Konstruktion aus 15 cm Kalksandstein mit 30 cm Thermohaut der WLG 035 hat beispielsweise einen U-Wert von $U_{AW} = 0,112 \text{ W/m}^2\text{K}$; damit vergleichbar ist eine Wand bestehend aus 30 cm Leichtlochziegel mit 26 cm WDVS WLG 035 mit $U_{AW} = 0,116 \text{ W/m}^2\text{K}$. Die Ziegelvariante ist mit 58,5 cm 11 cm dicker als die Kalksandsteinwand (47,5 cm).

Bei einem 10 x 10 m großen Grundriss bedeutet dies bei gleichen Außenmaßen für die Wahl der KS-Variante 5 % mehr Wohnfläche beziehungsweise etwa 3,9 m² pro Geschoss. Marktüblich sind WDV-Systeme aus Polystyrol (Styropor) und Mineralfasern. Polyurethan-Hartschaum ist unter anderem aufgrund des Treibhauspotentials bei der Produktion, insbesondere bei den für ein Passivhaus erforderlichen Mengen, unter ökologischen Gesichtspunkten nicht geeignet. Die Dämmsysteme werden je nach Untergrundbeschaffenheit verklebt und eventuell zusätzlich verdübelt. Bei letzterem ist die Wärmebrückenwirkung eines metallenen, die ganze Dämmschicht durchstoßenden Dübels nicht zu unterschätzen und keinesfalls vernachlässigbar. Bei einer 1500-fachen Wärmeleitfähigkeit von Stahl gegenüber der eines Dämmstoffs der WLG 040 wirken auch sehr kleine Dübelquerschnitte von

wenigen Quadratmillimetern als nicht unerhebliche punktuelle Wärmebrücken. Mit den Anbietern der Thermohautsysteme sollte vor der Vergabe abgestimmt werden, dass bei Fehlen einer allgemeinen Zulassung des Produktes für die erforderliche Dämmstärke eine langfristige Gewährleistung des Herstellers zugesichert wird. Derzeit liegen in der Regel allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen nur für Dämmstärken bis 20 cm vor. Kritisch zu betrachten und bei der Detailplanung zu berücksichtigen sind das Quell- und Schwindverhalten der gewählten Systeme im Jahresgang und die Verarbeitbarkeit bei den geforderten Dämmstoffstärken. Einen Deutlichen Kostenvorteil bringt das einlagige Aufbringen des Dämmstoffs in der vollen Dämmstärke. Nachteilig hierbei ist die Gefahr, dass durch nicht rechtwinklige Schnitte und Passungenauigkeiten bei der Verarbeitung Lücken in der Thermohaut

Wandbaustoff	Kalksandstein	Leichtlochziegel	Porenbeton	Betonfertigteil
	$\lambda_R = 0,99 \text{ W/(mK)}$	$\lambda_R = 0,30 \text{ W/(mK)}$	$\lambda_R = 0,16 \text{ W/(mK)}$	$\lambda_R = 2,1 \text{ W/(mK)}$
Innenputz	15 mm Gipsputz	15 mm Gipsputz	15 mm Gipsputz	(Beton tapezierfähig)
Mauerwerk	150 mm KSV Quattro	240 mm HLZ	175 mm Porenbeton	140 mm Betonfertigteil
Dämmschicht	330 mm PS WLG 040	300 mm PS WLG 040	280 mm PS WLG 040	330 mm PS WLG 040
Außenputz	10 mm Außenputz	10 mm Außenputz	10 mm Außenputz	10 mm Außenputz
Wandstärke	505 mm	565 mm	480 mm	480 mm

entstehen können. Diese Problematik ist bei einer zwei- oder mehrlagigen Verlegung wesentlich geringer; diese Ausführung ist jedoch mit erhöhtem Arbeitsaufwand verbunden.

Vergleich von Massivbau-Varianten

Im Massivbau wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern“ mehrere Varianten vergleichend mit dem in der dynamischen Gebäudesimulation für dieses Passivhaus erforderlichen Wärmedurchgangskoeffizienten $U = 12 \text{ W/m}^2\text{K}$ untersucht.

In den folgenden Teilen der Serie wird die Konstruktion mit 15 cm Kalksandstein und 33 cm Wärmedämmverbundsystem betrachtet. Den

gleichen Wärmedurchgang hat beispielsweise eine Wand aus 17,5 cm Porenbeton mit 28 cm WDVS. Zum Vergleich sind zusätzlich Wandaufbauten auf Basis eines Leichthochlochziegels und Betonfertigteile dargestellt (siehe Tabelle auf S. 52):

Die gewählte Konstruktion steht grundsätzlich stellvertretend für alle Varianten. Wichtig dabei ist: für den Maurer bleibt (fast) alles gleich. Er mauert wie bisher. Neu ist zum einen die große Dämmstoffstärke, diese betrifft in der Ausführung den Stukkateur- oder Malerbetrieb. Zum anderen steigen die Anforderungen an den Innenputz erheblich: dieser bildet die luftdichte Ebene. Der Stukkateur übernimmt hier die wesentliche Verantwortung für die gute Qualität des gesamten Hauses.

Kein Holzweg mit Holzstegträgern

Im Gegensatz zum Massivbau, in dem die gewählte Grundkonstruktion einen wesentlichen Teil der möglichen Ausführungsvarianten darstellt, werden im Holzbau zwei Konstruktionen vertieft: eine einschalige und eine mehrschalige Variante. Insbesondere für vorgefertigte Holztafeln eignen sich bei Dämmstärken von mehr als 30 cm einschalige Konstruktionen mit Holzstegträgern. Da zur Kosteneinsparung keine Installationsebene vorgesehen ist, müssen Elektroinstallationen vermieden werden und in Innenwänden verschwinden. Sollten dennoch einzelne Steckdosen in Außenwänden erforderlich sein, so können luftdichte Hohlwanddosen mit entspre-

chend sorgfältig angeschlossenen Leerrohren verwendet werden. Denn: Die innere Beplankung mit einer Holzwerkstoffplatte direkt auf den Stegträgern hat mehrere Aufgaben:

- sie stellt die statische Aussteifung der Holztafel sicher
- sie ist die luftdichte Ebene – dazu werden die Plattenstöße und die Anschlüsse an andere Bauteile mit geeigneten Klebebändern luftdicht verklebt
- sie trägt die raumseitige Beplankung aus Gipsfaser- oder Gipskartonplatten

Außen auf den Stegträger wird entweder direkt eine geeignete Putzträgerplatte aufgebracht, oder zuerst eine diffusionsoffene Beplankung und darauf als weiteren Auf-



Fotos (2): Gerrit Horn



Einbau eines Passivhausfensters der Firma Eurotec/Pazen in die zweite Schale

Die äußere Schalung verschlingt sehr viel Dämmung. Einblaszellulose eignet sich sehr gut und ist bei dicken Dämmstärken wirtschaftlich gut zu verarbeiten

bau eine Putzträgerplatte mit oder ohne Hinterlüftung oder eine hinterlüftete Verschalung aus Holz oder Holzwerkstoffen.

Dabei ist wichtig, dass bei Gurtbreiten, die schmaler sind als die dreieinhalbfache Trägerhöhe, die direkte äußere Beplankung auf den Wandstielen auch statisch aussteifend sein muss.

Eine solche Wand kann komplett mit Dämmung in der Zimmerei vorgefertigt werden. Entscheidend ist dabei die Ausbildung der wärmebrückenfreien Bauteilanschlüsse, auf die in den folgenden Teilen der Serie eingegangen wird.

Für die Vorfertigung geschlossener Wandtafeln muss der ausführende Betrieb gemäß DIN 1052 Teil 3 einer Güteüberwachung unterliegen und die Bauteile mit dem Ü-Zeichen versehen.

Unser konkretes Beispiel einer Stegträgerwand besteht aus einem Holzstegträger mit 356 mm Bauhöhe und 58 mm Gurtbreite, raumseitig vorab beplankt mit einer 15 mm OSB-Platte. Auf der Baustelle folgt darauf eine 10 mm Gipsfaserplatte, tapezierfertig verspachtelt. Der Raum zwischen den Stegträgern wird mit Einblaszellulose WLK 040 ausgeblasen. Außen wird zunächst in der Vorproduktion eine 16 mm starke, mitteldichte diffusi-

onsoffene Holzwerkstoffplatte angebracht. Darauf folgt nach der Montage des Baukörpers eine hinterlüftete Holzfassade.

Tragende Installationsebene

Die zweite vorgestellte Variante im Holzbau eignet sich insbesondere dann, wenn der Vorfertigungsgrad nicht so hoch sein soll und der Betrieb keiner Güteüberwachung für geschlossene Wandtafeln unterliegt.

Hierbei wird zunächst ein herkömmlicher Holzrahmenbau mit 12 oder 14 cm Rahmenstärke errichtet. Das Rahmenwerk ist außen (!) einseitig mit einer Holzwerkstoffplatte als austeifende und luftdichte Ebene beplankt. Der Baukörper kann leicht komplett von außen luftdicht mit den entsprechend dafür vorgesehenen Klebebändern abgeklebt werden. Bauteilanschlüsse, wie Ecken und Geschossstöße, lassen sich so sicher luftdicht verschließen. Nach erfolgreichem Luftdichtigkeitstest wird außen eine weitere, starke Dämmebene aufgebracht. Das kann wie im Massivbau als Wärmedämmverbundsystem erfolgen oder als vorgestellte, über alle Geschosse durchlaufende Holzkonstruktion mit hinterlüfteter Fassade. Raumseitig wird auf der Baustelle vom Zimmerer,

vom Trockenbauer oder von der Baufamilie in Eigenleistung nach Einbau der Installationen die Dämmung der Innenschale und die Gipsplattenverkleidung eingebracht. Für die letztere Variante haben wir ein Beispiel mit Werkstoffen und Dämmstoffstärken passend zur ersten Konstruktion gewählt. Diese eignet sich für kleinere Betriebe und bei gewünschter hoher Eigenleistung des Kunden.

Fazit

Die dargestellten Varianten zeigen, dass auch „dicke“ Passivhauswände mit mehr als 30 cm Dämmung grundsätzlich gar nicht so kompliziert sein müssen. Da es dabei auf die sorgfältigen Anschlussausführungen an Bodenplatte beziehungsweise Keller und auf den Deckenanschluss ankommt, werden diese wichtigen Passivhaus-Detailpunkte in den nachfolgenden beiden Teilen der Serie in den nächsten Ausgaben der BAUHANDWERK vertieft.

Literatur

Horn, Gerrit „Die hochwärmedämmte Gebäudehülle für das Passivhaus“ in: H. Krapmeier, W. Feist (Hg.), Tagungsband der 3. Passivhaustagung 19./20.02.99 in Bregenz, Dornbirn 1999

Horn, Gerrit „Massivbauweise und Holzbauweise im direkten Vergleich – Modellvorhaben kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern“ in W. Feist (Hg.), Tagungsband der 4. Passivhaustagung 10./11.03.2000 in Kassel, Kassel 2000