



BAUELEMENTE UND SYSTEME MIT VIP FÜR AUSSENWAND UND DACH

Jahresbericht 2006

Autor und Koautoren	Gregor Steinke, Armin Binz
beauftragte Institution	Institut für Energie am Bau – Fachhochschule Nordwestschweiz
Adresse	St. Jakobs-Strasse 84, 4132 Muttenz
Telefon, E-mail, Internetadresse	+41 61 467 45 45 gregor.steinke@fhnw.ch , armin.binz@fhnw.ch , www.fhnw.ch/habg/iebau
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101434/151692
BFE-Projektleiter	Gregor Steinke
Dauer des Projekts (von – bis)	Oktober 2005 – April 2007
Datum	18. Dezember 2006

ZUSAMMENFASSUNG

Die Dämmleistung von Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP) liegt um einen Faktor fünf bis acht über derjenigen konventioneller Dämmstoffe. Ihre Anwendung ermöglicht hochdämmende und gleichwohl schlanke Konstruktionen. Bisher kommen diese relativ empfindlichen Paneele in überwiegendem Masse direkt auf der Baustelle ungeschützt zum Einsatz. Im Rahmen dieses Projektes sollen deshalb Produkte und Systeme mit Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP) für die Dämmung von Aussenwänden und Schrägdächern für Neubauten und Sanierungen entwickelt werden, die den Anforderungen im Bausektor gerecht werden. Es werden gleichermaßen Vakuum-Dämmpaneele selbst, ein geeigneter Schutz der Paneele für den Einsatz auf der Baustelle und die Konstruktion des entsprechenden Bausystems betrachtet. Das Projektteam setzt sich aus einem Bausystementwickler und -hersteller (*Eternit*), einem Dämmstoffanbieter und -produzenten (*swisspor*), einem VIP-Hersteller (*va-Q-tec*), sowie dem Team des *Instituts Energie am Bau* der *Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)* zusammen.

Nach der Erstellung eines Pflichtenheftes wurden verschiedene Entwicklungsansätze evaluiert. So wurde parallel an der Verbesserung der Bautauglichkeit der Paneele, verschiedenen Konstruktionsvarianten für vorgehängte hinterlüftete Fassaden und einem System für die Innendämmung von Aussenwänden bestehender Gebäude gearbeitet. Die Optimierung der konzipierten Bausysteme wurde durch Berechnung der Wärmebrücken und des statischen Verhaltens, die Erstellung von Arbeitsmodellen und Prototypen durchgeführt. Im weiteren Projektverlauf konzentriert sich die Bearbeitung auf ein flexibles Distanzschrauben-System für vorgehängte hinterlüftete Fassaden. Bei einem Gesamtaufbau von 11.5 cm wird hier zum momentan Stand der Arbeiten ein U-Wert von ca. 0.15 W/(m²K) erreicht. Die Entwicklung von Systemen für Schrägdächer mit VIP wurde wegen des als gering eingeschätzten Marktpotentials nicht weiter vorangetrieben. Auf der Betrachtungsebene der VIP wird eine Lösung für einen mechanischen Schutz der VIP, der gleichzeitig die Brandeigenschaften verbessert, sowie eine neu entwickelte Funktionskontrolle der Paneele im Rahmen einer Praxisanwendung getestet werden. Derzeit wird intensiv nach einem geeigneten Objekt für eine Pilotanwendung des Distanzschrauben-System für vorgehängte hinterlüftete Fassaden und die VIP-Entwicklungen gesucht.

Projektziele

Es sollen Produkte und Systeme mit Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) für die Dämmung von Aussenwänden und Schrägdächern für Neubauten und Sanierungen entwickelt werden, welche gute Voraussetzungen ausweisen, dass sie im Anschluss durch die Industriepartner im Projekt (*Eternit*, *swisspor* und *va-Q-tec*) mit geringen Finanz- und Image-Risiken in den Markt eingeführt werden können. Nach Durchführung des Projektes sollen Prototypen verschiedener Produkte und Systeme existieren, von denen die tauglichsten in Produktion gehen. Die Kontakte des *Institut Energie am Bau* der *Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)* zu Investoren und Immobilienfirmen sollen helfen, geeignete Pilotanwendungen zu initialisieren.

Zum einen sollen „veredelte“ VIP entwickelt werden, im Sinne einer optimierten Gebrauchstauglichkeit der verhältnismässig empfindlichen Vakuum-Isolations-Paneele auf dem Bau bzw. in baunahen Betrieben. Solchermassen weiterentwickelte, VIP-basierte Bauplatten passen in die Produktpalette und die Firmenstrategie von *swisspor* und *va-Q-tec* und sind auf eine breite Abnehmerschaft, von System- und Bauproduktherstellern wie auch Architekten und Bauphysiker ausgerichtet. Technische Lösungsansätze liegen beispielsweise beim Umhüllen, bzw. Aufbringen entsprechender Schichten auf das VIP.

Zum anderen sollen Anwendungen für Aussenwand- und Dachkonstruktionen entwickelt werden, die als umfassende und bauteilintegrierte Dämmssysteme angeboten werden können, bei welchen Materialien, Verarbeitung, Befestigungsweise, Arbeitshilfsmittel, Planungsgrundlagen etc. als bautechnisch und bauphysikalisch abgestimmte und optimierte Systeme angeboten werden. Dieser Ansatz entspricht dem Firmenprofil von *Eternit*. Dementsprechend werden Systeme mit Faserzement-Aussenschalen, die auf raumabschliessende Bauteile appliziert werden können, im Vordergrund stehen.

Die Bearbeitung des Projektes wird in folgenden Phasen durchgeführt:

1. Konzipierung von grundsätzlich interessanten Produkten und Systemen, welche in die Produktpalette von *swisspor* und *Eternit* passen, für die ein Markt zu erwarten ist und für welche die Erfüllung der Entwicklungsziele möglich scheint.
2. Evaluierung der vorliegenden Produkt- und System-Konzeptionen. Identifikation der technischen Probleme. Fokussierung auf die erfolgversprechendsten Varianten.
3. Technische Probleme der ausgewählten Produkt- und Systemvarianten identifizieren und analysieren. Lösungen erarbeiten.
4. Festlegen bzw. entwickeln geeigneter Methoden zur Bewertung der Prototypen (Prüfungen, Messungen, Berechnungen)
5. Prototypen realisieren, analysieren und optimieren. Weitere Fokussierung bzw. Auswahl der Produkte und Systeme mit dem besten Vermarktungspotenzial.

Projektjahr 2007

6. Pilotanwendungen der ausgewählten Produkte und Systeme.
7. Auswertungen der Pilotanwendungen und Umsetzung der Erkenntnisse zur Verbesserung der Produkte und Systeme.

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass die Phase der technischen Problemlösung (3) und das Anfertigen von Arbeitsmodellen und Prototypen (5) wiederholt durchlaufen werden müssen, um die entwickelten Produkte, Bauelemente und Systeme weiter zu optimieren.

Ursprünglich war vorgesehen, in einer projektübergreifenden Kooperation einen VIP-Demonstrationspavillons zu realisieren, was wegen veränderter Rahmenbedingungen im VIP-Projekt der Firma *Renggli* aber nicht zustande kam. Aus diesem Grund werden nun intensiv andere Objekte für die Pilotanwendung gesucht.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Grundlagenarbeit

Zu Beginn des Projektes wurden parallel zur der Erstellung eines Pflichtenheftes aufbauend auf dem vorangegangenen VIP-Forschungsprojekt [1] [2] verschiedene Grundlagen erarbeitet. So wurden beispielsweise U-Werte verschiedener VIP-Aufbauten berechnet, anschliessend in Bezug auf herkömmlich gedämmte Konstruktionen unter anderem die Flächenersparnis quantifiziert und daraus ein ökonomischer Vergleich abgeleitet. Hierbei wurde erneut deutlich, dass VIP bisher nur unter besonderen Voraussetzungen wirtschaftlich eingesetzt werden können. Andernfalls muss die Anwendung von VIP durch sonstige Vorteile gerechtfertigt sein, die sich aus der schlankeren Konstruktion ergeben. Dies können beispielsweise ein Komfortgewinn oder besondere gestalterische Aspekte sein.

Bei der Entwicklung der Systeme werden gleichermaßen Vakuum-Dämmpanneele selbst, ein geeigneter Schutz der Paneele für den Einsatz auf der Baustelle und die Konstruktion des entsprechenden Bausystems betrachtet. In den bearbeiteten Projektphasen wurden folgende Ansätze für mögliche Bauelemente und Systeme diskutiert und präzisiert.

VIP

Alterungseffekte der VIP haben einen Anstieg der Wärmeleitfähigkeit über die Lebensdauer zur Folge. Dieser Effekt ist unmittelbar von der Gasdichtheit des Hüllmaterials abhängig. Die Firma va-Q-tec hat erfolgreich die Anwendung einer Folie höherer Gasdichtheit getestet. Im Rahmen des Projektes wurde der Einfluss des Wärmebrücken-Randeffektes dieses Hüllmaterials untersucht (Software *HEAT3 5.0*). Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass der Einsatz nur für Paneele einer Fläche grösser 1 m^2 sinnvoll ist. Ursprünglich war vorgesehen, bei einer Pilotanwendung VIP mit diesem Hüllmaterial einzusetzen. Dies wird aufgrund der Berechnungsergebnisse erneut abgewogen.

Die VIP können durch eine Umhüllung mit geeignetem Material gegen Beschädigung bei Transport und Montage geschützt werden. Zudem kann die Umhüllung die Brandbeständigkeit der Paneele verbessern. Es wurden verschiedene Verfahren und Materialien für die Umhüllung getestet. Nach Abschluss dieser Tests werden im Rahmen der Pilotanwendung für dieses Projekt die so geschützten Paneele zum Einsatz kommen.

Die Firma va-Q-tec hat ein neues Verfahren für die Funktionskontrolle der VIP im eingebauten Zustand entwickelt, das Rahmen der Pilotanwendung für dieses Projekt zum Einsatz kommen wird.

Innendämmung

Bei zahlreichen Altbauten ist eine Aussendämmung der Fassade aus Gründen des Denkmalschutzes nicht möglich. Innendämmung mit VIP erlaubt einen schlanken Aufbau bei sehr gutem Wärmeschutz.



Fig. 1: Arbeitsmodell des Bausystems für Innendämmung mit VIP.

Im Rahmen des Projektes wurde ein wärmebrückenoptimiertes System für eine Innendämmung entwickelt. Der Schutz der VIP vor Beschädigung während der Nutzungsphase des Gebäudes wird durch das System sichergestellt. In der Entwicklungsphase wurden neben den Projektpartnern weitere Firmen kontaktiert, um eine geeignete Lösung für den Schutz der VIP zu finden. Ergänzend zur Erarbeitung der Regeldetails wurde ein Arbeitsmodell der Konstruktion gebaut (Fig. 1). Da das System nur

eingeschränkt zum Portfolio der Industriepartner passt, wurde beschlossen, die Entwicklung vorerst nicht intensiv weiter zu verfolgen.

Vorgehängte hinterlüftete Fassaden

Es wurden verschiedene Konstruktionsvarianten vorgehängter hinterlüfteter Fassaden untersucht und konzipiert:

- Unterkonstruktionen aus faserverstärktem Kunststoff
- Unterkonstruktionen mit zugbelasteten Bandankern
- Unterkonstruktionen mit Distanzschrauben

Parallel zur Detailentwicklung der Systeme wurden Wärmebrücken simuliert (Software *HEAT3 5.0*). Fig. 2+3 zeigen den Aufbau, die 3D-Simulation der Wärmebrücken und den resultierenden U-Wert eines Distanzschrauben-Systems für eine vorgehängte hinterlüftete Fassade mit VIP.

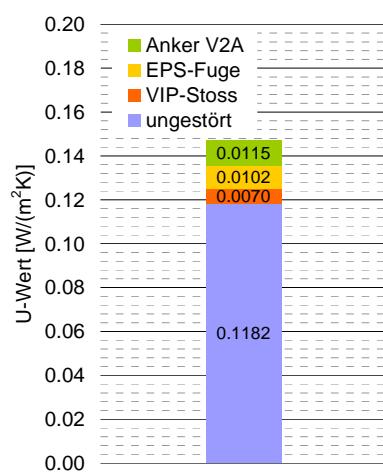
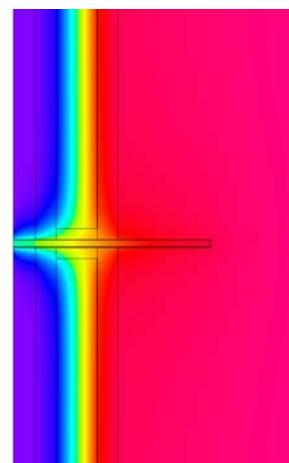
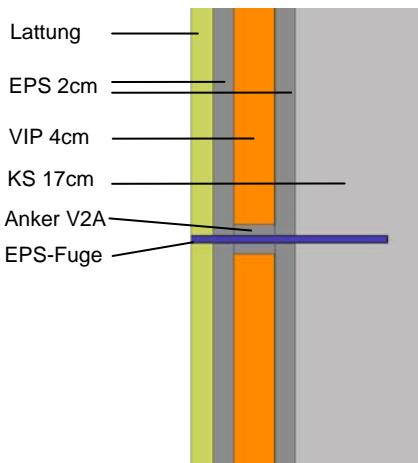


Fig. 2: Vertikalschnitt einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade mit VIP und Distanzschrauben-Unterkonstruktion und die Wärmebrücken-Simulation der Situation (Software *HEAT3 5.0*).

Fig. 3: U-Wert der Konstruktion unter Berücksichtigung linearer und punktueller Wärmebrücken ($VIP \cdot \lambda_{cop} = 0.006 \text{ W/(mK)}$).

Ergänzend wurde für einzelne Konstruktionen das Lastverhalten untersucht. Mit Hilfe von Arbeitsmodellen und individuell gefrästen Musterteilen (Unterkonstruktion aus faserverstärktem Kunststoff) wurde an der Optimierung der Konstruktionen gearbeitet. Das Projektteam hat beschlossen sich in der weiteren Projektbearbeitung vorerst auf ein viel versprechendes Bausystem zu konzentrieren. Eine Prototypen-Testmontage dieses Distanzschrauben-Systems wurde am Fassadenteststand der Firma *Eternit* in Niederurnen durchgeführt. Fig. 4+5 zeigen das Arbeitsmodell und ein Bild der Test-Montage.



Fig. 4: Detailansicht der EPS-Fuge für die Distanzschraube im Arbeitsmodell (Masstab 1:2).

Fig. 5: Ansicht der Testmontage des Distanzschrauben-Systems, vor der Montage der Aussenschale.

Eine erste Auswertung der Montage hat gezeigt, dass das System praxistauglich ist und der modulare Aufbau des Systems eine hohe Flexibilität ermöglicht. Je nach Bedarf soll die Konstruktion mit verschiedenen Dämmstärken eingesetzt werden können. Es ist vorgesehen, das System auf der Swiss-

bau 07 am Stand der swisspor zu präsentieren. Momentan wird intensiv ein Objekt für eine Pilotanwendung dieses Systems gesucht.

Schrägdach

Im Rahmen des Projektes war auch die Entwicklung eines Systems für Schrägdächer vorgesehen. Das im Rahmen des Projektes entwickelte System zur Innendämmung von Fassaden wäre in modifizierter Form auch für die nachträgliche Wärmedämmung von bestehenden Schrägdächern einsetzbar. Da im Gegensatz zu Fassaden- oder Bodenkonstruktionen in Schrägdächern bei Neubauten meist keine Platzknappheit herrscht, wird das Marktpotential für Schrägdächer mit VIP von den Industriepartnern nicht sehr hoch eingeschätzt. Daher wurde beschlossen, die Entwicklung von Schrägdächern mit VIP für Neubauten vorerst nicht weiter zu verfolgen.

Pilotanwendungen

Die im Projektantrag beschriebene Umsetzung eines kleinen VIP-Pavillons in Zusammenarbeit mit der Firma Renggli konnte nicht realisiert werden (siehe oben). Verschiedene potentielle Objekte wurden geprüft (Objektbesichtigungen und Thermographieaufnahmen), und es fanden Gespräche mit Bauherren und Architekten statt. Die Suche nach einem geeigneten Demonstrationsobjekt wird weiter intensiv fortgesetzt.

Nationale und Zusammenarbeit

Das Projektteam setzt sich aus einem Bausystementwickler und -hersteller (*Eternit*, CH), einem Dämmstoffanbieter und -produzenten (*swisspor*, CH), einem VIP-Hersteller (*va-Q-tec*, D), sowie dem Team des *Instituts Energie am Bau* der *Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)* zusammen. Im Projektverlauf wurden weitere Firmen kontaktiert, um bestimmte Aspekte (z.B. Einsatz faserverstärkter Kunststoffe für Unterkonstruktionen) weiter zu vertiefen. *Dr. Eicher + Pauli* wird die Pilotanwendung messtechnisch begleiten.

Über die vom *energiecluster* initiierte AG VIP fand ein Informationsaustausch zwischen den vom BFE geförderten VIP-Projekten, sowie weiteren VIP-Akteuren statt.

Bewertung 2006 und Ausblick 2007

Die Projektziele konnten im Rahmen der bisherigen Projektphasen in konstruktiver und produktiver Zusammenarbeit im Projektteam erfüllt werden. In den ersten Projektphasen wurden parallele Entwicklungslinien für verschiedene Produkte und Systeme verfolgt, die nun auf einzelne Lösungen fokussiert wurden. Für die Anwendung von VIP in Schrägdächern wurde in der Evaluationsphase allerdings ein geringes Marktpotential abgeschätzt und die Entwicklung nicht weiter vertieft. Insofern lag ein Schwerpunkt der Arbeiten auf Anwendungen für Fassaden. Hier konnten konkret ein System für eine Innendämmung mit VIP und drei verschiedene Ansätze für vorgehängte hinterlüftete Fassaden konzipiert werden. Bei der Auswahl zur weiteren Bearbeitung und Umsetzung dieser neuen VIP-Produkte und Systeme stehen für die Industriepartner neben Praxistauglichkeit und Zuverlässigkeit auch das Marktpotential und die zu erwartenden konkreten Kosten für den Anwender im Mittelpunkt.

Für die Verbesserung der Bautauglichkeit der Vakuumpaneale hinsichtlich des mechanischen Schutzes und des Brandschutzes wurde eine Lösung erarbeitet, die nun in der Praxis getestet wird. Daneben soll ein neu entwickeltes System zur Funktionskontrolle der VIP zum Einsatz kommen. Ge-wisse Unsicherheiten bestehen weiterhin bezüglich der in Berechnungen anzusetzenden Wärmeleitfähigkeit der VIP, insbesondere bei Paneelen über 20 mm Dicke, da hierfür bisher keine Untersuchungen und Empfehlungen vorliegen. Der ursprünglich geplante Einsatz eines neuen Hüllmaterials muss wegen des berechneten Wärmebrücken-Randeffekts noch einmal abgewogen werden. Ein wichtiger Aspekt sind die relativ hohen Fertigungstoleranzen der VIP, die durch Schwankungen bei der Zusammensetzung der Stützkörper bedingt sind, und bei der weiteren Verarbeitung der VIP berücksichtigt werden müssen. Zukünftig ist eine Reduzierung dieser Toleranzen bei der Herstellung anzustreben. Der hohe Preis im Vergleich zu herkömmlicher Wärmedämmung ist ein wesentliches Hemmnis für die breite Anwendung von VIP im Bausektor.

Für das Jahr 2007 stehen die Realisierung einer Pilotanwendung und die Ausarbeitung des Schlussberichts im Mittelpunkt.

Referenzen

- [1] IEA/ECBCS Annex 39: **VIP - Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications**, Subtask A report, 2005, Download: www.vip-bau.ch.
- [2] IEA/ECBCS Annex 39: **Vacuum Insulation in the Building Sector - Systems and Applications**, Subtask B report, 2005, Download: www.vip-bau.ch.