



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

VAKUUMDÄMMUNG (VIP) IM BAU

ENTWICKLUNG EINES KOMPAKTEN FUSS- BODENHEIZELEMENTS MIT INTEGRIERTEM VIP

Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

Stephan Gutzwiller, Dr. Eicher+Pauli AG

Kasernenstrasse 21, 4410 Liestal

stephan.gutzwiller@eicher-pauli.ch, www.eicher-pauli.ch

Paul Rutz, Tobler Haustechnik AG

Steinackerstrasse 10, 8902 Urdorf, paul.rutz@toblerag.ch, www.toblerag.ch

Impressum

Datum: 3. Dezember 2007

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Projektnummer 101435

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1. Ausgangslage	4
2. Ziel der Arbeit	4
3. Methode und Vorgehen	5
4. Ergebnisse und Diskussion	5
6. Schlussfolgerungen und Ausblick	8
Referenzen	8
Anhang	9
U-Wert-Berechnung	9
Konstruktionsevaluation im ersten Projektjahr	11

Zusammenfassung

Vakuumdämmung (VIP) weist im Vergleich zu herkömmlichen Isolationsmaterialien eine sehr tiefe Wärmeleitfähigkeit auf. Dieser Vorteil steht einem relativ hohen Preis und der Verletzlichkeit der Hüllfolie gegenüber. Heute werden VIP vorwiegend in Nischenmärkten wie Terrassendämmungen und Tiefkühlräumen eingesetzt. Obwohl mittlerweile das Risiko bezüglich Belüftung der Paneele während des Einbaus bekannt ist und entsprechende Schutzmassnahmen zum Einsatz kommen, besteht weiterhin ein grosser Bedarf an VIP-Produkten mit standardisiertem Schutz ab Werk. In vorliegendem Projekt wurde ein VIP-Produkt mit solchem Schutz entwickelt, welches den Einsatz von VIP im grossen Markt der Fussbodenheizungen ermöglicht. Dabei werden die Vorteile von VIP genutzt, die Nachteile minimiert und zudem die Anforderungen an den Trittschall in Kombination mit einem kompakten Fussbodenheizungselement erfüllt: Das VIP wird am Produktionsort unter kontrollierten Bedingungen beidseitig mit einer vier Millimeter dicken Entkoppelungsplatte aus Polyesterfasern und stirnseitig mit 20 Millimeter Streifen aus Phenolharz umhüllt. Damit wird ein vollständiger Schutz vor verletzenden mechanischen Einwirkungen bei der weiteren Verarbeitung erreicht. Am Ort des Einbaus wird das geschützte VIP mit einem modularen Fussbodenheizungselement der *Tobler Haustechnik AG* verklebt. Der VIP-Verletzungsschutz wirkt nun ebenso als effiziente Trittschalldämmung und erreicht in fester Verklebung mit dem R25-System eine Trittschallreduktion ΔL_W von 18 dB. Die mittleren System-U-Werte der vier entwickelten Standardkonstruktionen bewegen sich zwischen 0.22 und 0.62 W/(m²K). Ein Testraum wurde mit dem Produkt ausgelegt und in Betrieb genommen. Im Rahmen eines weiterführenden Projektes werden an den VIP-Elementen verschiedene Messungen durchgeführt: Der Verlauf von Innendruck, Temperatur und Feuchte wird in den kommenden 18 Monaten aufgezeichnet. Damit können die Auswirkungen von wechselnden Temperaturen auf die Lebensdauer von Vakuumdämmungen besser beurteilt werden.

1. Ausgangslage

Vakuumisulationspaneele (VIP) weisen im Vergleich zu herkömmlichen Isolationsmaterialien eine sehr tiefe Wärmeleitfähigkeit von rund $0.006 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf. Diesem Vorteil stehen ein relativ hoher Preis und die Verletzlichkeit der Hüllfolie gegenüber. Heute beschränkt sich der Anwendungsbereich grösstenteils auf die zwar wachsenden, jedoch flächenmässig geringen Terrassendämmungen und Tiefkühlräume. Obwohl inzwischen das Risiko bezüglich Belüftung der Paneele während des Einbaus bekannt ist und entsprechende Schutzmassnahmen zum Einsatz kommen, besteht weiterhin ein grosser Bedarf an VIP-Produkten mit standardisiertem Schutz ab Werk. Erst damit erlangen VIP die nötige Qualität und das Vertrauen der Bauherrschaft für einen breiten Einsatz.

2. Ziel der Arbeit

Ziel ist es, ein kompaktes Fussbodenelement mit integrierter und mechanisch vollständig geschützter Vakuumdämmung zu entwickeln, welches im Trockenbau-Verfahren raumsparend eingesetzt werden kann. Mit dem vollständigen Schutz der VIP ab Werk wird das Risiko der Belüftung beim Einbau vor Ort eliminiert. Die geringe Aufbauhöhe soll den Einsatz in der Altbauanierung ermöglichen (v.a. zu Heizzwecken). In Neubauten können die Mehrkosten der Vakuum-Dämmung im Vergleich zu herkömmlichen Dämmmaterialien durch bauliche Einsparungen aufgrund geringerer Raumhöhen kompensiert werden. Ebenso ist eine Anwendung in Zwischengeschossböden denkbar, in welchen die Baumasse zu Gunsten einer schnellen Raumtemperaturregelung mit der VIP-Dämmung bewusst isoliert (und damit deaktiviert) werden soll.

Zur Erreichung der Ziele wurden folgende Anforderungen an vier mögliche Einsatzvarianten der Fussbodenheizung definiert:

	V1: Altbau über unbeheizt	V2: Altbau über beheizt	V3: Neubau über unbeheizt	V4: Neubau über beheizt
U-Wert	0.4 W/m ² K	0.8 W/m ² K	0.2 W/m ² K	0.6 W/m ² K
Trittschalldämmung*		unten ΔL_w 22 dB		unten ΔL_w 27 dB
Verletzungsschutz VIP	unten / oben seitlich	unten / oben seitlich	unten / oben seitlich	unten / oben seitlich
Aufbauhöhe total	< 45 mm	< 35 mm	< 60 mm	< 40 mm
Druckfestigkeit	5 kN/m ²	5 kN/m ²	5 kN/m ²	5 kN/m ²
Lebensdauer	> 20 Jahre	> 20 Jahre	> 20 Jahre	> 20 Jahre
Heizleistung	50 - 80 W/m ²	50 - 80 W/m ²	20 - 40 W/m ²	20 - 40 W/m ²
Rohrdurchmesser / Wand	11.6 / 1.8 mm	11.6 / 1.8 mm	11.6 / 1.8 mm	11.6 / 1.8 mm
Rohrabstand	150 mm	150/300 mm	150/300 mm	300 mm
ΔT Vor- / Rücklauf	< 10 K	< 10 K	< 10 K	< 10 K
Masse der Elementplatten	1'200/600 mm 600/300 mm 300/150 mm	1'200/600 mm 600/300 mm 300/150 mm	1'200/600 mm 600/300 mm 300/150 mm	1'200/600 mm 600/300 mm 300/150 mm
Massgenauigkeit	3 - 6 mm	3 - 6 mm	3 - 6 mm	3 - 6 mm

* bei einer Bezugsbetondecke von 70 dB

Tabelle 1: Anforderungen an das VIP-Fussbodenheizungselement (gemäss Pflichtenheft vom 22.2.2006).



3. Methode und Vorgehen

Die Zielwerte für die Kriterien der Fussbodenheizung gemäss Tabelle 1 wurden entsprechend den im Pflichtenheft beschriebenen ökonomischen und insbesondere technischen Aspekten durch das Projektteam definiert. Nicht alle Werte sind dabei zwingend - insbesondere U-Wert, Trittschalldämmung und Aufbauhöhe erlauben je nach Anwendungsanforderung gewisse Kompromisse. Im Verlaufe der vergangenen zwei Jahre hat das Projektteam insgesamt neun konstruktive Lösungsansätze bezüglich der Zielwerte für die Kriterien geprüft. Als Grundlage diente jeweils die heutige R25-Fussbodenheiz-Systemplatte der *Tobler Haustechnik AG*. Im Anhang finden sich die Ergebnisse des Projektjahres 2006. Es zeigt sich, dass sich die strengen Zielwerte bezüglich Trittschall zunächst nicht eingehalten werden können.

In der Folge konnte der Schweizer VIP-Lieferant *neofas AG* gewonnen werden, einen verbesserten Prototyp zu fertigen. Auf der Basis der Konstruktionsvariante 03 (siehe Anhang) wurden folgende zwei Varianten hergestellt:

Variante 1:

- 20 mm Vakuumdämmung
- beidseitig 4 mm Entkoppelungsplatte aus Polyesterfasern als Verletzungsschutz
- stirnseitig 10 - 20 mm aus PU-Schaum-Streifen als Verletzungsschutz

Variante 2:

- 20 mm Vakuumdämmung
- einseitig 4 mm Entkoppelungsplatte aus Polyesterfasern als Verletzungsschutz
- einseitig 4 mm Softsonic-Trittschallplatte resp. Verletzungsschutz
- stirnseitig mit 10 - 20 mm aus PU-Schaum-Streifen als Verletzungsschutz

Beide Varianten wurden an der EMPA nochmals auf die Trittschallqualität überprüft - mit deutlich besserem Ergebnis (Resultate siehe folgendes Kapitel). Variante 1 wurde im Anschluss für alle weiteren Konstruktionen als Standard gewählt. Um Wärmebrückeneffekte zu minimieren, wurden anstelle der stirnseitigen PU-Schaum-Streifen Phenolharz-Streifen mit einem Lambda-Wert von 0.025 W/(Km) verwendet. Je nach Anforderungen an den U-Wert wird dasselbe Material auch für die nötige Auffüllung von Restflächen bei der Verlegung mit Standard-VIP-Formaten verwendet.

Um eine best- und schnellstmögliche Verarbeitung und Verlegung vor Ort zu gewährleisten, hat man sich - abweichend vom ursprünglichen Ziel - darauf geeinigt, die ummantelten VIP-Elemente und das Fussbodenheizungssystem R25 bis zur Verlegung vor Ort getrennt zu fertigen und zu liefern. Dies ermöglicht eine sehr flexible Anpassung der Fussbodenheizung an die Anforderungen vor Ort (geometrische Randbedingungen, Trittschall, U-Wert) und garantiert gleichzeitig einen maximalen mechanischen Schutz der VIP-Elemente. Am Einbauort werden also zunächst die geschützten VIP-Elemente verlegt und die Restflächen mit alternativem Isolationsmaterial ergänzt. In einem weiteren Arbeitsschritt wird das R25-System aufgebracht und mit den VIP-Elementen mit Klebemörtel fest verklebt (siehe Bilder 1 bis 6 im anschliessenden Kapitel).

4. Ergebnisse und Diskussion

Für die gewählte Konstruktionsvariante - wie im vorangehenden Kapitel beschrieben - ergaben sich für die wichtigsten Parameter des Pflichtenheftes die nachfolgenden IST-Werte. Bei der exakten U-Wert-Berechnung des Fussbodenheizungssystems wurde u.a. berücksichtigt, dass aufgrund der Standard-VIP-Formate immer eine gewisse Restfläche (Annahme 10 %, siehe auch Bild 4) mit alternativen Dämmmaterialien bestückt werden muss. In Bild 7 im Anhang sind alle übrigen Annahmen inklusive Berechnung ausführlich dokumentiert.

Variante „2 x 4 mm Polyesterfaserplatte“	Altbau über unbeheizt	Altbau über beheizt	Neubau über unbeheizt	Neubau über beheizt
U-Wert SOLL	0.400 W/m ² K	0.800 W/m ² K	0.200 W/m ² K	0.600 W/m ² K
IST	0.372 W/m ² K	0.621 W/m ² K	0.218 W/m ² K	0.621 W/m ² K
Trittschalldämmung SOLL*	-	ΔL_W 22 dB	-	ΔL_W 27 dB**
IST	ΔL_W 18 dB***	$\Delta L_W > 18$ dB	$\Delta L_W < 18$ dB	$\Delta L_W > 18$ dB
VIP-Dicke IST	20 mm	10 mm	40 mm	10 mm
Aufbauhöhe total SOLL	< 45 mm	< 35 mm	< 60 mm	< 40 mm
IST	53 mm	43 mm	63 mm	43 mm

* Trittschallverbesserung gegenüber Referenzdecke (rohe Betondecke 200 mm, ΔL_W 70 dB)

** entspricht gemäss SIA 181 dem zweitstrengsten Anforderungswert L' von 43 dB (Skala von 38 bis 63 dB)

*** der gleiche Aufbau ohne R25-System ergab bei einer VIP-Dicke von 20 mm eine Verbesserung von 21 dB. Bei der oberseitigen Verwendung der speziellen Trittschallmatte Softsonic (d.h. 4 mm Multimoll unten plus 4 mm Softsonic oben) ergab sich ein unwesentlich besserer Wert von 22 dB.

Tabelle 2: Wichtigste IST-Werte für das entwickelte VIP-Fussbodenheizungselement im Vergleich zu den SOLL-Werten gemäss Pflichtenheft vom 22.2.2006. Details zu den U-Wertberechnungen finden sich in Bild 7 und Bild 8 im Anhang.

Diskussion Trittschall

Die sehr strengen Werte im Pflichtenheft bezüglich Trittschall können nicht eingehalten werden. Auch der Einsatz der zusätzlichen Trittschallmatte Softsonic bringt die notwendige Trittschallverbesserung nicht. Jedoch wird mit den zweimal vier Millimetern Polyesterfaser-Verletzungsschutz bereits eine hervorragende Verbesserung des Trittschalls von ΔL_W 21 dB erreicht. Mit dem festen Verbund zwischen VIP-Element und R25-System (ist Voraussetzung für Produkt) fällt die Trittschallverbesserung wieder auf 18 dB zusammen. Doch bereits dieser Wert kann als ausreichend gewertet werden und genügt für den Sanierungsfall vollkommen. Tabelle 3 zeigt die verschiedenen Trittschallanforderungen je nach Nutzung im Senderraum (Emissionsseite) in Kombination mit einer dreistufigen Lärmempfindlichkeit im Empfangsraum (Immissionsseite). Die Trittschallreduktion gemäss Pflichtenheft für Neubauten von ΔL_W 27 dB entspricht einem Anforderungswert L' von 43 dB (70 dB minus 27 dB). Dieser ist bei starker bis sehr starker Lärmbelastung und gleichzeitig bei hoher bis mittlerer Lärmempfindlichkeit erforderlich; Konstellationen, welche beispielsweise im Wohnungsbau nie vorkommen. Wenn nun in Einzelfällen dennoch höhere Trittschallreduktionen gefordert werden, kann diese bei vorliegender Konstruktion jederzeit in einer separaten Unterkonstruktion gelöst werden.

Lärmbelastung	klein	mässig	stark	sehr stark
Beispiele für emissionsseitige Raumart und Nutzung (Senderraum)	Archiv, Warte-, Leserraum	Wohn-, Schlafräum, Küche, Bad, WC, Büro, Heiz- und Klimaraum, Korridor, Treppe, Laubengang, Passage, Terrasse, Einstellgarage	Restaurant, Saal, Schulzimmer, Kinderkrippe, Kindergarten, Turnhalle, Werkstatt, Musikübungsraum und zugehörige Erschliessungsräume	Die in der Stufe «stark» festgehaltenen Nutzungen, wenn diese auch in der Nacht von 19.00 h bis 07.00 h vorkommen.
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte L'			
gering	63 dB	58 dB	53 dB	48 dB
mittel	58 dB	53 dB	48 dB	43 dB
hoch	53 dB	48 dB	43 dB	38 dB

aus SIA 181, 2005

Tabelle 3: Mindestanforderungen an Trittschalldämmung. Lesebeispiel: 43 dB entspricht einer Schallreduktion um 27 dB bezüglich einer rohen Betondecke von 70 dB Schallreduktion. Quelle: aus [3].



Diskussion U-Wert und Aufbauhöhe

Gemäss Tabelle 2 werden in zwei (Neubau) von vier Fällen die geforderten U-Werte leicht überschritten. Dabei orientieren sich die Konstruktionen weniger am Erreichen des exakten U-Wertes, sondern mehr an der Verwendung von marktüblichen VIP-Elementen mit Dicken von 10 bis 40 mm. Dadurch werden die Anwendungsbereiche ‚Altbau über beheizt‘ und ‚Neubau über beheizt‘ mit derselben Konstruktion realisiert, da VIP-Elemente mit einer Dicke weniger 10 mm nicht standardmässig verfügbar sind und daher sogar teurer sein dürften. Bei allen vier Anwendungsvarianten werden z.T. aus diesem Grund die gewünschten Aufbauhöhen überschritten. Es liegt ein Trade-off zwischen Trittschalldämmung, U-Wert und Aufbauhöhe vor, der je nach konkreter Anforderung zugunsten eines bestimmten Zielwertes verschoben werden kann. Jedoch ist mit gewählter Konstruktion die Aufbauhöhe von 43 mm (Variante 2 und 4) nicht unterbietbar, da andernfalls der mechanische Schutz der VIP-Elemente nicht mehr gewährleistet ist. Dieser hat in jedem Fall oberste Priorität.

Diskussion Praxistauglichkeit

Bis anhin wurden zwei Versuchsräume mit der entwickelten Fussbodenheizung ausgelegt. Die eine Fläche von 12 Quadratmetern wurde bereits über mehrere Monate täglich auf ca. 85 bis 90°C aufgeheizt und mit Frischwasser abgekühlt. Bis zum heutigen Zeitpunkt sind keinerlei Schäden oder Spannungsrisse aufgetreten. Die zweite, ähnlich grosse Fläche wurde vor gut drei Wochen verlegt und mit Sensoren zur Aufzeichnung von VIP-Innendruck, Oberflächentemperaturen und -feuchtigkeit bestückt. Aufgrund der Messergebnisse der kommenden 18 Monate kann beurteilt werden, wie gut die Dämmleistung der VIP bei ständig schwankender Temperaturbelastung erhalten bleibt. Diese Ergebnisse werden später in einem separaten Bericht z.H. des Bundesamtes für Energie festgehalten.

Bei der Verlegung vor Ort hat sich gezeigt, dass die Trennung von VIP-Element und Fussbodenheizung R25 grosse Vorteile bringen; eine Anpassung an ungünstige Raumgeometrien ist ohne Probleme möglich. Um nicht zu viele Restflächen an minderwertigere Dämmmaterialien zu vergeben, ist es jedoch wichtig, mindestens drei verschiedene VIP-Formate zur Verfügung zu haben. In der U-Wert-Berechnung wurden diese Restflächen pauschal mit 10 % berücksichtigt, was bei günstigen Raumgeometrien und grossen Räumen deutlich unterboten werden kann. Jedoch kann nicht gewährleistet werden, dass die alternative Dämmung die Qualität von Phenolharz (λ -Wert = 0.025 W/mK) aufweist. Zudem gilt es bei der Verlegung in jedem Fall, auf saubere Verarbeitung der Fugen und Stösse zu achten und damit Wärmebrücken weitestgehend zu verhindern.

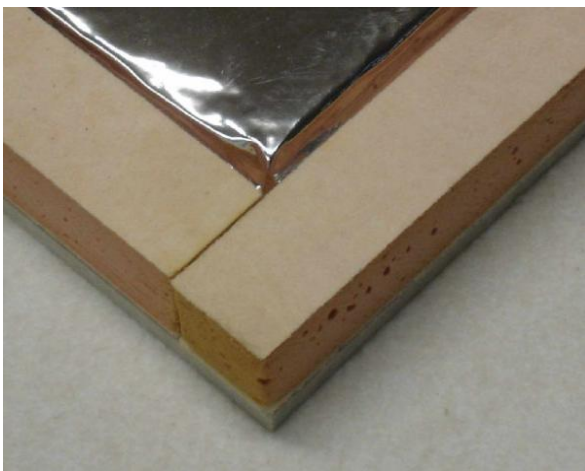


Bild 1: Konstruktionsaufbau des mechanischen VIP-Schutzes: 4 mm Entkoppelplatte aus Polyesterfasern, hier nur unterseitig, 2 cm Randstreifen aus Phenolharz.

Bildquelle: neofas AG, Ende 2006.



Bild 2: Schnitt durch ein VIP-Element mit beidseitigem Schutz aus Entkoppelplatten aus Polyesterfasern, totale Aufbauhöhe 28 mm.

Bildquelle: Dr. Eicher+Pauli AG, 5.11.2007.



Bild 3: Testraum für Feldmessungen: 15 m² VIP-Elemente mit beidseitigem Schutz, bestückt mit Druck-, Temperatur- und Feuchtesensoren.

Bildquelle: Dr. Eicher+Pauli AG, 5.11.2007.



Bild 4: Testraum für Feldmessungen: Auffüllung von Restflächen mit alternativem Dämmmaterial.

Bildquelle: Dr. Eicher+Pauli AG, 5.11.2007.

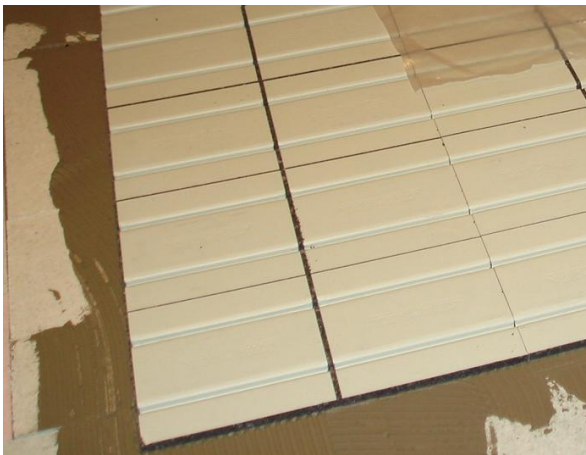


Bild 3: Testraum für Feldmessungen: Aufbringung der Fussbodenheizung R25-System und Verklebung mit VIP-Elementen.

Bildquelle: neofas AG, 6.11.2007.

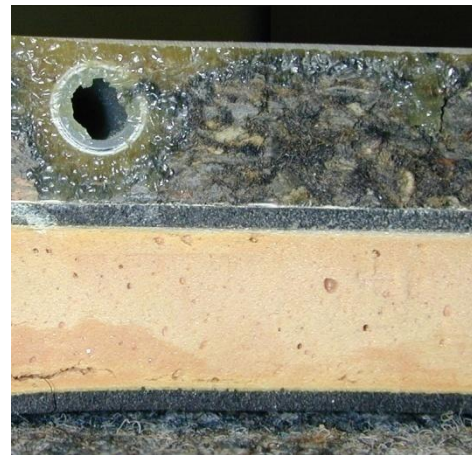


Bild 6: Schnitt durch ein einbaufertiges FBH-VIP-Element, totale Aufbauhöhe 51 mm.

Bildquelle: Tobler Haustechnik AG, Ende 2006.

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Projekt konnte nach knapp drei Jahren erfolgreich abgeschlossen werden. Am Ende konnten für nahezu alle auftretenden Probleme eine Lösung gefunden werden. Auch wenn das Produkt nicht alle ursprünglichen Zielvorgaben erfüllt, konnte eines der Hauptziele voll und ganz umgesetzt werden: Ein mechanisch vollständig geschütztes VIP mit hervorragenden Trittschalleigenschaften, welches für Anwendungen im Fussbodenbereich sehr geeignet ist.

Während der kommenden rund 18 Monate wird im Rahmen eines anderen Projekts durch die Dr. Eicher+Pauli AG die Entwicklung des VIP-Innendruckes an sechs Paneelen mittels vorinstallierten Drucksensoren verfolgt. Parallel dazu werden auch die direkt angrenzenden Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen aufgezeichnet. Mit Hilfe dieser Messungen sollen die Auswirkungen von wechselnden Temperaturen auf die Lebensdauer von Vakuumdämmungen beurteilt und mit den Ergebnissen in [1] und [2] in Kontext gesetzt werden.

Referenzen

- [1] IEA/ECBCS Annex 39 (2005): **VIP - Study on VIP-components and Panels for Service Life Prediction of VIP in Building Applications**, Subtask A report. Download: www.vip-bau.ch.
- [2] IEA/ECBCS Annex 39 (2005): **Vacuum Insulation in the Building Sector - Systems and Applications**, Subtask B report. Download: www.vip-bau.ch.
- [3] Norm SIA 181: **Schallschutz im Hochbau**, Zürich 2005.



Anhang

U-WERT-BERECHNUNG

Variante "2 x 4mm Polyesterfaserplatte" mit VIP-Element der neofas AG: Altbau über unbeheizt				
Rohrabstand	300.0 mm	Paneellänge	1.2 m	
Rohrdurchmesser	11.6 mm	Paneelbreite	0.6 m	
Dicke Stramax R25 total	25.0 mm			
Dicke Teppich zw. Rohr	15.0 mm			
Dicke Teppich unter Rohr	5.0 mm			
Lambda-Wert Teppich	80.0 mW/mK	Autoteppich aus Polyesterfasern		
Dicke Vakuumdämmung	20.0 mm			
Lambda-Wert VIP	6.0 mW/mK			
Lambda-Wert Schutz stirnseitig	25.0 mW/mK	Phenolharz		
Breite Schutz stirnseitig	20.0 mm			
Dicke Trittschalldämmung / Schutz	8.0 mm	Polyesterfaserplatte		
Lambda-Wert Trittschalldämmung /Schutz	80.0 mW/mK			
Flächenanteil Restflächen	10%			
Lambda-Wert Restflächendämmung	25.0 mW/mK	z.B. Phenolharz		
U-Wert-Berechnung:				
	Flächenanteil von 1200 x 600 mm	U-Wert	part. U-Wert	part. U-Wert sim
Zone 1 (Fläche mit Heizungsrohr)	4%	0.286	0.012	0.012
Zone 2 (Fläche zw. Heizungsrohr)	77%	0.271	0.209	0.209
Zone 3 (Randflächen für Schutz)	9%	0.730	0.066	0.024
Zone 4 (Restflächen)	10%	0.521	0.052	0.052
				psi-Wert:
Aufbauhöhe total	53.0 mm			0.02378
U-Wert total	0.338 W/m ² K			0.372
				0.908
	40°C	32°C		

Bild 7: U-Wert-Berechnung des entwickelten VIP-Fussbodenheizungselements am Beispiel für den Einsatz im ‚Altbau über unbeheizt‘. Die Berechnungen gelten für das Standardelement der Masse 600 mm x 1'200 mm. In der hintersten Spalte der U-Wert-Berechnung findet sich der Rechenwert von 0.372 W/(m²K). Dieser berücksichtigt den Wärmebrückeneffekt der umlaufenden Phenolharz-Schutzstreifen (Zone 3 in der Schemazeichnung, siehe Bild 8 auf der folgenden Seite) und liegt rund 9 % über dem Wert von 0.338 W/(m²K) ohne Berücksichtigung der Wärmebrücken. Bei kleineren VIP-Elementen vergrößert sich dieser Effekt, weshalb darauf geachtet werden sollte, möglichst die gesamte Raumfläche mit den Standard-VIP-Elementen auszulegen.

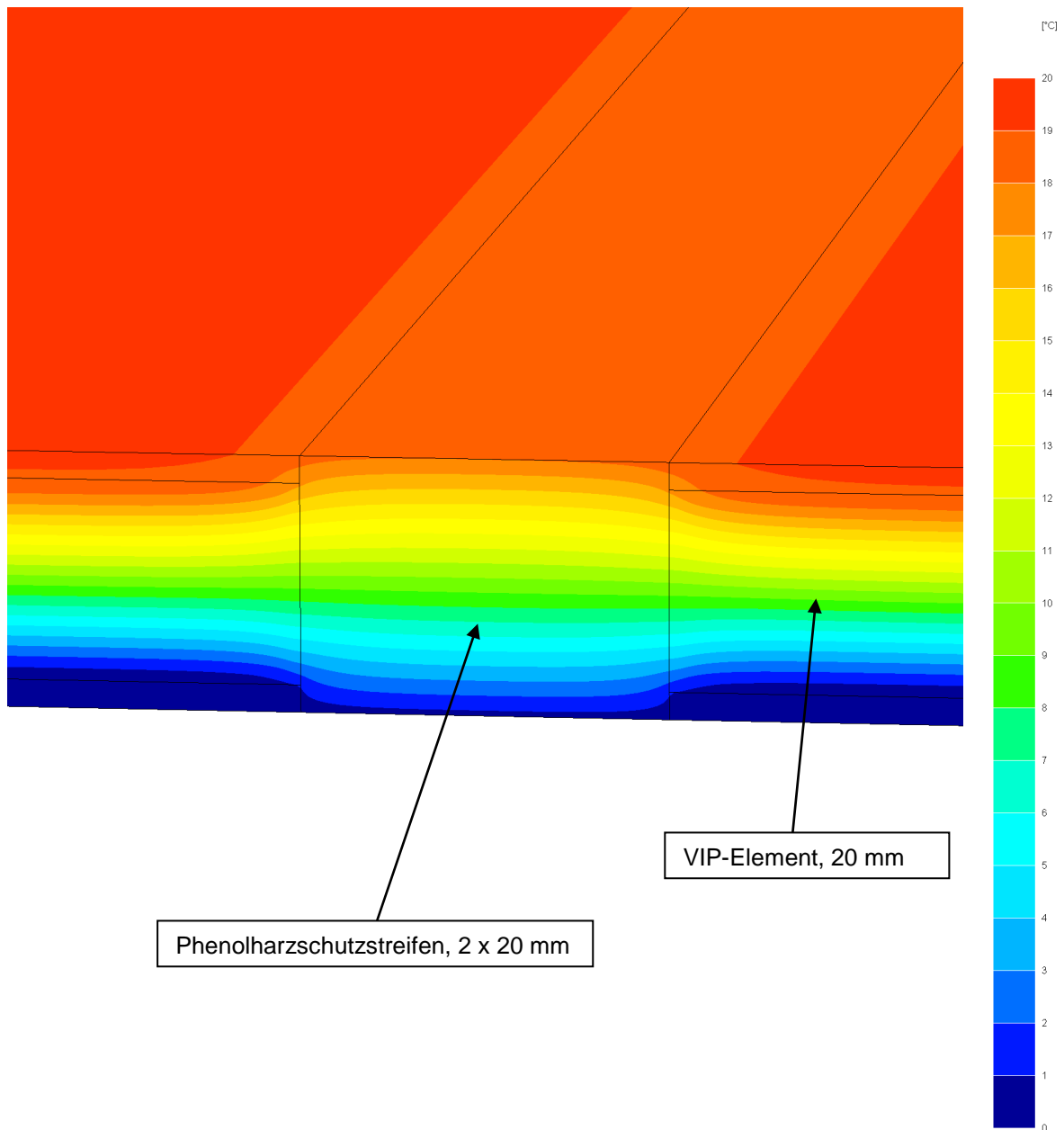


Bild 8: Simulationsrechnung zur Bestimmung des Wärmebrückeneffektes des 20 mm breiten Phenolharz-Schutzstreifens, welcher ein 20 mm dickes VIP umschließt (Zone 3 in der Schemazeichnung von Bild 8). Im Bild ist der Schnitt durch die Stossfuge zum angrenzenden VIP dargestellt (daher Phenolharzstreifen in der Mitte insgesamt 40 mm breit). Die Temperaturrandbedingungen mit 30°C auf der Warmseite und 0°C auf der Kaltseite entsprechen einer Temperaturdifferenz von 20 K, welche etwa auch für eine Fussbodenheizung gegen unbeheizt resp. Erdreich gilt (32°C gegen 12°C).



KONSTRUKTIONSEVALUATION IM ERSTEN PROJEKTJAHR

Im ersten Projektjahr 2006 wurden drei Konstruktionen durch die Tobler Haustechnik AG gefertigt und bezüglich mechanischem Schutz beurteilt:

Konstruktion	Konstruktionsaufbau	Urteil
A	20 mm VIP Verletzungsschutz Flächen und Stirnseiten: 1 mm Glasfaser-Vlies, vollflächig verklebt	Schutz ist ungenügend, kann auf dem Bau nicht eingesetzt werden
B	20 mm VIP Verletzungsschutz Fläche: Beidseitig 4 mm Entkop- pelungsplatte aus Polyesterfasern (hart) Montageschutz stirnseitig: Dichtungsband	Schutz ist genügend, die Verarbeitung müsste noch verbessert werden
C	20 mm VIP Verletzungsschutz Fläche: Beidseitig 4 mm Entkop- pelungsplatte aus Polyesterfasern (hart) Verletzungsschutz stirnseitig: PU-Schaum	tauglich

Bei der EMPA wurden anschliessend folgende vier Konstruktions-Varianten auf ihre Trittschallredukti-
onseigenschaften überprüft. Dabei entspricht die bezüglich mechanischem Schutz als tauglich befunde-
ne Konstruktion C der Variante 03:

Variante	Konstruktionsaufbau	Dicke	Trittschall- reduktion, LW
01	R25-Systemplatte mit 20 mm VIP Verletzungsschutz Fläche: Beidseitig 2.5 mm Trittschall- Gummiplatte Verletzungsschutz stirnseitig: PU-Schaum	48 mm	16 dB
02	R25-Systemplatte aus Polyesterfasern, mit PU- Deckvergussmasse abgedeckt, ohne VIP	23 mm	15 dB
03	R25-Systemplatte mit 20 mm VIP Verletzungsschutz Fläche: Beidseitig 4 mm Entkoppelungsplatte aus Polyesterfasern (hart) Verletzungsschutz stirnseitig: PU-Schaum	51mm	16 dB
04	R25-Systemplatte mit 20 mm VIP Verletzungsschutz Fläche: Oberseitig 4 mm Entkoppelungsplat- te aus Polyesterfasern (hart) unterseitig: 4 mm Multimoll-Trittschallmatte (weich), Dichte: 1'275kg/m ³ Verletzungsschutz stirnseitig: PU-Schaum	51mm	18 dB

Ein Auszug aus den Ergebnissen der Trittschallmessung für die Variante 04 ist auf der folgenden Sei-
te dargestellt.

Gegenstand: Fussbodenheizplatte Stramax R25 / Typ 4
 Entwicklungsmessung

Messung: Prüfraum 13, Volumen: 51 m³
 Temperatur: 20 °C relative Luftfeuchtigkeit: 75 %

Datum: 06.09.2006

Entwicklungsmessung

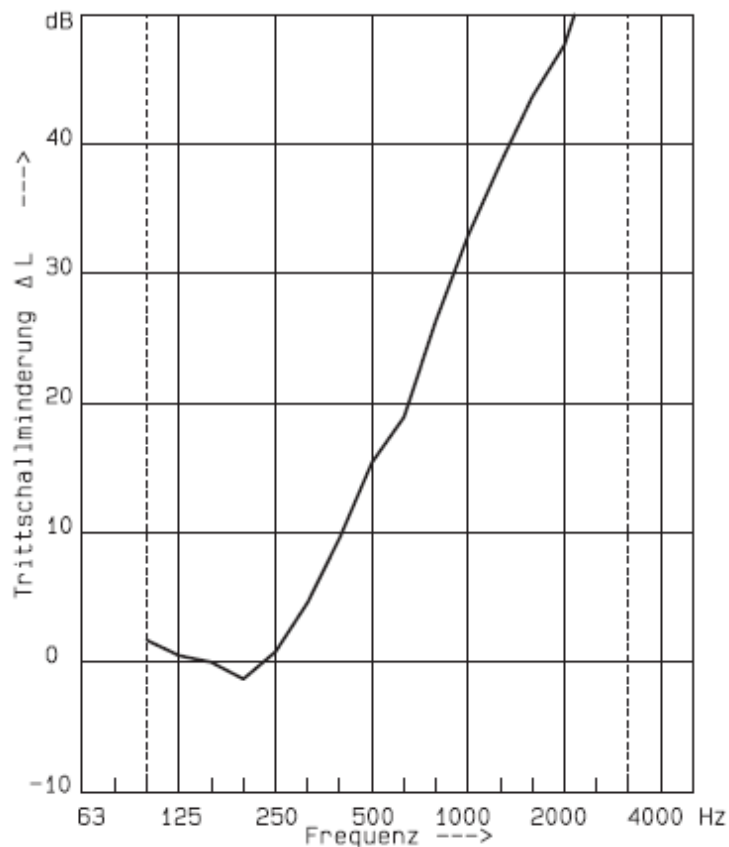
$L_{n,r,w} = 60$ dB
 Max. Abw.: 8 dB bei 200 Hz
 $\Delta L_w = 18$ dB $C_{I,r} = 1$ dB
 $\Delta L_{lin} = 6$ dB $C_{I,\Delta} = -12$ dB

Frequenz [Hz]	ΔL [dB]	$L_{n,r}$ [dB]
100	1.7	65.3
125	0.5	67.0
160	0.0	68.0
200	-1.3	69.8
250	0.8	68.2
315	4.6	64.9
400	9.6	60.4
500	15.4	55.1
630	18.9	52.1
800	26.4	45.1
1000	33.0	39.0
1250	38.5	33.5
1600	43.7	28.3
2000	47.7	24.3
2500	55.4	16.6
3150	59.2	12.8
4000	61.0	11.0
5000		

ΔL : Trittschallminderung

Messung: EN ISO 140-8 (1997)
 Bewertung: EN ISO 717-2 (1996)

Sender: Norm - Hammerwerk Empfang: Terzbandfilter



Auftraggeber:
 Tobler Haustechnik AG, CH-8902 Urdorf

Nr.4