

Gebäude sanieren – hochdämmende Großelemente



- ▶ 90 mm dicke Fertigelemente erreichen durch Vakuumdämmung U-Wert von 0,15 W/(m²K)
- ▶ Befestigungssystem ermöglicht schnelle Montage durch Einhängen
- ▶ Vorfertigung minimiert Beschädigungsgefahr der Vakuumdämmung
- ▶ Fenster können bereits im Werk passgenau integriert werden
- ▶ bisher zu hoher Herstellungs- und Kostenaufwand

Hubstapler statt Gerüst – die vorgefertigten Großelemente werden an den Haltevorrichtungen der Fassade eingehängt.

Steigende gesetzliche Standards und hohe Energiepreise bewirken, dass der Wärmeschutz von Gebäuden immer besser wird. Entsprechend dicker werden aber auch die Dämmpakete vor den Außenwänden. Bei neuen Bauvorhaben kann man solche Aufbauten von vornherein planerisch berücksichtigen. Doch bei Maßnahmen im Bestand setzen die räumlichen Gegebenheiten der Stärke der Außendämmung oft Grenzen. Davon abgesehen reduziert eine nachträgliche, dicke Dämmung den Lichteinfall durch die vorhandenen Fensteröffnungen und wird dort häufig auch als gestalterischer Kompromiss empfunden. Hier können Vakuumisulationspaneele (VIP) ihre Vorteile ausspielen: Sie erreichen die gleiche Wirkung wie herkömmliche Dämmstoffe mit einer wesentlich geringeren Materialstärke. Die Paneele aus einem evakuierten Pulverkern, umhüllt von einer dünnen, metallbeschichteten Kunststoffolie, sind allerdings auch sehr empfindlich. Wird die Außenhülle verletzt und der Dämmkern belüftet, sinkt die Effektivität deutlich. Eine Lösung, die Vakuumisulationspaneele unversehrt einzubauen, bietet ihre Integration in Fertigteile. Die Vorfertigung der Elemente im Werk durch qualifizierte Mitarbeiter verringert die Beschädigungsgefahr gegenüber der Montage der ungeschützten VIP auf der Baustelle

enorm und bietet auch weitere Vorteile. Bei Neubauten gibt es mit dieser Variante gute Erfahrungen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) unterstützte im Rahmen des Förderkonzepts EnSan, Energetische Verbesserung der Bausubstanz, eine Lösung mit Fertigteilen erstmals auch bei bestehenden Gebäuden. Für die Sanierung dreier Wohngebäude in Hofheim wurden Prototypen entwickelt, eingesetzt und überprüft.

Die Straßenfassaden der Altbauten boten durch die Grenzbebauung zum Gehsteig wenig Raum für eine nachträgliche Dämmung. Um trotzdem einen hochwertigen Wärmeschutz zu erreichen, entschieden sich die Planer für den Einsatz der Vakuumpaneele. Dabei wurde eine Kombination mit der sogenannten Großelement-Dämmtechnik getestet, die – ebenfalls im Rahmen eines Forschungsvorhabens – ursprünglich für herkömmliche Dämmung entwickelt wurde. Im Werk vorgefertigte, geschosshohe Elemente, die bereits die neuen Fenster enthalten, werden in ein an der Fassade vorgerüstetes Befestigungssystem eingehängt. Das erlaubt eine schnelle, passgenaue Montage mit wenigen Nacharbeiten auf der Baustelle. Wärmebrücken im Konstruktionsaufbau können im Vorfeld minimiert werden.

► Die Sanierung



Die drei baugleichen Zweifamilienhäuser, Baujahr 1927, verbrauchten ursprünglich 240 kWh/(m²a) Erdgas. Für die umfangreiche energetische Sanierung wurden Außen-

wände, Kellerdecke und Dachstuhl gedämmt sowie die Fenster ausgetauscht. Lüftungsanlagen und ein Nahwärmesystem mit Holzpellet-Kessel ergänzen das Konzept.

Das Wärmedämmverbundsystem erreicht mit einer Stärke von 25 cm einen U-Wert von 0,14 W/(m²K). Um die Konstruktion bei gleicher Dämmwirkung möglichst wenig in den angrenzenden öffentlichen Gehweg hineinragen zu lassen, wollte man für die Nordfassade vakuumgedämmte Großelemente nutzen.

Ursprünglich war vorgesehen, die gesamte Fassadendämmung zeitgleich anzubringen. Durch den hohen Aufwand für die Entwicklung solcher Elemente mit Vakuumdämmung wurden diese letztlich ein Jahr später als das Wärmedämmverbundsystem montiert.

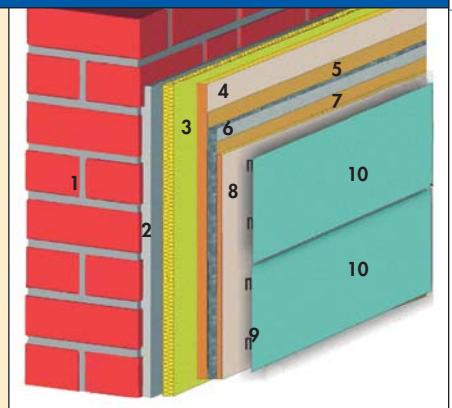
► Die Konstruktion

Das Fertigteil baut auf einer Baufurnierschichtholzplatte (Kerto) auf, in die die Halterungen zur Befestigung an der Fassade integriert sind. Eine Ausgleichsdämmung auf dieser Seite kann sich den Unebenheiten des vorhandenen Putzes anpassen und verhindert so Luftspalte zwischen Bestandswand und Dämmelement.

Auf die andere Seite der Kerto-Platte ist eine Sperrholzschicht mit Aluminiumfolie geklebt. Sie schützt die Vakuumdämmung vor mechanischer Beschädigung. Nach außen wird die Vakuumdämmung ebenfalls von einer dünnen Sperrholzschicht und einer Furniersperrholzplatte (BFU) abgedeckt. Edelstahlanker verbinden äußere und innere Holzplatte und leiten Lasten am VIP vorbei. Auf Aluminiumprofile an der äußeren Platte wird vor Ort die

Abb 3: Aufbau der sanierten Außenwand

Schichtenfolge	Stärke [mm]
1 Mauerwerk	300
2 Putz	15
3 Ausgleichsdämmung (Mineralwolle)	20
4 Tragplatte Kerto	27
5 Sperrholz	5
Aluminiumfolie	0,8
6 VIP	40
7 Sperrholz	5
8 Tragplatte BFU	18
9 Alu-Hohlprofile als Unterkonstruktion	20
10 Harzkompositplatten, geklebt	8



hinterlüftete Bekleidung geklebt. In Hofheim besteht die Fassadendämmung aus vier geschosshohen Großelementen (B=5,13 m; H= 2,50 m bis 3,20 m). Die für den Montageablauf notwendige Lücke zwischen den oberen Großelementen und dem

Dachüberstand schließen vier Füllelemente. Aufgrund der Anordnung der Fassadenbekleidung tritt die Aufteilung der Fertigteile optisch nicht in Erscheinung.

► Statik und Befestigung

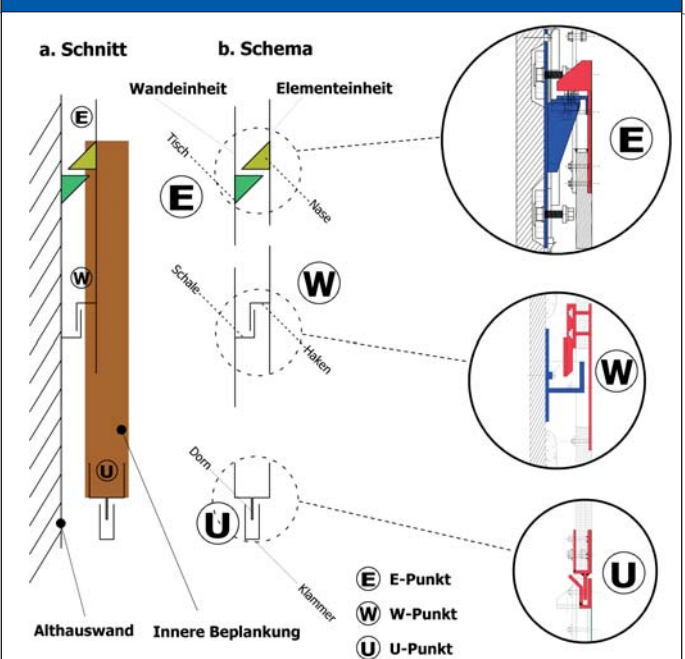
Eine eigens entwickelte Hängekonstruktion mit Stahlverbindern hält die Großelemente und überträgt die statischen Lasten (Abb. 4). In der Wand verankern vorab einbetonierte Dübel und Gewindestangen die Befestigungselemente. Die Gegenstücke am Fertigteil werden im Werk angebracht.

Die Großelemente werden mit mehreren Befestigern an der Fassade gehalten: Konsolen an der Oberseite des Elements lagern auf an der Wand montierten „Tischen“ auf, mit denen sie dann verschraubt werden (E). Zusätzlich werden Haken in der Elementmitte in eine mit schnell bindendem Mörtel gefüllte „Schale“ der Wand eingehängt (W) und über Haltepunkte am unteren Elementrand (U) in passender Position justiert. Alle Halterungen müssen auf der Grundlage eines detaillierten Aufmaßes vor der Montage genau ausgerichtet werden. Zusätzlich sind an einigen Halterungen Justagemöglichkeiten vorgesehen.

Die Vakuumdämmung kann in den Fertigteilen keine tragende Funktion übernehmen. Daher ist keine Lastübertragung von einer Ebene in die nächste möglich, wie sonst bei schichtweise aufgebauten Elementen. Stattdessen werden die statischen Kräfte durch spezielle Stahlanker von der äußeren zur inneren Holzplatte geleitet.

Die Anordnung der Stahlteile aller Befestigungsebenen muss innerhalb des Großelementes aufeinander abgestimmt werden.

Abb 4: Prinzipdarstellung der Befestigungspunkte zwischen Wand und Großelement



► Die Dämmwirkung

Die vakuumgedämmten Großelemente erreichen mit 4 cm starken VIPs ohne Berücksichtigung der Wärmebrücken einen U-Wert von $0,115 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Bezieht man Bestandswand und Ausgleichsschicht mit ein sogar $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Wärmebrücken an den Befestigungselementen, den Stahlankern sowie an den Stößen erhöhen den Gesamt-U-Wert auf $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Die Wärmebrücken durch das Großelement-Konzept machen ca. 25% der Wärmeverluste aus, die durch VIP-Ränder und -Stöße ca. 8%. Welcher U-Wert für die gesamte Fassade zu erreichen ist, hängt sowohl von der Ausführungsqualität der Vorfertigung als auch von der Montage vor Ort ab.

Durch Alterung steigt die Wärmeleitfähigkeit der VIPs an, sodass sich bis zum Ende der Nutzungszeit ein Gesamt-U-Wert von $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ergibt. Ein sehr unwahr-

scheinliches vollständiges Versagen aller 14 Vakuumpaneele eines Großelements würde den U-Wert auf ca. $0,29 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erhöhen. Auch damit würden die Anforderungen der EnEV noch eingehalten.

Lineare Wärmebrücken

Vakuumdämmpaneele können nicht beliebig groß hergestellt werden. Innerhalb der Großelemente sind also mehrere VIPs angeordnet, deren Stöße Wärmebrücken darstellen. Maßhaltigkeit der Paneele, Folienfaltung und Qualität bei der Montage der VIPs haben hier große Auswirkungen. Auch die Fugen zwischen den Rändern der Großelemente wirken als Wärmebrücken. Laut Berechnungen beeinflussen Toleranzen an den Stößen der Großelemente den Wärmebrückeneffekt aber nicht anders als bei Montagestößen herkömmlicher Dämmstoffe.

Punktförmige Wärmebrücken

Da die Befestigungselemente zwischen Bestandswand und Großelement auf der warmen Seite der Dämmung sitzen, spielen sie energetisch kaum eine Rolle. Die Edelstahlanker, die das Großelement intern verbinden, dagegen durchdringen die Dämmschicht und bilden Wärmebrücken. Bereits bei der Produktion werden an den Stößen der Vakuumdämmplatten Aussparungen dafür vorgesehen.

Kleine Querschnitte der Ankerfläche erhöhen den Wärmestrom um wenige Milli watt, mit zunehmender Fläche steigt der Wärmebrückeneffekt stark an. Anker durch die Dämmschicht sollten also möglichst dünn dimensioniert werden. Die Verwendung hochwertiger Stähle mit niedriger Wärmeleitfähigkeit ist unbedingt erforderlich.

► Fenster inklusive

Sind die Fenster bereits in den Großelementen integriert, minimiert das nicht nur die Beschädigungsgefahr für die VIPs, sondern auch die Belästigung der Mieter. Die gesamte Fassade kann in einem Arbeitsschritt montiert werden, die Demontage der Altfenster witterungsunabhängig erfolgen.

Die Analyse der Wärmebrücken hat gezeigt, dass die Fenster am besten genau über der Ebene der Vakuumdämmplatten sitzen und nicht – wie sonst üblich – die Rahmen über-

dämmt werden. Für eine einfache Montage des Gesamtelements sollten die Fenster außerdem innenbündig abschließen.

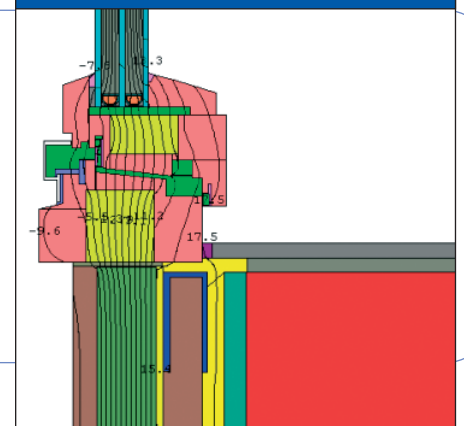
Da die Großelemente schlanker als die eingesetzten Passivhaus-Fenster waren, standen die Fenster auf der Außenseite über. Um dies sowohl optisch als auch bezüglich der Wasserführung zu lösen, wurden spezielle Blendrahmen entwickelt, die die Stärke der Fassadenbekleidung und ihre Hinterlüftung nutzen.

► Die Montage

Den Transport der Großelemente von der Firma zur Baustelle erfolgte mit einem Glas-Innenlader. Ein Hubstapler hängte sie in die bereits montierten Wandbefestiger ein. Dabei gewährleistete ein Probedurchgang, dass die korrekte Position der Elemente eingehalten werden konnte. Die Fugen zwischen den

Großelementen wurden mit vorkomprimiertem Dichtband ausgefüllt und außen mit Butylkautschuk-Klebeband verschlossen. Nach der Montage der Hauptelemente erfolgte der Traufanschluss mit den kleineren Füll-elementen und im Sockelbereich wurde eine konventionelle Perimeterdämmung angefügt.

Abb 5: Vertikalschnitt Fensterintegration (noch ohne Fassadenverkleidung) mit Isothermen



Parallel zu den Arbeiten an der Außenfassade wurden in den Wohnungen die alten Fenster demontiert, die Anschlüsse abgedichtet und die Leibungen verkleidet. Abschließend wurde die Fassadenbekleidung auf der Aluminiumkonstruktion aufgeklebt.

► Messergebnisse und Erfahrungen

Insbesondere Funktionstüchtigkeit und Verhalten der Vakuumpaneele in den Großelementen wurden messtechnisch überprüft. Von 154 gemessenen VIPs sind 5 Stück beschädigt. Die defekten VIPs befinden sich meist in nachgearbeiteten Bereichen. Mit zunehmender Erfahrung sollte es demnach möglich sein, die Anzahl der Defekte noch zu reduzieren. Um Wärmebrücken in der Konstruktion mit dem ungestörten Zustand hinter einem VIP zu vergleichen, wurden an verschiedenen Stellen Temperaturverlauf und Feuchte aufgezeichnet. Die Ergebnisse sind sehr zufriedenstellend. Grundsätzlich war eine Auffeuch-

ung weder an den Fugen noch an den Wärmebrücken zu erkennen. Die Fugen zwischen den Großelementen wiesen an den Messstellen etwas höhere Temperaturen auf, als nach der Planung zu erwarten war.

Laut einer Lebenszyklusanalyse spart das Großelement über eine mit 30 Jahren angesetzte Lebenszeit das Dreieinhalbfache der für die Herstellung aufgewendeten Energie ein. Vor allem im Bereich der Metallbefestigungen und der Fassadenbekleidungen könnte die Konstruktion hier weiter optimiert werden. Bei einem Wärmedämmverbundsystem (Polystyrol) mit gleicher Dämmwir-

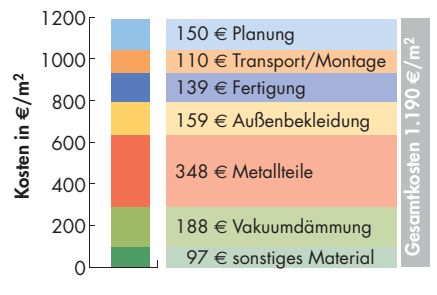
kung wird über diese Zeit allerdings fast das 20-fache der Herstellungsenergie eingespart. Die Montage der Großelemente gelang mit jedem Gebäude schneller. Die Fertigstellung der dritten Fassade dauerte noch eineinhalb Tage. Am meisten Zeit kostete das Anbringen der Fassadenverkleidung auf der Baustelle – obwohl im Nichtwohnungsbau ein häufig eingesetztes Verfahren.

Sowohl bei der Fertigung als auch bei der Montage konnte sehr maßhaltig gearbeitet werden. Auch beim Fenstereinbau stellte die Passgenauigkeit kein Problem dar.

Kosten

Die Kosten für den Prototyp im Modellprojekt inklusive Passivhaus-Fenster wurden mit ca. 1.200 € (netto) pro Quadratmeter Elementfläche kalkuliert. Durch zeitlichen Mehraufwand und notwendige Nachkorrekturen lagen sie am Ende deutlich höher. Eine Kleinserienfertigung (ca. 1.000 m² pro Jahr) könnte die Kosten auf schätzungsweise 900 €/m² senken. Aber auch dieser Wert liegt noch weit über dem üblicher Außenwanddämmsysteme, z. B. einem Wärmedämmverbundsystem mit etwa 100 €/m² (allerdings ohne Fenster).

Abb 6: Zusammensetzung der Kosten für die Großelemente



Fazit

Das Forschungsprojekt geht einen neuen, unkonventionellen Weg zur energetischen Fassadensanierung. Die dafür entwickelten Großelemente kombinieren die hocheffiziente Vakuumdämmung mit den Vorteilen einer industriellen Vorfertigung. Die Integration der Fenster in die Elemente bereits im Werk minimiert die Beschädigungsgefahr der Vakuumpaneele und ermöglicht einen wetterunabhängigen Austausch. Messungen bestätigen, dass die empfindlichen Paneele bei dieser Konstruktion nur vereinzelt beeinträchtigt wurden.

Bei nur 90 mm Elementaufbau erreichen die Fertigteile einen U-Wert von 0,15 W/(m²K) – trotz statisch erforderlicher Stahlanker, die die Dämmebene durchdringen. Innovative Materialien könnten diese Wärmebrücken weiter reduzieren.

Die Technik sollte ursprünglich bei Gebäuden, deren Fensteranordnungen sich wiederholen, schnellere Fassadensanierungen mit geringerer Beeinträchtigung der Nutzer ermöglichen. Zum derzeitigen Stand bietet sie nur Marktchancen für Nischenanwendungen. Insbesondere dort, wo herkömmlichen Dämmstoffe den erwünschten Wärmeschutz bei gleichzeitig begrenzter Schichtdicke nicht mehr erreichen können. Für die Weiterentwicklung zu einem marktfähigen Produkt und den Übergang zur Großserienfertigung müssten noch diverse Punkte optimiert werden: Elementaufbau und -abmessung, Produktion und Montage, Herstellungs-Energieaufwand sowie die Austauschmöglichkeit defekter VIPs. Erst dann sind auch Aussagen zur Kostenentwicklung sinnvoll.

Auch mittelfristig wird diese Gebäudedämmtechnik mit vorgefertigten Elementen unter Verwendung von Vakuumpaneelen noch ein hohes technisches Know-how erfordern.

PROJEKTADRESSEN

- Demonstrationsgebäude
Wilhelmstr. 35-39, 65719 Hofheim

Projektkoordination und wissenschaftliche Begleitung

- Institut Wohnen und Umwelt GmbH
Marc Großklos, Nikolaus Diefenbach
Annastr. 15, 64285 Darmstadt
www.iwu.de/forschung/energie/laufend/hofheim/

ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur

- Mayr, J.; Leuschner, I.; Reyer, E. u. a.:
Sanierung von drei kleinen Wohngebäuden
in Hofheim. Teilprojekt Großelement-
Dämmtechnik mit Vakuumdämmung. End-
bericht. FKZ 0329752V. Institut Wohnen
und Umwelt GmbH, Darmstadt (Hrsg.),
ISBN 9-783932-074950, Nov. 2007. 169 S.

Abbildungsnachweis

- Abb. 1-3; 5, 6: IWU, Darmstadt
- Abb. 4: IGRT, Bochum

Service

- Ergänzende Informationen sind beim
BINE Informationsdienst erhältlich
oder im Internet unter www.bine.info
(Service/Infoplus) abrufbar.

Hinweis

- Dieses Projekt wird auch aus Mitteln des
Hessischen Ministeriums für Wirtschaft,
Verkehr und Landesentwicklung gefördert.

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für Wirtschaft
und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Markus Kratz
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0329750V

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367

- Version in Englisch
Dieses Projekt-Info bieten wir Ihnen
als PDF auch in englischer Sprache
unter www.bine.info an.

- Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

- Nachdruck
Nachdruck des Textes nur zulässig bei
vollständiger Quellenangabe und gegen
Zusendung eines Belegexemplares;
Nachdruck der Abbildungen nur mit
Zustimmung der jeweils Berechtigten.

- Autorin
Dorothee Gintars

BINE Informationsdienst Kompetenz in Energie

BINE informiert zu Energieeffizienz-
technologien und erneuerbaren Energien:

In kostenfreien Broschüren, unter
www.bine.info und per Newsletter zeigt
BINE, wie sich gute Forschungsideen in
der Praxis bewähren.

BINE ist ein vom Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie geförderter
Informationsdienst von FIZ Karlsruhe.

Kontakt

Fragen zu diesem **projektinfo?**
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel.: 0228 92379-44

 **BINE**
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

Tel.: 0228 92379-0
Fax: 0228 92379-29

bine@fiz-karlsruhe.de
www.bine.info