

Abschlussbericht 2005

Vakuum-Dämmsysteme im Baubereich – Systeme und Applikationen

Autoren	A. Binz, G. Steinke
Beauftragte Institution	Fachhochschule beider Basel Nordwestschweiz, Institut für Energie Dr. Eicher + Pauli AG, Liestal
Adresse	St. Jakobs-Strasse 84, 4132 Muttenz
E-Mail, Internetadresse	a.binz@fhbb.ch, www.fhbb.ch/energie
BFE Vertrags-Nummer	83451
Dauer des Projekts	Oktober 2001 bis Dezember 2005

ZUSAMMENFASSUNG

Vakuum-Isolations-Paneele (VIP) wurden bereits vor einiger Zeit für den Einsatz in Geräten, z.B. Kühlschränken, entwickelt. Ihre Dämmleistung liegt um einen Faktor fünf bis acht über derjenigen von konventionellen Dämmstoffen. Die Anwendungsmöglichkeiten im Baubereich bergen ein enormes Energiesparpotential. Die Einführung eines derart neuartigen Materials in der Bauwirtschaft ist aber auch mit vielen offenen Fragen und Risiken verbunden. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie unterstützt deshalb die Arbeitsgemeinschaft *vip-bau.ch*, bestehend aus dem Institut für Energie der FHBB, der EMPA und der Dr. Eicher + Pauli AG, den optimalen Einsatz von VIP und die Entwicklung praxistauglicher Vakuum-Dämmsysteme für geeignete Marktsegmente des Baubereichs. Die Schweizer Aktivitäten sind in einen Annex der IEA/ECBCS integriert, welcher die internationale Zusammenarbeit im VIP-Bereich koordiniert. Die Leitung des Gesamtprojektes liegt bei der Dr. Eicher+Pauli AG und diejenige des Teilprojektes Systeme und Applikationen beim Institut für Energie.

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Anfragen betreffend VIP-Einsatz bearbeitet, potentielle Systementwickler kontaktiert und Firmen bei der Entwicklung von Produkten mit VIP beraten. Weiter wurde der Stand der VIP-Technologie mit den Chancen und Risiken regelmässig mit den nationalen und internationalen Projektpartnern ausgetauscht und auf der Website www.vip-bau.ch integriert. An verschiedenen Anlässen und Informationsveranstaltungen wurde zudem breit informiert. Im Jahr 2005 wurde hauptsächlich an der Fertigstellung eines Anwenderhandbuches gearbeitet, welches die Ergebnisse aus den verschiedenen Forschungsschwerpunkten und die vielschichtigen Praxiserfahrungen zusammenfasst.

Projektziele

IEA/ECBCS ANNEX 39

Auf Initiative des Bundesamtes für Energie wurde im Jahr 2001 der IEA/ECBCS Annex 39 *High Performance Thermal Insulation (HiPTI)* gestartet. Im Rahmen des internationalen Projektes arbeiteten Forscherteams aus Frankreich, Deutschland, Holland, Schweden, Kanada und der Schweiz im Annex 39 mit.

Der Annex 39 war in zwei Subtasks gegliedert, die auch der Gliederung des schweizerischen Projektes entsprachen:

Subtask A: Basic Concepts and Materials

Subtask B: Applications and System Development

Der Schweizerische Beitrag zu Subtask A wurde primär von der EMPA erbracht. Subtask B entspricht dem hier noch genauer vorgestellten Basisprojekt „Systeme und Applikationen“. Die Projektleitung sowohl der nationalen als auch der internationalen Tätigkeiten des Teilbereiches B lag beim Institut für Energie.

SYSTEME UND APPLIKATIONEN

Damit die neuen hocheffizienten Dämmmaterialien (siehe Fig. 1) sich im Baubereich durchsetzen, müssen nicht nur die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen stimmen, sondern auch anwendungsreife Systemlösungen zur Verfügung stehen. Zusammen mit interessierten und qualifizierten KMU werden im Rahmen dieses Projektes Dämm-Systeme mit Vakuum-Isolations-Paneelen entworfen und entwickelt, die bezüglich Garantiezeiten, Produktsortiment, Anwendungstauglichkeit, Lebensdauer usw. mit den bestehenden Dämmsystemen mithalten können.

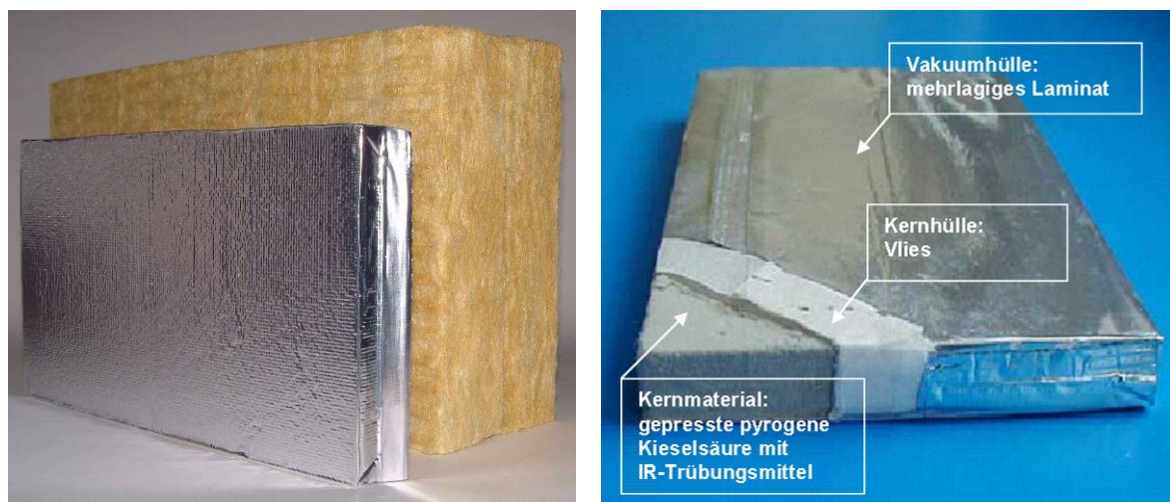


Fig. 1: Vakuum-Isolations-Paneele (VIP), 5 bis 8-mal leistungsfähiger als konventionelle Dämmstoffe.

Mit dem Basisprojekt „Systeme und Applikationen“ sollten gemäss Projektvertrag aus dem Jahr 2001 bis Ende 2004 folgende Ziele erreicht werden:

- Einige Unternehmen haben werkgefertigte Bausysteme mit integrierten VIP entwickelt und bieten diese auf dem Markt an (z.B. Fassadensysteme, Türen, Wassererwärmer, Fussbodenheizsysteme, usw.).
- Mindestens ein landesweit operierender Dämmstoff-Systemlieferant bietet den Baufachleuten (Unternehmen im Dämmbereich, Architekten) Systemlösungen für Applikationen an, die nicht im Werk vorgefertigt, sondern direkt auf dem Bau appliziert werden (z.B. Innendämmungen, Terrassendämmung, Spezialapplikationen usw.).

Im Projektverlauf hat sich verdeutlicht, was bereits in früheren Projektphasen festgestellt werden konnte:

- VIP stossen insbesondere bei Architekten auf grosses Interesse. VIP für den Einsatz auf der Baustelle werden heute angeboten und finden insbesondere für Terrassendämmungen sehr guten Absatz. Es kann festgestellt werden, dass das zweite der oben genannten Ziele in hohem Masse erfüllt ist. Gerade die bisherigen Erfahrungen auf der Baustelle zeigen aber auch, dass materialgerechte Systemoptimierungen möglich, ja sogar nötig sind.
- Wesentlich schwieriger gestaltete sich die Aufgabe, gemeinsam mit Firmen Systeme und Produkte zu entwickeln, welche das Potenzial der VIP nutzen. Haupthemmnis für Firmen, mit VIP optimierte Systeme und Produkte zu entwickeln, und eine entsprechende Produktion zu starten, sind die Unsicherheiten bezüglich Lebensdauer. Kaum ein Unternehmer ist bereit, bevor sich die VIP langjährig im Bau bewährt haben, dieses Material einzubauen, wenn lediglich die einjährige Produktgarantie oder allenfalls die fünfjährige Baugarantie gegeben wird, vom Käufer aber eine Lebensdauer von über 20 Jahren erwartet wird.

Es ging deshalb mit Fortschreiten des Projektes vor allem darum, die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Teilprojekt A „Grundlagen und Materialien“ auszuwerten und in die Praxis zu bringen. Die Resultate aus dem Bereich „Lebensdauer“ deuten darauf hin, dass das Material – richtig eingesetzt – die hohen Erwartungen erfüllen können. Weitere Forschungsarbeiten rund um das Themenfeld „Wärmebrückeneffekte“ tragen dazu bei, dass für die jeweils spezifische Bauanwendung korrekte bauphysikalische Parameter errechnet werden können.

Das Ziel war, diese wichtigen Forschungsergebnisse zusammen mit den Erkenntnissen aus den bereits umfangreichen Erfahrungen zu sammeln und in praxistauglicher Form in einem Anwenderhandbuch zusammenzufassen. Dies soll dazu beitragen, dass einerseits das Vertrauen in das Material gesteigert wird und andererseits die Anwendung von VIP materialgerecht erfolgt sowie bauphysikalisch korrekt berechnet wird.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

IEA/ECBCS ANNEX 39

Im Jahr 2005 fand vom 2. - 4. März ein grosses Projektabschlussmeeting der internationalen Forschergruppe in Würzburg am ZAE-Bayern statt:

Den Schwerpunkt des Meetings bildete die umfassende Abschlussbesprechung und Verabschiedung der Entwürfe der Schlussberichte Teilprojekt A *VIP – Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications* und Teilprojekt B *Vacuum Insulation in the Building Sector – Systems and Applications*. Letzte offene Punkte werden geklärt und der Beschluss gefasst, die Berichte nach Einarbeitung der Änderungen den Beteiligten zur abschliessenden Vernehmlassung zuzusenden. Für den Abschlussbericht Teilprojekt B wurde in Folge des Meetings vor allem das Kapitel zu Wärmebrücken ergänzt und umfassend überarbeitet. Zudem wurde gemeinsam beschlossen sämtliche vorliegende Praxisbeispiele aus der Schweiz und aus Deutschland in den Praxisreport aufzunehmen um ein möglichst breites Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten zu zeigen.

Das Meeting endete mit der Besichtigung der VIP-Produktionsstätten der Firma *va-Q-tec* AG in Würzburg. Hier wurde durch Herrn Dr. Caps neben der Integration der Qualitätskontrolle in den Fertigungsprozess auch aktuelle Untersuchungen zum Langzeitverhalten der Paneele vorgestellt.

SYSTEME UND APPLIKATIONEN IN DER SCHWEIZ

Firmenkontakte

Das während der Projektdauer aufgebaute Kontaktnetz wird weiterhin gepflegt. Es wird sichergestellt, dass interessierte VIP-Systementwickler und Anwender stets auf dem aktuellsten Stand der Erkenntnisse aus Forschung und Praxis sind. Es kann festgestellt werden, dass das Vertrauen in das Material gestiegen ist und einzelne Systemanbieter Produkte mit VIP entwickeln.

Fachbegleitung

Die Fachbegleitung soll sicherstellen, dass während der Entwicklung von Konstruktionen mit VIP das umfangreiche Wissen über das Material stets zur Verfügung steht (Fig 2). Dank diesem Fachsupport können die problematischen Bereiche identifiziert und erste bauphysikalische Abklärungen getroffen werden. Bei übergeordnetem Interesse an einer Konstruktion wird die Unterstützung durch die vip-bau.ch-Teammitglieder an der EMPA vermittelt (z.B. Wärmebrückenberechnungen).

Öffentlichkeitsarbeit

Die Bemühungen, Systementwickler zu finden, wurden wie oben erwähnt weitergeführt. Da jedoch derzeit vor allem Handlungsbedarf bei den Anwendungen von VIP direkt auf der Baustelle besteht, wurden vermehrt auch Planende (Architekten, GUs, etc.) und Bauherrschaften angesprochen.

Das grosse allgemeine Interesse der Baufachwelt an VIP führt dazu, dass Einladungen für einzelne Vorträge zum Thema an das Projektteam herangetragen werden, so dass das Projekt erheblich zu einer unabhängigen Information über den Stand und die Chancen der Vakuum-Dämmtechnologie beitragen kann.

Begleitgruppe / Praxiserfahrungen

VIP werden heute bereits auf dem Markt angeboten und mit Werbung angepriesen. Zahlreiche Gebäude sind mit VIP gedämmt. Dementsprechend wurden von den Herstellern, den Lieferanten, den Architekten und Handwerkern viele wertvolle Erfahrungen gemacht. Um diese sammeln und einem breiten Interessenskreis zur Verfügung stellen zu können, wird neben dem Informationsaustausch mittels einer regelmässig einberufenen Begleitgruppe und Baustellenbesuchen auch der Kontakt zu praxiserprobten Planern bzw. Handwerkern gesucht.



Fig. 2: Fassade mit vorgefertigten Vakuumdämmelementen in Binningen / Schweiz (Architekt: Feiner Pestalozzi, Basel; Fassadensystem: Häring AG, Schweiz)

Anwenderhandbuch

Im Verlauf des Forschungsprojektes wurde aus den Gesprächen mit interessierten Anwendern und Bausystem-Anbietern ersichtlich, dass die Unsicherheiten (Lebensdauer, Handling, Preis) häufig noch zu schwer wiegen, als dass ein VIP-Einsatz riskiert wird. Um diese Hemmnisse möglichst klein halten zu können, wurde beschlossen den Abschlussbericht des Forschungsprojektes in Form eines praxisnahen Anwenderhandbuchs zu erarbeiten. Nach der Vorstellung des ersten Entwurfes beim IEA-Meeting 2004 in Ottawa wurde dieses Vorhaben intensiv weiterverfolgt. Diese Arbeit stand im Jahr 2005 im Mittelpunkt der Tätigkeiten.

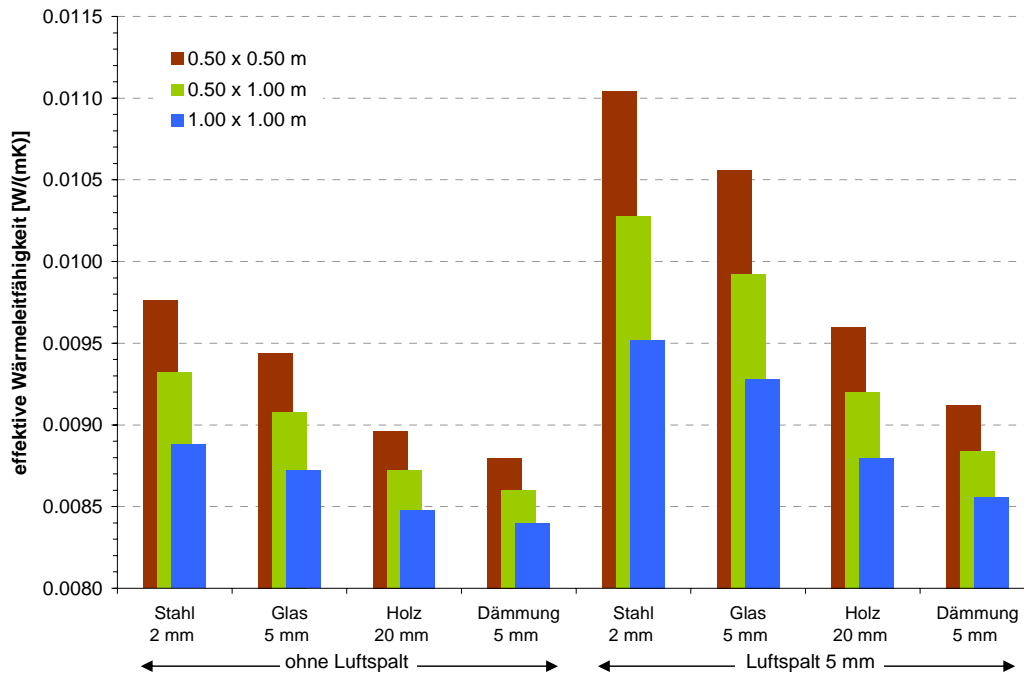


Fig. 3: Auszug aus dem Anwenderhandbuch: Effektive Wärmeleitfähigkeit, λ_{eff} , in Abhängigkeit verschiedener angrenzender Materialien für unterschiedliche Paneelgrößen; VIP 20 mm, dreilagig metallisierter Film, $\lambda_{cop} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ W/(mK)}$.

In inhaltlicher Hinsicht zeigt der seit Ende September 2005 vorliegende englische Abschlussbericht im Kern mit einer reichen Auswahl an Anwendungsbeispielen, wie heute mit diesem neuen Material in der Bauwirtschaft umgegangen wird, welche Erfahrungen gesammelt und welche Schlussfolgerungen gezogen werden können. Die Beispiele dokumentieren den Einsatz von VIP in Boden- und Deckenkonstruktionen, Terrassendämmung, vofabrizierten Dach- und Fassadenkonstruktionen, Kompaktfassaden, Sandwich-Elementen etc. Die Praxisbeispiele aus Neubau- und Sanierungsvorhaben bieten sowohl für interessierte Planer und Anwender, als auch für Entwickler und zukünftige Anbieter von Bausystemen mit integrierten VIP eine breite Basis an Erfahrungen. Des Weiteren liefert der Bericht aktuelle Erkenntnisse über Alterung und Zuverlässigkeit, Wärmebrückeneffekte, Angaben zur effektiven Wärmeleitfähigkeit einer VIP-Schicht und empfohlene Konstruktionen mit VIP (Fig 3). Zudem werden Ergebnisse einer ökologischen Bewertung der VIP im Vergleich zu anderen Dämmstoffen dokumentiert und ökonomische Aspekte aufgezeigt.

In redaktioneller Hinsicht waren auf dem Weg zur Publikation die im Folgenden beschriebenen Schritte erforderlich:

1. Erarbeitung des finalen Entwurfs des Abschlussberichtes für das IEA-Meeting im März in Würzburg, insbesondere eines Vorschlags für die Integration der Beiträge der Projektbeteiligten in die Berichtsstruktur.

2. Überarbeitung einzelner Kapitel in Folge des IEA-Meetings und Integration nachträglich gelieferter Beiträge. Abschliessende Vernehmlassung durch das internationale Projektteam. Einarbeitung der Anmerkungen aus der Vernehmlassung.
3. Vorlage des Abschlussberichtes den Mitgliedern des IEA ExCo. Präsentation im Rahmen IEA ExCo-Meetings durch Herrn Erb und Genehmigung des Berichtes durch das Komitee.
4. Prüfung und Einarbeitung der Anmerkungen der IEA ExCo-Mitglieder. Grafische Überarbeitung und Abschlussformatierung des Dokuments.
5. Publikation des Abschlussberichtes Teilprojekt B *Vacuum Insulation in the Building Sector – Systems and Applications* und Präsentation auf der Tagung *7. Vacuum Insulation Symposium* Ende September EMPA Dübendorf.

Auf der Grundlage des englischen Abschlussberichtes ist eine deutsche Fassung erarbeitet worden. Hierfür mussten die bereits vorliegenden deutschen Berichtsteile intensiv überarbeitet und englische Beiträge der Projektteilnehmer übersetzt werden. Einige Textpassagen wurden ergänzt und neu erstellte Abbildungen hinzugefügt, andere Teile wurden gekürzt. Die Publikation des deutschen Abschlussberichtes *Vakuum-Isolations-Paneele im Gebäudesektor – Systeme und Anwendungen* erfolgt Ende 2005 / Anfang 2006.

Verknüpfung zu weiteren Projekten

Das Einbinden der Projektanliegen in verschiedene andere laufende Projekte, an welchen das Institut für Energie beteiligt ist, bietet die Chance, weitere praxisnahe und beispielhafte Anwendungen von VIP zu initiieren und zu realisieren. Namentlich handelt es sich dabei zum einen um das Projekt „Pilotregion Basel der 2000-Watt-Gesellschaft“, wo dank intensiver Kontakte mit fortschrittlichen Investoren versucht wird, P+D-Projekte anzudenken. Die Umsetzung wird durch ein attraktives Anreizprogramm im Kanton Basel Stadt gefördert. Zum anderen spielte auch das Projekt „Nachhaltige Quartierentwicklung, Teilprojekt Gundeldingerfeld“ eine wichtige Rolle, da hier verschiedenste Aufgaben im Sanierungs- und Neubaubereich zukunftsgerichtet und beispielhaft gelöst werden sollten.

Nationale Zusammenarbeit

Die Arbeiten der drei Schweizer Projektteams (FHBB, EMPA und Dr. Eicher+Pauli AG) erfolgte in enger Zusammenarbeit. Koordiniert wurden die Aktivitäten durch die Dr. Eicher & Pauli AG.

Durch die zahlreichen Kontakte mit (potentiellen) Anwendern und Systementwicklern im Projektverlauf wurden Fragen, Anforderungen und Forschungsbedarf identifiziert und in den Forschungsbereich (EMPA) gebracht. Umgekehrt konnten die wichtigsten Ergebnisse aus den Simulationsberechnungen und Materialtests an allen in der Schweiz verfügbaren VIP früh in die Praxis getragen werden. Es hat sich gezeigt, dass dieser Know-how-Transfer für alle Beteiligten wichtig ist. Insbesondere schätzen es die Anwender, dass sie von neutraler Seite über VIP informiert werden können. Ein Produkt dieser Zusammenarbeit ist der oben bereits erwähnte Abschlussbericht in Form eines Anwenderhandbuches.

Internationale Zusammenarbeit

Das Projekt wurde im Rahmen des IEA/ECBCS Annex 39 *High Performance Thermal Insulation (HiPTI)* durchgeführt.

vgl. Kapitel IEA/ECBCS Annex 39 weiter oben

Bewertung und Ausblick

Die Dynamik bezüglich des Einsatzes von VIP am Bau, welche in den letzten Jahren festgestellt werden konnte, hat erheblich zugenommen. Die Nachfrage und die Realisierung von Projekten mit VIP-Einbau steigen weiterhin. Nicht immer werden VIP gemäss den aktuellsten Erkenntnissen aus der Forschung dimensioniert und eingebaut. Dieses Informationsdefizit konnte durch die vielschichtigen Aktivitäten im Rahmen des Projektes reduziert werden. Zentrale Fragen zu Dauerhaftigkeit, Gasdichtigkeit, Verhalten unter Feuchte und Temperatur wurden durch die Ergebnisse des Annex 39 beantwortet. Gut dokumentierte Erfahrungen aus der Praxis liegen nun vor und werden derzeit von Produzenten und Unternehmen aufgenommen. Die VIP-Produktion wurde professionalisiert und die Produkte besser auf den Baumarkt abgestimmt.

VIP werden derzeit vor allem direkt auf der Baustelle eingesetzt. Vorfabrizierte Bausysteme mit VIP sind am Markt bislang kaum verfügbar. Zum einen ist dies durch das noch fehlende Vertrauen der Systementwickler in die VIP-Produkteigenschaften, zum anderen durch den hohen Preis der VIP begründet. Wegen dieser Vorbehalte konnte im Rahmen des Projektes die Entwicklung vorgefertigter Bausysteme in Zusammenarbeit mit Firmen nicht initiiert und durchgeführt werden. Aus diesem Grund werden vom Bundesamt für Energie nun mehrere Projekte finanziell unterstützt, die eine Entwicklung konkreter Bausysteme mit VIP zum Ziel haben.

Das Feedback aus den zahlreichen Firmenkontakten sowie die Beobachtung über die Art und Weise der tatsächlich vollzogenen Anwendung und Behandlung der VIP auf vielen Baustellen zeigt denn auch die Notwendigkeit einer umfassenden und neutralen Informationstätigkeit. Diese erfolgte an diversen Veranstaltungen (Messen, Informationsanlässe) und wird auf der Website www.vip-bau.ch fortgesetzt, und verfolgt das Ziel, die Chancen und Risiken möglichst offen und aus unabhängiger Sicht darzulegen. Als Folge davon kann festgestellt werden, dass das Vertrauen in das Material gestiegen ist.

Bezüglich der VIP-Produkteigenschaften stehen aus dem Forschungsprojekt nun umfangreiche Erkenntnisse zur Verfügung, die für den Einsatz in geeigneten Konstruktionen auf eine hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer von mehr als 50 Jahren schliessen lassen.

Die Arbeiten im Annex haben jedoch auch gezeigt, dass für den Einsatz heute verfügbarer VIP in Gebäuden nicht mit der Wärmeleitfähigkeit $4 \cdot 10^{-3} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, sondern eher mit einer durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeit 6 bis $8 \cdot 10^{-3} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ gerechnet werden muss. Damit steigen die ohnehin hohen Kosten in einen Bereich, der die Massenanwendung stark behindert. Insofern wird der Einsatz von VIP im Wesentlichen zunächst auf Anwendungen beschränkt bleiben, wo die Vorteile der Platzersparnis im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen zum Tragen kommen. Noch wenig genutzt werden heute die wieder gewonnenen gestalterischen Möglichkeiten, die sich durch die schlanke Wärmedämmungen ergeben.

Soll sich VIP im Baubereich breiter durchsetzen, so ist eine Reduktion der Preise unumgänglich. Die Materialkosten (Kieselsäure und Hüllmaterial) haben einen nicht unwesentlichen Anteil am Endpreis. Durch eine Entwicklung dichter Hüllfolien und der damit möglichen Verwendung kostengünstigerer Stützkörpermaterialien könnte der Preis zukünftig reduziert werden. Weiter ist die Produktion von VIP noch zu einem grossen Teil teure Handarbeit. Die Automatisierung der VIP-Produktion hat in den vergangenen Jahren aber zugenommen. Diese Entwicklung wird in absehbarer Zeit einen positiven Effekt auf die Produktionskosten haben. Allerdings ist auch zukünftig davon auszugehen, dass VIP deutlich teurer sein werden, als konventionell gedämmte Konstruktionen mit gleicher Dämmleistung.

Das Projekt wird Ende 2005 abgeschlossen. Das während der Projektdauer gesammelte Wissen aus der Forschung und die umfangreichen Erkenntnisse aus den Erfahrungsberichten wurden im bereits erwähnten Anwenderhandbuch zusammengetragen. Das Anwenderhandbuch stellt das aktuellste Wissen praxisgerecht dar und wird ein wesentliches Element der zukünftigen Informationstätigkeit sein. Um einen breiten Markterfolg erreichen zu können, wird es wichtig sein, mindestens in dieser frühen, dynamischen Phase der Marktentwicklung die Aktualisierung des Anwenderhandbuches sicherzustellen. Denn für die Vertrauensbildung ist eine Informationsplattform von unabhängiger Seite von grossem Vorteil.

Referenzen

- [1] Hp. Eicher; A. Binz; M. Erb: **Hochleistungs-Wärmedämmsysteme**, Bericht Vorphase, Bundesamt für Energie, 1997
- [2] Hp. Eicher; M. Erb; A. Binz; A. Moosmann: **Hochleistungs-Wärmedämmsysteme**, Schlussbericht, Bundesamt für Energie, 2000
- [3] M. Zimmermann; H. Bertschinger: **High performance thermal insulation Systems, Vacuum insulated Products (VIP)**, Proceedings of the international conference and workshop, Empa, 2001
- [4] Diverse Unterlagen und Artikel zu VIP auf www.vip-bau.ch
- [5] IEA/ECBCS Annex 39a: **VIP – Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications**, Schlussbericht englisch Teilprojekt A, IEA, 2005
- [6] IEA/ECBCS Annex 39b: **Vacuum Insulation in the Building Sector – Systems and Applications**, Schlussbericht englisch Teilprojekt B, IEA, 2005
- [7] **Vakuum-Isolations-Paneele im Gebäudesektor – Systeme und Anwendungen**, Schlussbericht deutsch. Bundesamt für Energie, BFE, 2005