



Vakuumgedämmte Fertigteile in der Baupraxis

Abb 1



- ▶ **Dämmung eines Gebäudes vollständig mit VIP-Elementen möglich**
- ▶ **Passivhausstandard mit 4 cm starken VIP erreichbar**
- ▶ **nach dem ersten Betriebsjahr alle VIP-Elemente intakt**
- ▶ **keine Tauwasserprobleme festgestellt**

Wie sich die empfindlichen Vakuumisolationspaneele (VIP) im Baualltag und Gebäudebetrieb bewähren, wird an Demonstrationsgebäuden erprobt.

Energetisch optimierte Gebäude benötigen in der Regel eine dicke Wärmedämmung. Bei Passivhäusern sind Dämmstärken von 30 cm und mehr keine Seltenheit. Sind die Außenmaße eines Gebäudes vorgegeben, z. B. durch bestehende Nachbarhäuser oder Baulinien, geht die hohe energetische Qualität auf Kosten der Innenfläche. Umgekehrt ist es bisher schwierig, einen hochwertigen Wärmeschutz zu schaffen, wenn nur wenig Platz zur Verfügung steht oder keine dick aufragende Dämmung erwünscht ist. Dies betrifft beispielsweise die nachträgliche Dämmung einer einzelnen Reihenhäusfassade, aber auch „klassische“ Wärmebrücken wie Rolladenkästen, Fensterlaibungen oder Balkone.

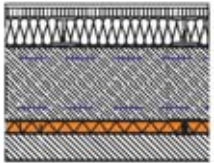




In solchen Fällen bietet die Dämmung mit Vakuumisolationspaneelen (VIP) eine Lösung: Die Paneele können bei gleicher Stärke eine vielfach größere Dämmwirkung erzielen als herkömmliche Materialien. Sie ermöglichen dadurch schlanke Konstruktionen auch für sehr gut gedämmte Gebäude oder Gebäudeteile. VIP bestehen aus einem porösen, druckbelastbaren Füllkern, der in einer Vakuumkammer in diffusionsdichte Hochbarriere-Kunststofffolien eingeschweißt wurde. Die Technologie aus dem Bau von Kühl- und Gefriergeräten wurde in-

zwischen – auch im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte – für den Einsatz am Bau weiterentwickelt. Um die gute Dämmwirkung in der Paneelmitte nicht zu relativieren, mussten zunächst Wärmebrücken am Rand der Paneele und anderen Anschlusspunkten minimiert werden. Weiter war die Entwicklung dampfdiffusionsdichter Stoßstellen der Elemente sowie Anschlüsse der VIP für Boden, Fassade und Dach erforderlich. Notwendig waren außerdem praktikable Lösungen, wie das sehr empfindliche Dämmmaterial unbeschadet an seinen Einsatzort gelangt und dort über lange Jahre störungsfrei funktioniert.

Nach ersten Praxistests mit VIP-Dämmung an einzelnen Bauteilen sollen Demonstrationsgebäude weitergehende Erfahrungen über die Planung und den Bau mit VIP bringen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) förderte deshalb die Planung, Optimierung und das Monitoring eines komplett mit VIP gedämmten Passivhauses aus Fertigteilen. Das Gebäude wurde 2005 errichtet und wird seitdem messtechnisch begleitet. Im Folgenden werden die Erfahrungen mit den VIP-Elementen größtenteils unabhängig von der aufwendigen haustechnischen Ausstattung des Gebäudes vorgestellt.

Die VIP-Elemente

Abb 2: Ausgewählte Bauteile des Demonstrationsgebäudes

Bauteil / U-Wert	Aufbau (von außen nach innen)	
Bodenplatte U=0,06 W/m ² K	100 mm Sauberkeitsschicht 10 mm Abdichtung 50 mm VIP-Dämmelemente 250 mm bewehrte Betonbodenplatte Fußbodenaufbau	
Wandtyp 330 (Wände UG) U=0,11 W/m ² K	60 mm Fertigbeton-Außenschale 49 mm (mögliche) Ortbetonschicht 51 mm VIP-Dämmelement 70 mm Fertigbeton-Innenschale	
Wandtyp 270 U=0,12 W/m ² K (Fertigbetonwände)	55 mm Holzfassade 70 mm Betonvorsatzschale 50 mm VIP-Dämmelement 150 mm Innenschale Beton 15 mm Putzoberfläche	
Wandtyp 150/1 U=0,12 W/m ² K (Wände OG)	33 mm Kerto-Holzplatte 51 mm VIP-Dämmelement 94 mm KLH (Kreuzlagenholz) 15 mm Gipskartonplatte	
Flachdach U=0,12 W/m ² K	8 mm Bautenschutzmatte 2 mm Dachabdichtung 50 mm Holzwerkstoffplatte 51 mm VIP-Dämmelement inkl. Dampfsperre 96 mm Holzbauelement 30 mm Flächenheizsystem 15 mm Gipskartonplatte	

Das Vakuum in den Paneelen, auf dem die gute Wärmedämmung maßgeblich beruht, ist durch Hochbarrierefolien gesichert. Werden diese beschädigt, sinkt die Dämmwirkung erheblich. Zum Schutz der Paneele hatte dieses Forschungsvorhaben deshalb grundsätzlich die Entwicklung von Fertigteilen mit irreversibel eingebauter Kerndämmung aus VIP zum Ziel. Die aus dem

Werk gelieferten Bauteile mit den integrierten VIP beinhalteten dabei bereits alle statisch-konstruktiven sowie für Installationen erforderlichen Durchbrüche.

Es wurde vorab ein ganzer Bausatz passivhaustauglicher VIP-Fertigteile mit entsprechenden Anschlussdetails entwickelt, sowohl aus Holz als auch aus Beton. Bei den Beton-elementen verbindet ein Glasfaseranker die

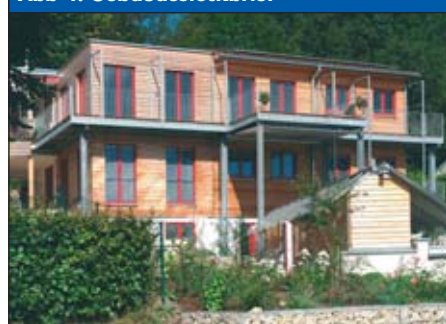
Abb 3: Glasfaseranker als Verbindungselement der Fertigteil-Konstruktion



Schichten punktuell auf Zug und Druck, so berühren sich die VIP allseitig fugenlos und die Wärmeverluste durch die Wand sind minimiert. Die Holzelemente werden durch vorgegebene und entsprechend vorbereitete Durchdringungspunkte hindurch verschraubt. Die statischen Bauteile mit VIP-Kerndämmung im Passivhausstandard erreichen bei Gesamtdicken ab 150 mm U-Werte zwischen 0,06 W/m²K und 0,12 W/m²K. Die statischen Eigenschaften der Wand- bzw. Dachelemente wurden durch ausführliche Bauteilprüfungen getestet. Die VIP-Fertigteile können sehr hohe Hanglasten bzw. Gebäudeauflasten aufnehmen. Langzeitversuche ergaben für VIP unter der Sohlplatte bei Druckbelastung mit 300 kN/m² über 50 Jahre hochgerechnet Verformungen von 3,5 bis 5 mm.

Das Demonstrationsgebäude

Abb 4: Gebäude Steckbrief



Standort	Neumarkt in der Oberpfalz
Bauzeit	7/2004 – 12/2004
Nettogrundfläche	294 m ²
Energiebezugsfläche	280 m ²
Mittlerer U-Wert	0,15 W/m ² K
Wärmebedarf	15 kWh/m ² a
VIP-Integration	<ul style="list-style-type: none"> ■ Außenwand in Holzkonstruktion ■ Außenwand in Betonkonstruktion ■ Erdberührte, druckbehaltete Außenwand in Betonkonstruktion ■ Bodenplatte ■ Flachdach in Holzkonstruktion ■ Satteldach in Holzkonstruktion

Das dreigeschossige Einfamilienhaus sollte ausschließlich mit VIP gedämmt werden und möglichst viele unterschiedliche Einbausituationen für die Dämmpaneele bieten. Deshalb sind die Außenbauteile zum Teil als Massivbau (Kellerwände, Teile der Außenwände, Decken) sowie in Holzleichtbauweise (andere Außenwände, Dach) ausgeführt. Sie wurden jeweils vorgefertigt und mit bereits eingebauten VIP an die Baustelle gebracht. Auch das Dach deckt zwei Einsatzvarianten ab: Auf der Westseite ist es flach und auf der Ostseite ein Satteldach. Absichtlich wurde ein Grundstück mit Hanglage ausgewählt, um die VIP-Elemente im

Kellerbereich hohen Ansprüchen bezüglich Statik, Fugendichtheit und Feuchteschutz auszusetzen. Dafür wurde eine Kombination der VIP mit Betondoppelwänden in wasserundurchlässiger Qualität entwickelt.

Die aufwendige technische Ausstattung kombiniert zwei in den Hang eingelassene Regenwasserzisternen, eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe, Vakuumröhrenkollektoren, einen Schichtenpufferspeicher sowie ein elektrisches Nachheizregister. Zur Wärmeverteilung dienen an der Decke montierte Flächenheizsysteme, die im Sommer in Kombination mit einem Wärmetauscher in der Zisterne auch zur Kühlung genutzt werden.

Planen und Bauen mit VIP-Fertigteilen

Die Planung einer VIP-Dämmung sollte in enger Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma erfolgen. Entweder richtet sich das Planungsraaster nach den Paneelgrößen oder die Elemente werden nach Maß gefertigt. Dabei ist es sinnvoll, großformatige VIP einzuplanen, um durch möglichst große ungestörte Flächen im Verhältnis zum Randverbund – die „Schwachstelle“ der VIP – die Dämmeigenschaften zu optimieren. Gleichzeitig verkürzt das die Montagezeiten und senkt somit auch die Lohnkosten.

Auf der Baustelle werden die Fertigteile wie gewohnt mit Komprimband bzw. Butylband zusammengefügt. Das Demonstrationsgebäude belegt, dass dabei eine schadensfreie Montage möglich ist. VIP-Elemente müssen aus diesem Grund also nicht unbedingt reversibel eingebaut werden. Die Weiterverarbeitung von VIP-Fertigteilen erfordert eine Beratung und gegebenenfalls Schulung und Einweisung des entsprechenden Personals. Die Montage ist dann von jedem Fachbetrieb ausführbar.

Für das Passivhaus zwingendes Kriterium war eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, die hier ausschließlich der Be- und Entlüftung dient. Eine Photovoltaik-Anlage soll so viel Strom liefern, wie durch die technischen Anlagen verbraucht wird.

► Die Optimierung der Details

Zu Beginn des Projektes wurden die energetischen Einflüsse verschiedener bautechnischer Varianten und Anschlussdetails mithilfe des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) und Wärmebrücken-Simulationsprogrammen untersucht. Dies waren z. B. der Einfluss der Dicke des VIP-Materials, die Anordnung und die Abstände der Vakuumdämmelemente im Beton bzw. im Holzbauteil sowie die Wärmebrücken.

Die Berechnungen ergaben unter anderem: Verändert man die Abmessung des Vakuumdämmpanels von 30 mm auf 40 mm, so reduziert man den Heizenergiebedarf um ca. 4 kWh/m²a. Pro Zentimeter Abstand der einzelnen Dämmpaneele vergrößert sich der Heizenergiebedarf um ca. 1,8 kWh/m²a für 30 mm starke VIP-Paneele und um

Abb 5: Ecklösung mit durchgehender VIP-Dämmebene



ca. 1,4 kWh/m²a für 40 mm. Die Verwendung von Gläsern mit höherem g-Wert (0,6 anstatt 0,48) verringert den Heizenergiebedarf um 3,5 kWh/m²a. Ein besserer Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage (0,85 anstatt 0,8) senkt den Heizenergiebedarf um 0,8 kWh/m²a. Durch Anpassen der verschiedenen Parameter wird in der endgültigen Planung der Grenzwert von 15 kWh/m²a für den Heizenergiebedarf eines Passivhauses eingehalten.

Um die beim Heizenergiebedarf von Passivhäusern erheblich ins Gewicht fallenden Wärmebrücken möglichst gering zu halten, wurden im Laufe des Planungsprozesses mehrere Details am Hausentwurf optimiert. Besonderes Augenmerk fiel auf die Stoßstellen der Fertigelemente, die mit ca. 700 m Gesamtlänge das Wärmedämmverhalten des Gebäudes erheblich beeinflussen können. Die Alu-Dampfsperre der VIP führt speziell an Stoßpunkten mit Wärmebrücken zu einer deutlichen Verschlechterung der Wärmebrückenausbildung. Die Aluminiumverkleidung sollte deshalb an den Stoßpunkten unterbrochen werden (Abb 5). Als kritisch erwies sich zunächst der Anschluss Wand/Bodenplatte: Die kraftschlüssige Verbindung der äußeren Betonschale mit der Bodenplatte erlaubt einen Wärmefluss von der Wandinnenseite an die Luft. Entsprechendes Anbringen von Perimeterdämmung reduziert diese Einflüsse aber deutlich (Abb 6). Die luftberührten Bauteile waren in Bezug auf Wärmebrücken eher unproblematisch. Insgesamt beträgt der Einfluss der Wärmebrücken am Heizenergiebedarf nach der Optimierung ca. 25%.

► Messergebnisse

Das Objekt wird fortlaufend durch 150 Messstellen dokumentiert. Das Monitoring des Gebäudes weist nach, dass die wesentlichen Ziele erreicht wurden:

Thermografieaufnahmen zeigen, dass keines der oberirdisch eingebauten VIP-Elemente durch den Bauprozess beschädigt wurde (Abb 7). Außerdem konnten einige Schwachstellen in der Abdichtung der Folien identifiziert werden, die im Folgenden noch behoben wurden. Ein Blower-Door-Test ergab einen sehr guten Luftdichtheitskennwert von $n_{50} = 0,33 \text{ h}^{-1}$ (inkl. aller Fenster- und Türfugen). Um auch das Dauerverhalten des mehrstufigen luftdichten Anschlusskonzeptes zu kontrollieren, ist nach 3 bis 4 Jahren Betrieb eine neuerliche Luftdichtheitsprüfung geplant.

Der Heizenergieverbrauch von 20,4 kWh/m²a gradtagszahlbereinigt (gemessen: 19,4 kWh/

m²a) liegt noch über dem berechneten Wert von 15 kWh/m²a. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Vakuumdämmelemente ihre berechneten Eigenschaften aufweisen und somit die gewünschte Dämmwirkung vorliegt.

In den Fugen der VIP (gemessen an den Fugen des Technikraumes – erdberührte Wand) wurde der Taupunkt im Messzeitraum nicht unterschritten. Somit bestand an diesen Anschlusspunkten keine Tauwassergefahr. Der sich nur gering verändernde Wert des Materialfeuchtefühlers in einem Fertigteile belegt, dass dort keine Feuchte durch die Dampfsperre eindringt. Auch die Auswertung von Temperatursensoren, die im Wohnraumbereich auf beiden Seiten eines VIP-Elements im Dachbereich angebracht sind, zeigt das ganze Jahr über kein Tauwasserrisiko.

Abb 6: Anschluss Bodenplatte / Wand

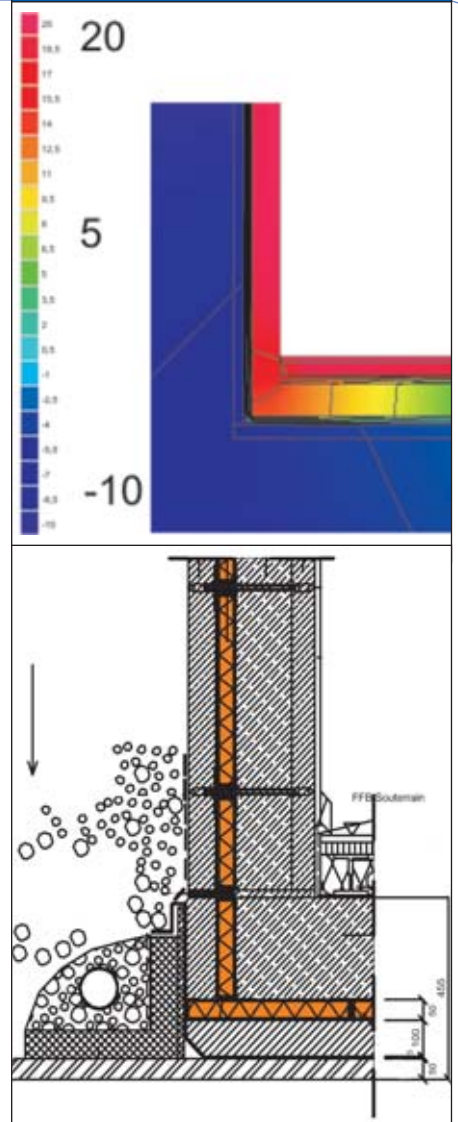
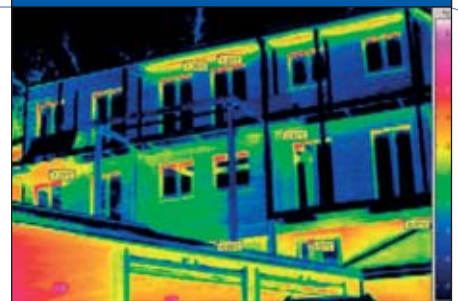


Abb 7: Thermografie; die Vakuumisoliationspaneele in der Außenwand zeigen gleichmäßig gute Dämmeigenschaften



Der Primärenergiebedarf des Gebäudes (ohne Haushaltsstrom) liegt bei 65,4 kWh/m²a. Der Anteil der Hilfsenergien für Pumpen und Regelung beträgt dabei ca. 21%. Dieser Bedarf lässt sich durch Verbesserungen in der Abstimmung des Betriebs der haustechnischen Anlagen noch deutlich reduzieren. Die Regelungsparameter wurden im Frühjahr 2007 entsprechend angepasst.

► Ausblick

Vakuumisolation für Gebäude ermöglicht bei guter Wärmedämmung schlanke Konstruktionen. Inzwischen sind die Paneele so weit entwickelt, dass sie sowohl bei Neubauten als auch in der Sanierung eingesetzt werden können: in Boden, Dach und Wand, als Wärmedämmverbundsystem, in hinterlüfteten Fassaden oder als Kerndämmung oder als kleinflächige Paneele, beispielsweise zur Dämmung von Rollladenkästen oder Dachgauben. Die bauaufsichtliche Zulassung für VIP als Bauelement, also inklusive der gesamten Statik für Dach- und Wandelemente, ist beantragt und wird in nächster Zeit erwartet. Die Vorprüfungen hierzu und die erforderlichen Tests sind abgeschlossen. Momentan wird in einem Forschungsprojekt untersucht, wie sich Vakuumisolationspaneele zur Innendämmung eignen. Dafür spricht sowohl die hohe Dämmwirkung der VIP als auch ihre Diffusionsdichtheit. Geprüft werden müssen allerdings die Auswirkungen auf den Feuchtehaushalt der Bestandswände.

Damit sich die Dämmung mit VIP durchsetzt, müssen Planer und Bauherren davon überzeugt sein, dass sowohl die Unversehrtheit der Vakuumschale bei der Verarbeitung der VIP auf der Baustelle als auch deren dauerhafte Qualität gewährleistet werden kann. Das Demonstrationsgebäude in Neumarkt kann das Vertrauen in das neue Material stärken. Es belegt, dass eine Dämmung mit Vakuumisolationspaneelen in verschiedensten Einbausituationen möglich und durch die Integration in Fertigteile auch praktikabel ist. Bisher wurde keine Beschädigung der Elemente festgestellt. Im eingebauten Zustand erfüllen die Paneele und Konstruktionen laut der Messungen alle Erwartungen hinsichtlich Diffusionsdichtheit bzw. Tauwasserfreiheit. Aufgrund der Besonderheiten des Materials ist allerdings eine genaue Ausarbeitung der Anschlussdetails unverzichtbar.

Zurzeit wird außerdem eine herstellerübergreifende Gütegemeinschaft VIP initiiert, die in Zusammenarbeit mit Prüfinstituten notwendige Qualitätskriterien, Verarbeitungsrichtlinien und Prüfvorschriften definiert, kontrolliert und dokumentiert.

In einem weiteren Forschungsprojekt sollen unter anderem die Erfahrungen durchgeführter Bauvorhaben mit VIP-Technologie (Sanierung und Neubau) ausgewertet und darauf basierend allgemein umsetzbare Konzepte zur Integration von Vakuumisolationspaneelen in die Gebäudehülle erarbeitet werden.

► PROJEKTADRESSEN

- Demonstrationsgebäude
Im Voggenthal 21
92318 Neumarkt i. d. Oberpfalz

Hersteller/Bauherr

- Variotec
Christof Stölzel
Weißmarterstr. 3-5
92318 Neumarkt i. d. Oberpfalz

Architektur

- Forstner Architektur
Martin Forstner
Weinbergstr. 24
92318 Neumarkt i. d. Oberpfalz

Monitoring

- Fraunhofer-Institut
für Solare Energiesysteme ISE
Jan Wienold
Heidenhofstr. 2
79110 Freiburg

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Zum Thema VIP beim
BINE Informatiodienst erhältlich:

- Projekt-Info 08/06
„Gebäude sanieren – Gemeindezentrum“
- Projekt-Info 08/04
„Vakuum-Isolation in Fassadenelementen“
- Projekt-Info 04/01
„Vakuumdämmung“

Internet

- www.vip-bau.de
- www.enob.info

Abbildungsnachweis

- Abb. 1, 2, 4, 5, 6: Variotec, Neumarkt
- Abb. 7: Fraunhofer ISE, Freiburg

Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.

PROJEKTORGANISATION

- Bundesministerium für
Wirtschaft und Technologie (BMWi)
11019 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Markus Kratz
52425 Jülich

- Förderkennzeichen
0327321D

IMPRESSUM

- ISSN
0937 – 8367

- Version in Englisch
Das Dokument finden Sie unter www.bine.info.

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

- Urheberrecht
Eine Verwendung von Text und Abbildungen aus dieser Publikation ist nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion gestattet. Sprechen Sie uns an.

- Autorin
Dorothee Gintars

BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

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

BINE Informationsdienst wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Kontakt

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

Tel. 0228 92379-44

 **BINE**
Informationsdienst

FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

kontakt@bine.info
www.bine.info