

Vakuumdämmung im Praxiseinsatz

André Moosmann, Armin Binz, Franco Fregnan; Institut für Energie / FHBB Muttenz
Hanspeter Eicher, Beat Nussbaumer; Dr. Eicher + Pauli AG Liestal / Bern



Zusammenfassung

Die Einführung von Vakuumdämmung (VIP) in der Bauwirtschaft ist mit vielen offenen Fragen und Risiken verbunden. Das Bundesamt für Energie hat deshalb ein aus drei Basisprojekten bestehendes Forschungsvorhaben gestartet, das diesen Einführungsprozess unterstützen und optimieren soll. Mit dem IEA-Basisprojekt **vip-bau.ch** soll die Entwicklung praxistauglicher Bausysteme mit VIP für geeignete Marktsegmente des Baubereichs vorangetrieben werden.

Ein Produkt des Projektes vip-bau.ch wird die VIP-Doku sein, welche den Anwender/innen von VIP nützliche Hinweise geben soll. Aufgrund zahlreicher Firmenkontakte, umfangreicher Praxisreportagen und Forschungsarbeiten werden für den Einbau von VIP Empfehlungen abgegeben. Zudem wird ein Bauteilkatalog mit geeigneten Anwendungsmöglichkeiten angeboten.

Résumé

Le lancement de l'isolation sous vide (VIP) dans l'industrie de la construction est liée à beaucoup de risques et questions ouvertes. Por cette raison l'Office fédéral de l'énergie a lancé un projet de recherche, consistant en trois projets de base, qui devrait soutenir et rendre plus efficace ce procès de lancement. Avec le projet de base **vip-bau.ch**, le développement des systèmes de construction, qui se laissent transférer en pratique, devrait être mise en scène pour les segments du marché apropiés du domaine de la construction.

Un des produits du projet vip-bau.ch sera la documentation «VIP-Doku», qui devrait donner des indications utiles aux applicateurs. Grâce à plusieurs contacts d'enterprises, des reportages de pratique et des travaux de recherche, beaucoup de recommandations pour l'installation du VIP se sont accumulées. En outre un catalogue d'éléments de construction avec des possibles applications sera offert.

1. Ausgangslage

Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Gebäudedämmung und der damit verbundenen Zunahme der benötigten Dämmstoffdicken steigt die Nachfrage nach effizienteren Dämmmaterialien. Mit sogenannten Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP) erreicht man Wärmeleitfähigkeiten, die um einen Faktor 5 bis 10 geringer sind als bei konventionellen Dämmstoffen. VIP bestehen aus nanoporösem Kernmaterial, welches in einer Vakuumkammer in eine gasdichte Hülle eingeschweisst wird. Der reduzierte Druck hat zur Folge, dass die Wärmeleitung durch das Gas eliminiert wird und daher eine hohe Dämmkraft erreicht werden kann. Bisher angewendet wurde diese vor etwa 20 Jahren entwickelte Technologie vor allem im Kühl- und Gefriergerätebau. Mittels modernen Produktionsverfahren und neuester Folientechnologie ist man heute in der Lage, Vakuumdämmplatten herzustellen, die über Jahrzehnte ihre Funktionstüchtigkeit behalten. Damit wird diese Vakuumtechnik auch für den Baubereich interessant.

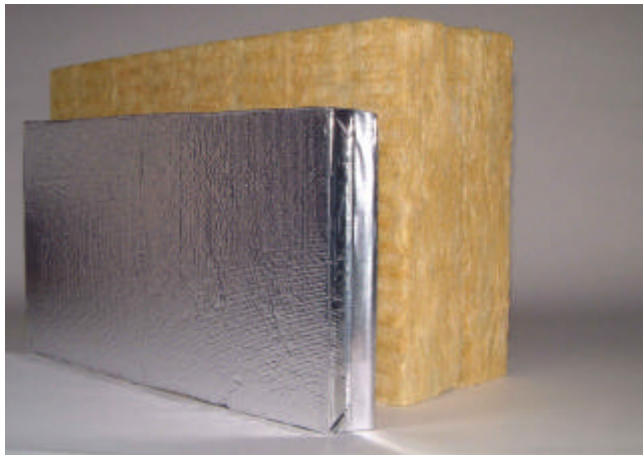


Abbildung 1: Mit Vakuum-Isolations-Paneelen (VIP) erreicht man Wärmeleitfähigkeiten, die um einen Faktor 5 bis 10 geringer sind als bei konventionellen Dämmstoffen.

Insbesondere bei Niedrigstenergiehäusern (z.B. Minergie-P-Standard) und energetischen Gesamt-sanierungen ist der durch Platzmangel bedingte Leidensdruck inzwischen so gross (Landverbrauch wegen dicken Mauerquerschnitten, Nutzflächenverlust bei Innendämmungen), dass diese neuste Dämmtechnologie auch bei einem vergleichsweise höheren Preis einen entsprechenden Markt findet.

Die Einführung eines derart neuartigen Materials in der Bauwirtschaft ist aber auch mit vielen offenen Fragen und Risiken verbunden. Das Bundesamt für Energie hat deshalb ein aus drei Basisprojekten bestehendes Forschungsvorhaben gestartet, das diesen Einführungsprozess unterstützen und optimieren soll.

Im Teilprojekt **Basiskonzepte und Materialentwicklung** werden VIP auf ihre Lebensdauer geprüft und die Materialkomponenten weiterentwickelt. Im Teilprojekt **Bausysteme und Applikationsfragen** werden die grundsätzlichen bauphysikalischen Fragen beim Einsatz von VIP in interessanten Marktsegmenten geklärt und Systemhersteller in der Anwendung von VIP unterstützt. Im Teilprojekt **P+D-Projekte** werden VIP in interessanten Anwendungsbereichen qualitätsgesichert eingesetzt.

Die Schweizer Aktivitäten sind in einen Annex der IEA/ECBCS integriert, welcher die internationale Zusammenarbeit im VIP-Bereich koordiniert.

2. Vorgehen

Das Institut für Energie (IfE) der Fachhochschule beider Basel leitet sowohl die internationalen als auch schweizerischen Tätigkeiten im Teilprojekt **Bausysteme und Applikationsfragen**, dessen Hauptziel es ist, die Entwicklung praxistauglicher Vakuum-Dämmsysteme für geeignete Marktsegmente des Baubereichs voranzutreiben.

Die dafür gegründete Arbeitsgemeinschaft **vip-bau.ch**, bestehend aus dem IfE, der EMPA und der Dr. Eicher+Pauli AG, unterstützt Systemhersteller, um in geeigneten Bausystemen VIP einzusetzen und in einer bautaughlichen Qualität auf den Markt zu bringen. Verschiedene Firmen der Bauwirtschaft werden bei der Entwicklung von Bau- und Haustechnik-Elementen mit VIP informiert, motiviert und von den ersten Überlegungen bis hin zu Möglichkeiten geeigneter Pilotanwendungen beratend begleitet und fachlich unterstützt.

Die Palette möglicher System- und Produkte-Entwicklungen ist sehr gross. Sie reicht von Fassaden- und Innendämmsystemen über Dachkonstruktionen und -aufbauten zu Haustüren, von Terrassendämmungen über Bodenheizungs-Unterkonstruktionen bis hin zu Warmwasserspeichern.

Ein zweiter Aufgabenkreis besteht darin, die Anwendungsmöglichkeiten von VIP direkt auf der Baustelle zu untersuchen und mitzuhelfen, dass sie in möglichst sachgerechter Art eingesetzt werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden an Informationsveranstaltungen der Bauwirtschaft bekannt gemacht und Erfahrungen an Workshops ausgetauscht. Damit gelingt es, die Basis für einen breiteren Markterfolg ab Mitte des laufenden Jahrzehnts zu schaffen.

3. Empfehlungen

Ein Produkt des Projektes vip-bau.ch wird die VIP-Doku sein, welche den Anwender/innen von VIP nützliche Hinweise geben soll. Nebst den aktuellsten Erkenntnissen der EMPA, der ökologischen Beurteilung des Materials sowie eines Praxisreports (wie wurde VIP bisher verwendet) stehen vor allem die Empfehlungen für eine möglichst risikoarme Anwendung im Vordergrund.

Aufgrund zahlreicher Firmenkontakte, umfangreicher Praxisreportagen und Forschungsarbeiten können für den Einbau von VIP die nachstehenden Empfehlungen abgegeben werden.

Sie haben für den gesamten Baubereich Gültigkeit, obwohl grundsätzlich auch hier unterschieden werden kann zwischen

- „roh“ auf die Baustelle gelieferten und erst dort eingebrachten resp. montierten VIP und
- vorfabrizierten Bauteil-Systemen mit integrierten VIP, die mehr oder weniger geschützt auf die Baustelle geliefert werden.

Information / Beratung

VIP ist mehr als ein neues Material – es muss eher als System von erheblicher Komplexität und Empfindlichkeit betrachtet werden. Daher ist wichtig, dass sich alle Beteiligten möglichst früh informieren, beraten und während des gesamten Planungs- und Verarbeitungsprozesses fachlich begleiten lassen (vorzugsweise durch VIP-Lieferanten).

Wie auch immer VIP in der Bauwirtschaft eingesetzt werden, die Verantwortlichen sollten dafür besorgt sein, dass im Verlauf des Planungs- und Bauprozesses niemand mit den VIP umgeht, der nicht über gute Kenntnisse ihrer Eigenschaften verfügt. Herkömmliche Postpakete mit empfindlichem Inhalt werden mit einem „Handle with care“-Kleber versehen, weil Pakete durch viele Hände gehen. VIP im Baubereich, die ebenfalls durch viele Hände gehen, sollten eine adäquate Kennzeichnung verfügen (siehe Abbildung 2).

VIP sollen in der Regel über Jahrzehnte ihre Funktion erfüllen. Wo sie nicht absolut beschädigungssicher verbaut sind, sollten Mieter/innen, Eigentümer/innen und Renovations-Handwerker/innen ebenfalls mit geeigneten Mittel davon abgehalten werden, die VIP zu beschädigen oder mindestens mit einem Warnkleber auf den empfindlichen Inhalt der Baukonstruktion aufmerksam gemacht werden.



Abbildung 2: Warnkleber. Entwurfsskizze einer selbstklebenden Warnbeschriftung zur Kennzeichnung von VIP-Panels und Bauteilen mit VIP.

Randeffekt

VIP bestehen durch den sehr guten Wärmedurchlasswiderstand im ungestörten Bereich. Wegen der guten Wärmeleitfähigkeit der Plattenränder (Aluminiumteil der Folien) verschlechtert sich jedoch der λ -Wert des gesamten Panels. Je nach VIP-Art, Plattengrösse und -format kann dieser Effekt die Vorteile des Materials praktisch zunichte machen. Unter Beachtung folgender Kriterien können die Randeffekte auf ein Minimum beschränkt werden:

- Wahl möglichst quadratischer und grosser Panels (mind. 0.5 m x 0.5 m)
- Doppellagiges und mindestens um 5 cm überlappendes Verlegen der Panels (was allerdings eine teure Lösung ist).

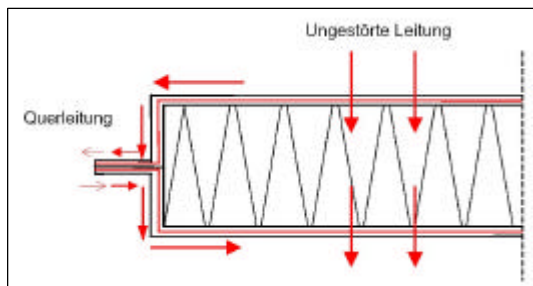


Abbildung 3: Randeffekt. Je nach Panelgrösse und -Format kann die Wärme-Querleitung den sehr guten Wärmedurchlasswiderstand von VIP massgebend beeinflussen.

Detailbearbeitung

VIP müssen gut vor mechanischen Beschädigungen geschützt sein. Dies gilt sowohl für funktionsbedingte (bspw. Bodenbelastung) und ungewollte Belastungen (bspw. Dilatationen) als auch für nachträgliche Manipulationen (bspw. Bildernägeln). Zudem ist den diversen Anschlussdetails besondere Beachtung zu schenken, da vorstehende Bauteile (bspw. Winkeleisen für Fensterbefestigung, Führungsschienen, Zargen etc.) die VIP beschädigen können.

Dampfdiffusion

Bei VIP handelt es sich um dampfdichte Dämmsysteme, was bei der Planung der Schichtenreihenfolge und Schichtdicken eines Bauteils oder -systems beachtet werden muss. Weiter muss den Plattenfugen grosse Beachtung geschenkt werden. Meist werden die Fugen und Ränder mit Alu-Klebeband verklebt, um eine durchgängige Dampfdichtigkeit zu erreichen.

Ersetzbarkeit der VIP / Qualitätskontrolle

Obwohl die bisher vorliegenden Untersuchungen und Erfahrungen darauf hindeuten, dass der Unterdruck in VIP heutiger Technologie bei fachgerechter Handhabung über die erwarteten vier bis fünf Jahrzehnte ihrer Funktionsdauer erhalten bleibt, sollte das Versagen einzelner Platten oder ganzer Flächen als Risiko in die Planung und Ausführung einbezogen werden. Wünschbar wäre eine Strategie, die darauf abzielt, die VIP kontrollieren und im Versagensfall ersetzen zu können. Folgende Aspekte sollten dabei beachtet werden:

- Einbau der VIP in einer Art und Weise, welche eine Überprüfung ihrer Funktionstauglichkeit, insbesondere mit Infrarot-Thermographie, ermöglicht. Dies ist in der Regel unmöglich, wenn beidseitig entweder gut leitende massive Abdeckungen (z.B. Beton) oder hinterlüftete Konstruktionen vorliegen (sofern letztere zum Zweck der VIP-Überprüfung nicht relativ einfach entfernt werden können).
- Die VIP sollten so in die Konstruktion eingebettet sein, dass sie ersetzt werden können, ohne dass ein allzu grosser Folge- bzw. Vorbereitungsaufwand nötig ist (z.B. mechanisch befestigte Abdeckungen).

In der Regel beschränkt man sich bisher darauf, den Versagensfall so abzufedern, dass eine Verschlechterung des U-Wertes in Kauf genommen wird und sichergestellt wird, dass bei Vakuumverlust keine Komfort- oder Feuchte-Risiken entstehen.

Stücklisten und Verlegepläne

Da mit VIP keine Toleranzen aufgenommen und die Panels auf der Baustelle nicht mehr bearbeitet werden können, müssen frühzeitig exakte Stücklisten und Verlegepläne erarbeitet werden (Zusammenarbeit mit VIP-Lieferanten). Für die Aufnahme von Toleranzen bzw. die Anpassungen an Ränder müssen geeignete Dämmmaterialien bezeichnet und bereitgestellt werden

Lieferung und Lagerung

Es muss abgeklärt werden, wie (Paket, Gewicht, Schutz, Zugänglichkeit) und wann die VIP geliefert werden, um den permanenten Schutz des Materials gewährleisten zu können. Grosse Gebinde mit VIP weisen rasch ein hohes Gewicht auf (wegen der doch relativ hohen Rohdichte des Kieselsäure-Kerns) und erschweren eine sorgfältige Handhabung.

Handhabung von VIP

Die Handwerker, welche VIP verarbeiten, müssen im Umgang mit diesen Materialien geschult sein. Ausserdem sollten ihnen adäquate Verarbeitungshilfsmittel zur Verfügung gestellt werden. Aufgrund unserer Beobachtungen wären vor allem für die Verarbeitung von VIP auf der Baustelle zwei Hilfsmittel sinnvoll, die vom VIP-Lieferanten mitgeliefert werden sollten:

- Filz-Überziehpantoffeln o.Ä.
- Filzbespanntes Brett mit Haltegriff o.Ä. als Plattform und Druckverteilschicht, um auf neu verlegten VIP knien zu können, ohne Dellen zu verursachen und Beschädigungen zu riskieren.

Reinigung

Die Arbeitsfläche muss gründlich gereinigt und scharfkantige Unebenheiten und Überstände müssen entfernt werden.

Montage der VIP (auf Schutz achten!)

Verlegen einer Schutzmatte, Einbringen der VIP, sofortiges Verlegen einer erneuten Schutzmatte. Denn in Arbeitspausen (Mittag, Nacht) besteht das Risiko, dass die VIP betreten werden (die Materialien ziehen auch neugierige Baubeteiligte an). Gegenstände können auf die VIP fallen. Auch wenn in Socken gearbeitet wird, können scharfkantige Kleingegenstände an den Socken haften.

4. Bauteilkatalog

Neben den oben beschriebenen Empfehlungen soll die VIP-Doku einen Bauteilkatalog anbieten. Darin werden Anwendungen dargestellt, welche aufgrund der Erfahrungen während der Forschungsarbeiten empfohlen werden können. Typische Situationen werden beschrieben, mittels Plänen illustriert und die Risiken diskutiert.

Die nachfolgenden Beispiele stehen stellvertretend für den umfangreichen Katalog.

Wand-Innendämmung

Bei energetischen Erneuerungen von historischen Bauten kommt oft nur Innendämmung in Frage. Die Reduktion von Dämmstärke fällt bei Bauvorhaben dieser Art besonders ins Gewicht, da jeder eingesparte Zentimeter Dämmraum zusätzlichen Wohnraum bedeutet. Bei solchen Bauten treten oft Probleme bei der Masshaltigkeit der bestehenden Konstruktion auf. Beim Einsatz von VIP bedeutet dies, dass entweder eine sehr grosse Anzahl von - relativ teuren - Randelementen hergestellt werden muss oder dass eine relativ grosse Fläche durch herkömmliche Dämmstoffe mit schlechterem U-Wert eingenommen wird.

Zudem besteht bei allen Innendämmungen das Problem der Dampfdichtigkeit (siehe Kapitel Empfehlungen – Dampfdiffusion) und Wärmebrücken. Im vorliegenden Fall sind v.a. die Deckenaufleger (Balkenköpfe, Bodenkonstruktion) nur sehr schwer zu dichten. Die Gefahr von Kondensation im Deckenbereich besteht und muss stets im Auge behalten werden. Je nach ortsspezifischem Konstruktionsaufbau bedarf es einer individuellen Lösung.

Da diese Konstruktionslösung kaum Qualitätskontrollen und einen Ersatz defekter VIP nur sehr schwer möglich macht, ist auf einen besonders sorgfältigen Einbau zu achten.

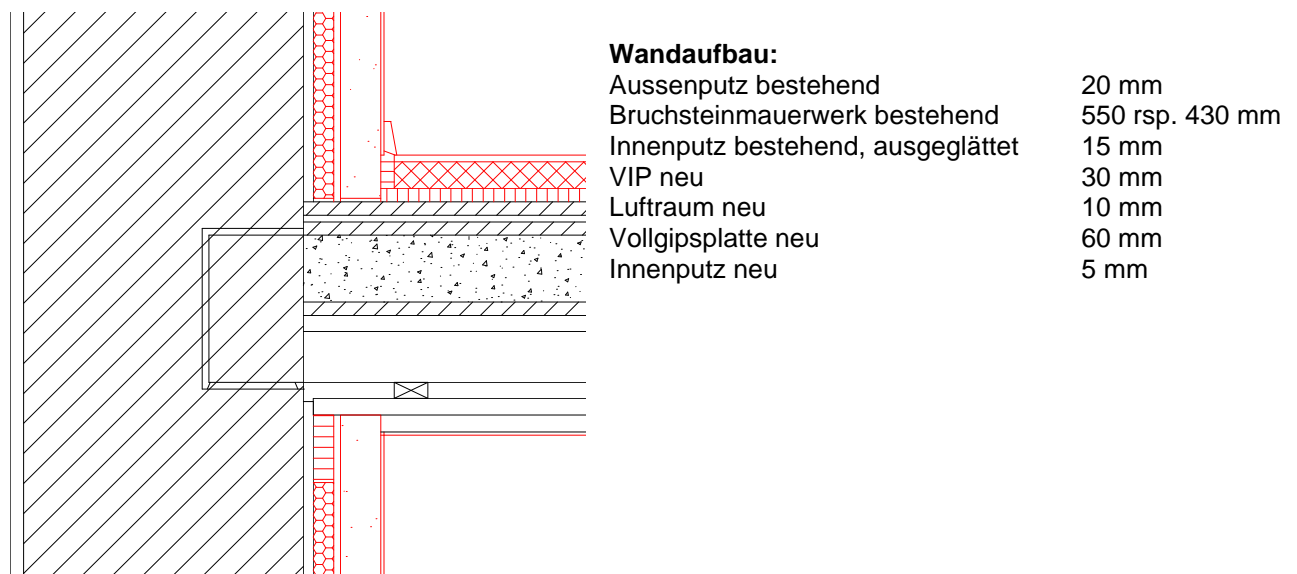


Abbildung 4: Detail Innendämmung mit VIP. Querschnitt durch das Deckenaufleger. Ausstopfen der Deckenhohlräume vermindert die Kondensatgefahr an den Balkenköpfen infolge Konvektion.

Terrassendämmung

Der Einsatz von Vakuumdämmung im Terrassenbau ist sehr interessant, da stufenlose Übergänge von Innen nach Aussen ohne aufwändige Abtreppung der Betondecke möglich werden.

VIP sollten nicht in feuchter oder gar nassen Umgebung eingebaut werden, da dies die Lebensdauer dramatisch verkürzt. Neben dem Vorsehen von entsprechend dichten Systemen muss daher auch dem Aspekt der Einbaufeuchte Beachtung geschenkt werden.

Da diese Konstruktionslösung kaum Qualitätskontrollen und einen Ersatz defekter VIP nur sehr schwer möglich macht, ist auf einen ein besonders sorgfältigen Einbau zu achten.

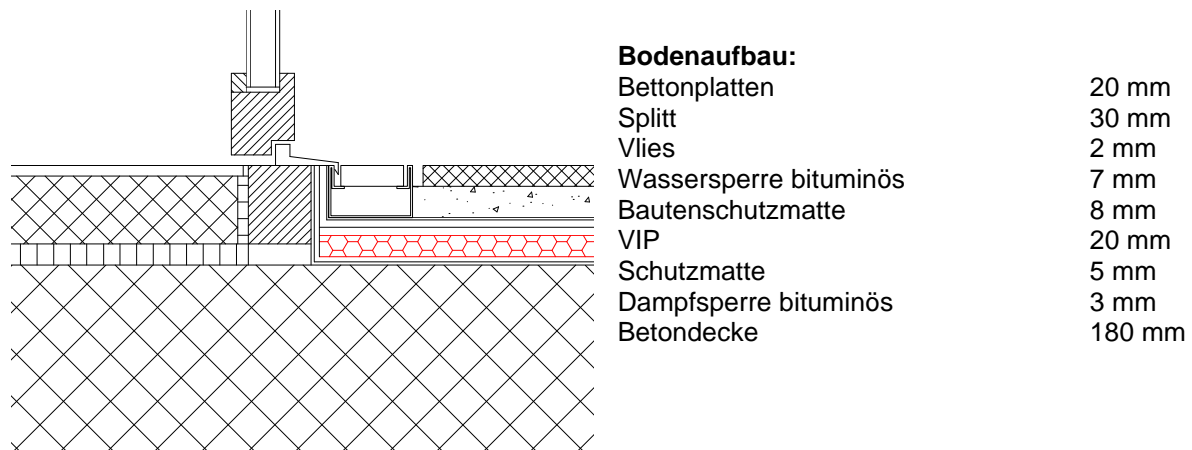


Abbildung 5: Detail Terrassendämmung. Querschnitt durch den Übergangsbereich innen-aussen.

Holzbau-System Hürzeler

Im Gegensatz zu den auf der Baustelle verarbeiteten resp. eingebauten VIP (siehe obenerwähnte Bauteile) haben vorgefertigte Bauteil-Systeme mit integrierten VIP den Vorteil, dass die VIP in der kontrollierten Umgebung einer Werkstatt eingebaut und mehr oder weniger geschützt auf die Baustelle geliefert werden. Ebenso ist der Ersatz von defekten Elementen einfacher möglich.

Das hier beschriebene Holzbausystem ermöglicht eine Niedrigstenergiebauweise trotz relativ schlanker Bauteile.

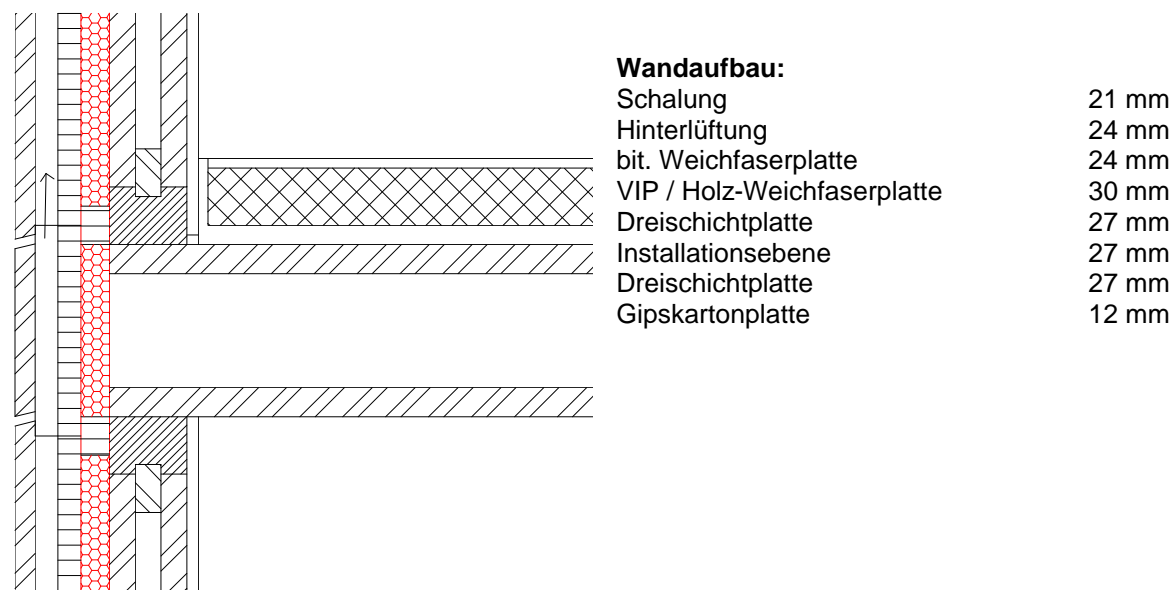


Abbildung 6: Detail Holzelementbau mit VIP. Querschnitt durch das Deckenauflager.

5. Ausblick

Die VIP-Doku soll das internationale Wissen über dieses Material praxisgerecht zusammenfassen und für die Anwender/innen nutzbar machen. Die momentan schwergewichtig mit Beispielen aus der Schweiz bestückte Dokumentation wird daher mit Erfahrungen und konkreten Anwendungsbeispielen aus den beteiligten Ländern ergänzt (siehe u.a. [1]).

Anfang 2005 wird das dann fertiggestellte Handbuch den aktuellen Stand des internationalen Wissens über VIP zusammenfassen und eine gute Arbeitshilfe bei der Anwendung liefern.

6. Literatur/Referenzen

- [1] Bayrisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. 2004. Abschlussbericht VIP-DEMOOBJEKTE
http://www.zae-bayern.de/a2/pdf/abschlussbericht_vip_demoobjekte.pdf
- [2] R. Bundi. 2003. Forschung und Entwicklung im Fassadenbau – Vakuumisolierte Paneele (Fassade 3/2003)
- [3] S. Brunner; H. Simmler. 2003. Service Life Prediction For Vacuum Insulation Panels (VIP) (CISBAT 2003)
- [4] R. Bundi; K. Ghazi Wakili; Th. Frank. 2003. Vacuum Insulated Panels In Building Applications (CISBAT 2003)
- [5] Hp. Eicher; A. Binz; M. Erb. 1997. Hochleistungs-Wärmedämmsysteme. Bericht Vorphase. Bundesamt für Energie.
- [6] Hp. Eicher; M. Erb; A. Binz; A. Moosmann. Hochleistungs-Wärmedämmsysteme. Schlussbericht Dezember 2000 Bundesamt für Energie
- [7] M. Zimmermann; H. Bertschinger. High performance thermal insulation Systems, Vacuum insulated Products (VIP); Proceedings of the international conference and workshop.
- [8] Diverse Unterlagen und Artikel zu VIP auf www.vip-bau.ch