



Haus der Zukunft

eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)

1. Zwischenbericht

erstellt am
26/05/2007

Erste Altbausanierung auf Passivhausstandard mit VIP's

Projektnummer 812250

AuftragnehmerIn:
TB-Panic

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Ausschreibung	5. Ausschreibung der Programmlinie Haus der Zukunft
Projektstart	01/06/2006
Projektende	30/11/2007
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	18 Monate
Gesamtbudget	€ 441.000,-
BMVIT-Finanzierung:	€ 44.000,-
Auftragnehmer (Institution)	TB-Panic
Ansprechpartner	Emanuel Panic
Postadresse	Blindenmarkt 7, 4600 Schleißheim
Telefon	07242-2069961
Fax	07242-908190
E-mail	office@tb-panic.at
Website	www.tb-panic.at

Kurzfassung- Teil A

Motivation

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂ - Emissionen im Kyotomaßnahmenpaket dar. Hierbei ergibt sich die Chance, sanierungsbedürftige Gebäude gleich auf einen hohen Standard hinsichtlich Energieeffizienz und Nutzerkomfort zu bringen.

Neben dieser klimapolitischen Motivation steht auch die Philosophie im Mittelpunkt zuerst alte Gebäude zu Sanieren bevor unbebaute Flächen versiegelt werden. Zudem entspricht das ca. 1854 errichtete Bauernhaus, mit einer Energiekennzahl von ca. **387 kWh/m²a** nicht mehr den Vorstellungen von zeitgemäßem Wohnen, weshalb eine Generalsanierung notwendig war.

Um aus architektonischer Sicht die Dämmstärken zu minimieren, fiel die Entscheidung für die Verwendung von Vakuumdämmung. Im Bereich des Altbaues ist so nur eine zusätzliche Stärke von ca. 14 cm notwendig, um Passivhausstandard zu erreichen.

Inhalt

Der Inhalt des Projektes besteht in der Demonstration der Sanierungsmöglichkeit eines Bauwerkes des 19 Jhd. auf Passivhausstandard unter Berücksichtigung von hygrischen Vorgängen sowie in der Demonstration des Einsatzes von Vakuumdämmung.

Beabsichtigte Ziel

Ziele des Projektes sind:

- Weiterentwicklung von wärmebrückenfreien Details im Altbestand unter Einbindung der bestehenden bäuerlichen Infrastruktur und des alten Mauerwerkes.
- die Montage von VIP im Wandbereich zu verbessern
- vorgefertigte Holzwände mit Vakuumdämmung zu erstellen
- die Austauschbarkeit von Vakuumpaneelen zu gewährleisten
- Untersuchung von Bauteilen mit Vakuumbauteile auf das Feuchtverhalten unter instationären (realen) Bedingungen
- Untersuchung und Erstellung einer kostengünstigen und dauerhaften Holzfassaden mittels der Beschichtung Thermoshield

Methoden

Zur Erreichung der Ziele werden neben den üblichen Planungsinstrumenten Wärmebrückensimulationen und gekoppelte Wärme-Feuchte-Simulationen eingesetzt, hygrische Messungen und eine fortlaufende Qualitätssicherung mittels Thermografie und Luftdichtheitsmessung durchgeführt.

Kurzfassung- Teil B

Vorläufige Ergebnisse

Montage von Vakuumpaneelen

Vakuumdämmung wurde an Fassaden mittels Klemmleisten, im Dachbereich mittels Vergußverfahren und teilweise als WDVS-System befestigt.

Die Toleranzen von Vakuumpaneelen sind vor allem bei großen zusammenhängenden Flächen zu berücksichtigen. Durch die Toleranzen des Rohbaues (Elemente, Fenstereinbau) ist einer Naturmaßnahme der Vorzug gegenüber der Bestellung nach Planmaßen zu geben, da einzelne nicht passende Vakuumpaneele die Fertigstellung verhindern.

Die mechanische Belastbarkeit der Verbundfolien bei Vakuumpaneelen ist grundsätzlich sehr hoch. Die Baustellentauglichkeit ist gegeben. Der Umgang mit Vip´s ist jenem von Glas vergleichbar. Aus handwerklicher Sicht ist für sorgfältige Handwerker eine Verarbeitung problemlos durchführbar. Durch die Klemmtechnik ist ein problemloser Austausch von Vakuumpaneelen möglich.

Aufgrund der Erfahrungen bei der Errichtung des Zubaus hat sich nun die Sinnhaftigkeit in der Erstellung von „2-Mann-Elementen“ heraus kristallisiert.

Wärmebrückensimulationen

Im Bereich des Neubaus konnten alle Anschlüsse Wärmebrückenfrei geplant werden. Im Bereich des Altbaus werden die Anschlüsse so gestaltet, dass es zu keiner Tauwasser- oder Schimmelbildung kommt. Die Anschlüsse wurden optimiert und die entsprechenden Wärmebrückenzuschläge in die Energiebilanzierung aufgenommen.

Wärme-Feuchte-Simulationen

Der Einbau von Feuchtigkeitssperren unter altem Mauerwerk ist bei entsprechender Planung nicht zwingend notwendig. Das äußere Aufbringen von Vakuumdämmung an altem Mauerwerk kann möglicherweise zu Bauschäden führen. Hier kann der Zeitpunkt der Montage Ausschlag gebend sein. Es wird versucht hier noch entsprechende Lösungen zu entwickeln, bzw. werden die hygrischen Messungen konkrete Daten liefern.

OSB-Platten-Fassade mit Thermoshield Beschichtung

Die endokeramische Beschichtung Thermoshield zeigt im Bewitterungsversuch bis dato keine Abnutzungserscheinungen.

Vorläufige Schlussfolgerung

Der Einsatz von Vakuumdämmung im Neubau und bei der Sanierung ist technisch und praktisch lösbar. Die bisherigen Erkenntnisse schaffen weitere Grundlagen um zu einer „allgemeinen Tauglichkeit“ für Handwerksbetriebe zu gelangen. Um Bauschadenfreiheit zu Garantieren sind bei der Planung Simulationen unerlässlich. Zur Überprüfung von hochgedämmten Bauteilen mittels Thermografie sind neue Meßmethoden zu entwickeln.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG- TEIL A	3
MOTIVATION	3
INHALT	3
BEABSICHTIGTE ZIEL	3
METHODEN	3
KURZFASSUNG- TEIL B	4
VORLÄUFIGE ERGEBNISSE	4
Montage von Vakuumpaneelen	4
Wärmebrückensimulationen	4
Wärme-Feuchte-Simulationen	4
OSB-Platten-Fassade mit Thermoshield Beschichtung	4
VORLÄUFIGE SCHLUSSFOLGERUNG	4
INHALTSVERZEICHNIS	5
1. EINLEITUNG	7
Problembeschreibung	7
Interessen für die Programmlinie Haus der Zukunft	7
1.1 SCHWERPUNKT DER ARBEIT	7
1.2 VORARBEITEN UND ANDERE PROJEKTE	8
2. EINFÜHRUNG	9
2.1 ARBEITS- UND PLANUNGSABLAUF	10
2.2 METHODEN UND DATEN	10
3. PROJEKTBERICHT	11
3.1. ALLGEMEIN	11
3.2 MONTAGEABLAUF VIP	13
3.2.1 Montage von VIP – Mechanische Befestigung	13
3.2.2 Montage von VIP – Geklebt	14
3.2.3 Montagekleber	16
3.3 VORGEFERTIGTE HOLZELEMENTE MIT VAKUUMDÄMMUNG	18
3.3.1 Zubau – ausgeführte Variante	20
3.3.2 Altbau – geplante Ausführung	21
3.3.2.1 Kosten für die „2 Mann-Platte“	22
3.3.2.2 Angenommene Mehrkosten gegenüber konventioneller Dämmung	22
3.3.2.3 Mehrkosten und Energieersparnis	23
3.3.2.4 „2-Mann-VIP-Element“ für den Bereich des Altbaues	24
3.3.2.5 Sockel- und Fensterdetail Altbau	25
3.4 AUSTAUSCHBARKEIT VON VAKUUMPANEELN	26
3.4.1 Gründe für das Austauschen von Paneelen	26
3.5 WÄRMEBRÜCKENFREIE BAUTEILANSCHLÜSSE	28
3.5.1.1 Wandelemente – Fuge VIP	28
3.5.1.2 Fensteranschluß	30
3.5.1.3 Sockelanschluß Zubau	31
3.5.1.4 Dachträger	32
3.5.1.5 Südverglasung – Wintergarten	32
3.5.2.1 Sockel Altbau	33
3.5.2.2 Tragende Wände Altbau	34
3.6 WUFI – WÄRME UND FEUCHTE INSTATIONÄR	34
3.6.1.1 Wand Neubau	35
3.6.1.2 Sockel Neubau	37
3.6.2.1 Wand Altbau	38
3.6.2.2 Sockelausbildung Altbau	40
3.7 QUALITÄTSSICHERUNG	43
3.7.1 Luftdichtheitsmessung im Altbau	43
3.7.2 Thermografie Altbau	43

3.7.3 Thermografie Neubau	45
3.8 FASSADEN.....	49
3.9 PHPP	50
3.9.1 Funktionstauglichkeit des Passivhauses mit Vakuumdämmung	52
3.10 HYGRISCHE MESSUNG	52
4. VORLÄUFIGE ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	54
4.1 MONTAGE VON VAKUUMPANEELEN	54
4.2 VORGEFERTIGTE HOLZELEMENTE MIT VAKUUMDÄMMUNG	55
4.3 AUSTAUSCHBARKEIT	55
4.4 WÄRMEBRÜCKENSIMULATIONEN	56
4.5 WÄRME-FEUCHTE-SIMULATIONEN	56
4.6 QUALITÄTSSICHERUNG.....	56
4.7 FASSADEN.....	57
4.9 HYGRISCHE MESSUNG	57
4.10 ZUSAMMENFASSUNG.....	58
AUSBLICK	58
LITERATURVERZEICHNIS	59
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	59
TABELLENVERZEICHNIS	59
ANHANG	59

1. Einleitung

Problembeschreibung

Durch das Zusammentreffen von alter Bauweise mit der hoch diffusionsdichten Vakuumdämmung und dem nicht gewolltem Einbau von horizontalen Feuchtesperren unter den bestehenden Wänden unterscheiden sich diese Konstruktionen wesentlich von denen neuer Bauwerke, wo in der Regel nach dem Grundsatz „Innen diffusionsdicht – Außen diffusionsoffen“ geplant und gebaut wird.

Bei der Verwendung von Vakuumdämmung sind daher zur Sicherstellung der Bauschadensfreiheit und der Dauerhaftigkeit andere Planungsmethoden notwendig.

Interessen für die Programmlinie Haus der Zukunft

Durch die Projektarbeit werden mögliche marktfähige Bauteile entwickelt und eine bauschadensfreie Sanierung von alter Bausubstanz aufgezeigt.

Durch die Art des bestehenden Gebäudes mit Mischmauerwerk aus dem 19 Jhd. ist mit der demonstrierten Technik eine Erweiterung der thermischen Sanierungsmöglichkeit auch auf Bauwerke möglich, deren Sanierung bis dato große Schwierigkeiten bereitete, bzw. wo aus Platzgründen das aufbringen von konventionellen Dämmstoffen nicht möglich war.

Da mit dem Einsatz von innovativen Baustoffen meist auch eine entsprechende Investitions-erhöhung gegeben ist, sollte, um dennoch eine wirtschaftlich positive Bilanz zu erzielen, im Bereich der Wartung und Instandhaltung eine Kostenreduktion möglich sein.

Dies wird in diesem Projekt durch die Entwicklung einer Fertigteilwand mit Vakuumdämmung für Altbauten, einer hochwertigen und günstigen Holzfassade mit Thermoshield Beschichtung, und der kostengünstigen Instandhaltung einer Vakuumdämmfassade durch leichte AUSTAUSCHBARKEIT der Paneele realisiert.

1.1 Schwerpunkt der Arbeit

Die Schwerpunkte der Arbeit liegen im Bereich

Vakuumdämmung:

- Befestigungstechnik für Vakuumdämmung mit leichter Austauschmöglichkeit
- Verminderung der Durchdringungspunkte bzw. wärmetechnisch definierter Fugen
- Wärmebrückenfreie Bauteilanschlüsse, Gebäudefugen, Elementstöße, etc. bzw. der Ermittlung von Wärmebrückenzuschlägen.
- Kostenreduzierung bei der Verarbeitung von VIP's
- Aussagen über das Langzeitverhalten der Konstruktion durch jährliche Thermografie und Luftdichtheitsmessung sowie hygri-sche Messungen

Altbausanierung

- Wärmebrückenfreie und feuchte freie Detailanschlüsse für
 - o Stall mit Gewölbe aus Ziegelmauerwerk
 - o bestehendes Außen- und Innenmauerwerk
- Einbindung des bestehenden Kachelofen und Tischherd ohne Demontage

Fassade

- Errichtung einer **hochwertigen** und **dauerhaften Holzfassade** in Kombination OSB-Platte und der Beschichtung Thermoshield.

1.2 Vorarbeiten und andere Projekte

Vorarbeiten zu den Themen Vakuumdämmung im Passivhaus und Altbausanierung auf Passivhausstandard sind bei den HDZ-Projekten „Erstes Einfamilien-Passivhaus im Altbaustandard am Beispiel EFH Pettenbach/OÖ“, „Demoprojekt - Erste Passivhaus - Schulsanierung, Ganzheitliche Faktor 10“ und „Praxis - und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärmedämmsystemen“ geleistet worden.

Bei den oben angeführten Projekten wurden unter anderen folgende Anwendungen demonstriert:

- Nachträgliche Dämmung einer Kellerdecke mit Vakuumdämmung
- Verlegen von Vakuumdämmung im Vergussverfahren am Flachdach
- 2-lagig Montage von Vakuumdämmung mit Leistentechnik an der Fassade
- Montage von Vakuumdämmung an Stahlbetonsäulen und Trägern
- Wärmebrückenfreie Sockelausbildung im Altbau

Grundsätzliche Erfahrungen mit der mechanischen Befestigung von VIP mittels Klemmleisten konnten bei der Sanierung eines nichtgedämmten Windfanges durch den Autor gemacht werden.

Hier zeigte sich die dort gewählte Befestigungstechnik als ungeeignet.

Als Ergebnis für das eingereichte Projekt konnten folgende Anforderungen definiert werden:

- Fugenabstand zwischen den Paneelen mind. 2 cm um eine Verletzung durch die Verbindungsmittel zu verhindern
- Führen der Schrauben durch ein Schutzrohr, damit die Schraubengänge die Vakuumpaneele nicht beschädigen
- Dämmen der Fugen mit PUR-Dämmstoff
- Ungenaue Faltechnik der Folien führt teilweise zu Maßungenauigkeiten
- Vakuumpaneele sind gegen mechanische Kräfte tolerant, wenngleich dies keine Freigabe für bedenkenlose Verarbeitung ist.

2. Einführung

Das vorhandene Bauernhaus wurde ca. 1854 errichtet (Jahreszahl im Deckenstück des Obergeschoßes) und weist eine Energiekennzahl von **387 kWh/m²a** vor Sanierung auf.

Eine ausreichende Beheizbarkeit war aufgrund des nicht gedämmten Mauerwerkes (Mischmauerwerk aus Ziegel, Steinen, Lehm-Sand-Mörtel) und Fußbodens (Schiffboden, Erdreich), der provisorisch gedämmten Geschoßdecke und der undichten Haustüren nicht möglich.

Untaugliche, Schimmel befallene Kunststoffenster, Sanitäreanlagen aus den 50 - 60er Jahren und der Mangel an Wohnraum (5-köpfige Familie und Bürobetrieb auf 90m²) machen eine Generalsanierung notwendig.

Neben der Sanierung des bestehenden Hausstockes, dem Durchhaus und des ehemaligen Stalles wird auch ein Zubau mit einer Grundfläche von ca. 90 m² errichtet.

Die zukünftige Nutzung umfasst die Wohnbereiche im Zubau und im Obergeschoß, den Bürobetrieb im Erdgeschoß des Altbaues sowie den Zugang/Vorraumbereich im ehemaligem Stallbereich.

Aus architektonischer Sicht wurde eine moderne Holzbaulösung gewählt, deren Leichtigkeit, trotz Passivhaushülle durch die Verwendung von Vakuumdämmung hervorgehoben werden soll.

Im Altbaubereich hätte die Verwendung von konventionellen Dämmstoffen eine Gesamtwandstärke von ca. 90 cm ergeben. Bei einer Fenstergröße von ca. 90 x 130 cm wäre der „Schießschartencharakter“ einer Ritterburg erzeugt worden.

Mit der Verwendung von Vakuumdämmung ergibt sich ein zusätzlicher Aufbau von ca. 14 cm und damit eine Gesamtwandstärke von ca. 75 cm. Der optische Eindruck im Innenraum wird dadurch nicht verändert.

Obwohl das Gebäude nicht unter Denkmalschutz steht, ist es Ansinnen der Bauherren die alte bäuerliche Struktur zu erhalten.

Dazu gehören:

- Funktion des Durchhauses als Durchgang von der Straße in den Garten und Trennung von
- Hausstock und Stall (nach Umbau Trennung von Büro und Wohnung)
- Tischherd und Kachelofen
- Lehmkeller
- Platzlgewölbe im Stall
- Altes Mauerwerk aus der Zeit der Errichtung

Durch den Wunsch nach Erhalt des Ursprungs, wenn auch nur mehr von Innen wahrnehmbar, und der Verwendung von Vakuumdämmung ergeben sich aus bauphysikalischer Sicht entsprechende, nicht gelöste Aufgabenstellungen.

Durch das diffusionsdichten Vakuumpaneel mit einem μ -Wert von ca. 5 000 000, ist eine Feuchtedurchgang nach außen so gut wie nicht möglich. Dementsprechend steigt die Gefahr von Bauschäden durch eingeschlossene Feuchtigkeit, Fehler in der Dampfbremsenebene u. ä.

Verschärft durch die Anforderungen des Passivhauses und der diffusionsdichten Vakuumdämmung, sind daher die Feuchtigkeitsvorgänge in den einzelnen Bauteilen zu untersuchen und auf eine wärmebrückenfreie Konstruktion zu achten.

Die Entscheidung für die Sanierung des bestehenden Bauernhauses auf Passivhausstandard mit innovativen Lösungen im Bereich der Wärmedämmung und Baustoffen für die Außenhülle,

soll Wegbereiter für hochwertige, dauerhafte und wirtschaftliche Lösungen und Produkte sein und deren Sinnhaftigkeit und Leistungsfähigkeit einer breiten Öffentlichkeit zugänglich machen.

2.1 Arbeits- und Planungsablauf

Der grundsätzliche Ablauf stellt sich wie folgt dar:

1. Planung: Statik, Detailplanung, Simulationen für den Neubau, PHPP
2. Abbruch des Tennengebäudes und des Dachstuhles
3. Errichtung des Zubau: Fundamentplatte und Holzbau
4. Errichtung der Dachkonstruktion über dem Altbau
5. Einbau der Haustechnik, Innenausbau und Estrich
6. Übersiedelung vom Altbau in den Neubau
7. Planung: Simulationen für den Altbaubau, Detaillösungen aufgrund der Erfahrungen bei Neubau
8. Sanierung der Hülle des Altbaues
9. Sanierung des EG-Fußboden des Altbaues
10. Fassadenverkleidung

In Folge Fertigstellung des Innenausbau, der Pflanzenkläranlage und Montage einer Photovoltaikanlage sowie die Gartengestaltung.

2.2 Methoden und Daten

Als Werkzeuge für die Planung wurden die

- PHPP - Passivhausprojektierungspakt
- FLIXO - Wärmebrückensimulationssoftware
- WUFI - instationäre Wärme- und Feuchtesimulationssoftware, 1- und 2-dimensional
- Statik und CAD-Zeichenprogramme

verwendet.

Die notwendigen Daten für die Simulationen wurden den Softwareprogrammen, Herstellerangaben und Normen entnommen.

3. Projektbericht

3.1. Allgemein

Die Idee zur Sanierung mit Vakuumdämmung entstand bereits ca. 2002.

Nach Auswahl des Architekten wurde nach ca. 2 jähriger Planungszeit 2004 das Projekteinge-
reicht. und 2005 genehmigt.

Die Einreichung bei der Programmlinie „Haus der Zukunft“ erfolgte im April 2006.

Die Zusage der Förderungswürdigkeit erfolgt im Juli 2006, mit der Einschränkung, dass die
finanzielle Förderung aus budgetären Gründen zurzeit nicht möglich wäre.

Die Zuteilung der Fördermittel erfolgte dann im Jänner 2007.

Der Umstand, dass der Baubeginn nicht verschoben werden konnte und die tatsächliche Zu-
teilung der Förderung ungewiss war, hatte leider Einfluss auf die Art der vorgehensweise der
Errichtung beim Zubau.

Die geplante Fertigung von Holzwandelementen incl. Vakuumdämmung wurde für den Neu-
bau auf die Fertigung ohne Vakuumdämmung reduziert. Die Vakuumdämmung wurde nach-
träglich vor Ort angebracht.

Grund für die Änderung war die Frage ob die Vollfertigung von Erfolg gekrönt gewesen wäre
oder es zu evtl. Beschädigungen der Vakuumpaneele kommt.

Da hier das finanzielle Risiko zu hoch gewesen ist, wurde die Montage vor Ort gewählt.

Dieser zuerst enttäuschende Beginn hat aber wahrscheinlich mehr an Erfahrung gebracht, als
es bei Vollfertigung der Fall gewesen wäre.

Bisheriger Bauablauf



Objekt vor Umbau



Versuch der Schaffung
eines überdeckten Ar-
beitsplatzes



Durch Unachtsamkeit wurde
die Dachkonstruktion ein
Fall für die Schwerkraft



Errichtung der
Fundamentplatte für den
Neubau



Elementfertigung vor Ort



Montage des Zubaues



Montage des Zubaues



Vor Einbringen des Estriches im OG



„Koordination“ der Installation



Montage der Vakuumdämmung



Innenausbau



Montage der Vakuumdämmung



Perimeterdämmung im Bereich des Altbaues



Jetziger äußerer Zustand



Kinderzimmer



Wohnbereich

3.2 Montageablauf VIP

Nach Abbruch des Altbestandes und Errichtung der Fundamentplatte, wurden die Elemente in Holzriegelbauweise mit einseitiger Beplankung gefertigt. Innerhalb einer Woche erfolgte dann die Errichtung des Zubaus, Restabbruch der Dachstuhlkonstruktion über dem Altbestand, Errichtung der Dachkonstruktion und Verlegen der Dachfolien.

Nach Montage der Fenster erfolgte die Verlegung der Vakuumpaneele.

3.2.1 Montage von VIP – Mechanische Befestigung

Die Vakuumpaneele wurden nach Planmaß bestellt. Aufgrund der Lieferzeit von ca. 4 Wochen hätte sich dadurch ein rascherer Baufortschritt ergeben.

Da sich der Montagetermin, witterungsbedingt verschoben hatte, mussten die VIP´s in einer Halle zwischengelagert werden.

Nach Anlieferung von 6 Paletten Vakuumdämmung hätte die Montage beginnen sollen.

Gleich zu Beginn zeigte sich, dass die Paneele zwar alle gekennzeichnet waren, jedoch anscheinend willkürlich verpackt wurden.

Die Positionen waren so gemischt das die Paneele, 299 Stk., 98 unterschiedliche Positionen, zuerst auf der Baustelle vorsortiert werden mussten.

Der Grund dieser „Unordnung“ lag darin, dass durch die unterschiedlichen Paneelgrößen die günstigste Verpackungsanordnung gewählt wurde.

Erkenntnis 1: VIP´s sollten im Herstellerwerk nach fortlaufender Positionen verpackt werden.

Nach erfolgter Sortierung bzw. Teilmontage möglicher Plattenpositionen wurde mit dem Verlegen der Paneele und anschließender Befestigung begonnen.

Dazu mussten die Paneele provisorisch an den OSB-Platten der errichteten Holzriegelwände angeklebt werden.

Da bis zu diesem Zeitpunkt noch Unklarheiten bzgl. des notwendigen Klebstoffes herrschten, wurden unterschiedliche Kleber getestet.

Dies hatte zur Folge dass auch einige Paneele wieder herunterfielen (bis zu 5 m), teilweise defekt wurden aber auch teilweise intakt blieben.

Durch diese Missgeschicke wurde ersichtlich, dass die Vakuumpaneele eine verhältnismäßig hohe Toleranz gegen mechanische Belastungen aufweisen. Dies darf aber zu keinem sorglosen Umgang mit VIP´s führen.

Erkenntnis 2: Vakuumpaneele sind baustellengeeignet.

Nach erfolgter Verlegung wurden die ca. 2 cm breiten Fugen mit PUR-Dämmstreifen ausgefüllt, verklebt, überdämmt und mittels einer 3/5 Holzlatte und entsprechender Verschraubung die Vakuumpaneele mechanisch fixiert.

Damit es durch die Verschraubung nicht zu einer Verletzung der VIP´s kommt, wurden mittels Dämmstoffdübel für WDVS-Fassaden „Führungen“ für die Schrauben erstellt.

Dazu wurden die PUR-Dämmleisten mit den Kunststoffdübeln durchstoßen, die abgeklebten PUR-Dämmungen zwischen den VIP-Paneele und das Klebeband mit einem stumpfen Bleistift „vorgebohrt“ und anschließend die Kunststoffdübel durchgesteckt.

Anschließend wurde der Lochabstand auf der 3/5 Latte angezeichnet, die Holzschrauben durchgebohrt und in die Kunststoffdübel gesteckt und eingeschraubt.

Erkenntnis 3: Die Befestigung von VIP-Paneelen mittels Klemmleisten ist eine einfache, schnelle und sichere Befestigungsmethode.

Nach erfolgter mechanischer Befestigung wurden die Vakuumpaneele mit Styroporplatten überdämmt und die Fassadenlattung aufgebracht.



3.2.2 Montage von VIP – Geklebt

Die Verklebung von Vakuumdämmung wurde an Dach, Wand und Untersicht durchgeführt.

Verklebung im Dachbereich

Hier wurde das bereits bei dem Projekt „Haus Andre“ verwendete Verfahren angewandt.

Auf die Brettstapeldecke mit Bitumenvordeckung wurden 35 mm dicke Vakuumpaneele mit der Vergussmasse Refug 2 K der Fa. Vialit vergossen. Darauf wurden 5 cm EPS geklebt und mit einer 2-lagigen Bitumenbahn abgedichtet.

Im Unterschied zum Haus Andre wurden aus Kostengründen die Paneele und Platten nur streifenförmig angeklebt. Wie der Sturm Kyril gezeigt hat, ist diese Verklebung aus statischer Sicht ausreichend.

Haus handwerklicher Sicht stellt diese Methode grundsätzlich eine einfache Verlegetechnik dar. Durch die geringe Offene Zeit des Klebers von ca. 15 min ist jedoch eine schnelle Verlegung notwendig.

Erkenntnis 4: Für die Verklebung von VIP auf Bitumen ist eine Möglichkeit vorhanden



Streifenförmiges Aufbringen des Klebers auf der Bitumenvordeckung und Verlegen der Paneele



Streifenförmiges Aufbringen des Klebers auf den Vakuumpaneelen und Verlegen der EPS-Dämmung

Verklebung im Wand und Deckenbereich

Hier wurden die Vakuumpaneele mit dem Kleber MS 245 auf die Unterkonstruktion aus Holz geklebt. Darüber wurden 5 cm EPS-F Platten geklebt, welche verputzt werden.

Da die Unterkonstruktion uneben war (Holzpfosten mit aufgenagelter Holzfaserplatte) kam nur der Kleber MS 245 in Frage (siehe auch 2.3. Montagkleber)

In dem Regelwerk für die Erstellung von WDVS ist nur auf neuem Ziegelmauerwerk die Verklebung ohne Dübelung zulässig. Auf allen anderen Untergründen ist eine zur Verklebung zusätzliche Verdübelung notwendig.

Da dies bei Vakuumdämmplatten naturgemäß nicht möglich ist, ist hier eine Konstruktion vorhanden die dem Normenwerk nicht entspricht.

Hinzu kommt noch, dass es für Vakuumdämmungen und auch deren geklebten Sandwichpaneelen keine bauaufsichtliche Zulassung und keine Erfahrung über das Langzeitverhalten gibt.

Als geringstes Risiko aus handwerklicher Sicht, kann die Verwendung von Sandwichpaneelen aus EPS/VIP/EPS angesehen werden, da die Verklebung von EPS auf VIP und die Verklebung von EPS auf Beton/Ziegel grundsätzlich sehr gut funktioniert.

Um in einem möglichen Schadensfall (Rissbildung, Ablösungen, Verformungen, ..) hier als Ausführer und Planer nicht in Haftung zu geraten, ist der Bauherr über dieses Risiko mit allen daraus resultierenden Folgen (Kosten) aufzuklären.

Erkenntnis 5: Verklebungen von VIP als WDVS sind möglich. Die Haftungsfrage ist mit dem Bauherren abzuklären.



Verklebte Paneele an der Untersicht. Große Toleranz bei dreiecksförmigem Paneel durch Verlegefehler



Streifenförmiges Aufbringen des Klebers auf der EPS-Dämmung



Streifenförmiges Aufbringen des Klebers auf den Vakuumpaneelen



Eingangsbereich mit gekleber VIP

3.2.3 Montagekleber

Die Verklebung von Vakuumdämmung ist eine noch nicht ausgereifte Technik. Da es seitens des Herstellers bis Sommer 2006 noch keine wirkliche Empfehlung gab, wurden einfache Klebeversuche durchgeführt.

Als mögliche Kleber standen zuerst die Produkte der Fa. Wakol PUR 270 und 2 Produkte anderer Hersteller zur Verfügung.

Alle 3 Produkte sind jedoch für eine Befestigung an der Fassade aus folgenden Gründen nicht geeignet:

Produkt	Klebekraft	Ursache des Versagens	Einschränkung
PUR 270	Hoch	Keine	Nur für horizontale Verklebung, da keine Anfangshaftung
Hersteller 2	Keine	Keine Haftung auf Folie	
Hersteller 2	Keine	Keine Haftung auf Folie	

Durch einen Schadensfall an einer gedämmten Untersicht mit Vakuumdämmung, Ursache waren Verarbeitungsfehler, wurde ich auf das Produkt der Fa. Meisl, AKV-Kleber, aufmerksam.

Die durchgeführten Klebeversuche waren erfreulich. Der Kleber weist eine ausreichende Anfangshaftung auf und nach Aushärtung nur mehr mit Gewalt zu lösen.

Anfang September 2006 kam die Freigabe seitens der Fa. Wakol für die Kleber PU 270 und NE 479. Eingeschränkt jedoch auf die Folie für normale VACUPOR NT-Platten. Für Vakuumpaneele mit B2-Folie erfolgte noch keine Empfehlung.

Weiters wurde auch der Montagekleber MS 245 Montinator der Fa. Wakol getestet und als brauchbar eingestuft werden.

Übersicht Klebstoffe

Produkt	Haftung	Freigabe durch Hersteller	Langzeit Erfahrung	Verarbeitung	Bemerkung
PUR 270	Sehr gut	ja	nein	Vollflächiges Auftragen mittels Spachtel oder Pinsel, ablüften, zusammenfügen	Nur für horizontale Verklebung und zur Herstellung von Sandwichpaneelen geeignet.
NE 479	Sehr gut	ja	nein	Vollflächiges Auftragen mittels Spachtel oder Pinsel, ablüften, zusammenfügen	Kontaktkleber, kein Einrichten der Paneele möglich
MS 245	Sehr gut	Nein	Nein	Auftragen mittels Kartusche in Streifen, zusammenfügen	Einfache Verarbeitung
AKV	Sehr gut	Nein	Nein	Auftragen mittels Kartusche in Streifen, zusammenfügen	Einfache Verarbeitung

Grundsätzlich stehen somit 4 Kleber zur Verfügung. Für die direkte Montage an Wänden oder Decken vor Ort sind jedoch nur 3 Kleber geeignet, ohne eine Aussage über das Langzeitverhalten machen zu können.

Die für die Dauerhaftigkeit ausschlaggebende Komponente werden mit aller Wahrscheinlichkeit die hygrischen Vorgänge im Bereich zwischen Folie und Untergrund sein. Wie nachfolgende Simulationen zeigen, ist bei manchen Konstruktionen mit hohen Feuchten aufgrund der diffusionsdichten Folie zu rechnen.

Erkenntnis 6: Montagekleber sind für unterschiedliche Anwendungen vorhanden. Langzeitprognosen können nicht abgegeben werden.

Ein weiterer Aspekt sind die Kosten für die Kleber. Je nachdem ob es sich um eine provisorische Verklebung handelt, die nur zur Fixierung des Paneel benötigt wird oder ob eine „dauerhaft“ wirksame Verklebung notwendig ist, sind deutliche Kostenunterschiede vorhanden.

Provisorische Verklebung – Fixierung

Diese wird am besten mit den Produkten MS 245 oder AKV durchgeführt. Je nach Paneelgrößen werden 2 – 6 Klebepunkte aus der Kartusche auf das Paneel aufgebracht und das Paneel verlegt.

Der Verbrauch liegt bei ca. 1 Kartusche pro 10 m². Damit entstehen Kosten im Bereich von ca. 1€/m². Kosten die im Vergleich zum Vakuumpaneel verschwindend sind.

Dauerhafte Verklebung

Bei einer dauerhaften Verklebung ergeben sich folgende Unterschiede

Produkt	Kosten/m ² , netto	Kosten von VIP 30 mm netto	Kosten von VIP 20 mm netto
AKV	Ca. € 15,-	Ca. 13%	Ca. 18%
MS 245	Ca. € 13,-	Ca. 11%	Ca. 15%
PUR 270	Ca. € 4,30	Ca. 0,04%	Ca. 0,05%
NE 479	Ca. € 2,90	Ca. 0,025%	Ca. 0,035%

Der Arbeitsaufwand ist bei sämtlichen Verklebungsarten ähnlich.

Die Klebstoffe AKV und MS 245 können auch bei unebenen Untergründen verwendet werden, die Kleber PUR 270 und NE 479 sind nur für ebene Untergründe geeignet.

Anwendungsmöglichkeiten bzw. Empfehlungen (keine Langzeiterfahrung)

Verklebung	AKV	MS 245	PUR 270 (nur waagrecht)	NE 479
Dauerhaft				
OSB	X	X	X	X
Putz	X	X		
Beton eben	X	X	X	X
EPS/XPS	X	X	X	
VIP				möglicherweise
Unebene Flächen	X	X		
Nur Fixieren				
Wie vor	X	X		

3.3 Vorgefertigte Holzelemente mit Vakuumdämmung

Der ursprüngliche Gedanke von Wandweise vorgefertigten Wandelementen mit werkseitig angebrachter Vakuumdämmung wurde für den Bereich des Neubaues aus unter 1. Allgemein angeführten Gründen nicht verwirklicht.

Dieser Umstand widerspricht zwar auf den ersten Blick dem ursprünglichem Projektgedanken, hat aber Ergebnisse gebracht, die anders nicht erfahren hätten werden können.

Aufgrund der Erfahrungen der Handelstätigkeit mit Vakuumdämmung und den daraus folgenden Rückmeldungen ergeben sich folgende Anforderungen oder Beweggründe, die von/an Bauherren oder Verarbeitern gestellt werden.

a) Preis

Vakuumdämmplatten liegen als alleiniger Baustoff betrachtet auf einem sehr hohen Preisniveau. Ein Preisniveau, das die Anwendung bis dato nur in jenen Bereichen zulässt, wo kein Platz für konventionelle Wärmedämmung möglich ist.

Daher muss darauf geachtet werden, dass andere Systemkomponenten günstige Lösungen darstellen

b) Lieferzeit

Die Bestellung von Vakuumdämmung kann nur nach exakter Festlegung der Abmessungen erfolgen. Die Lieferzeiten betragen ca. 4 Wochen.

Der Gedanke von der Verwendung von Standardpaneelen funktioniert nur bis nahe an das Ende des Elementes oder Bauteiles. Danach ist wieder ein Passstück erforderlich.

Die Variante mit 2-lagiger Verlegung mit Standardpaneelen und Einfügen von konventioneller Wärmedämmung in den Passbereichen bringt wieder eine Verteuerung um ca. € 30,- netto pro m² nur am Material sowie den Mehraufwand für die doppelte Arbeitszeit bei der Verlegung.

Bei Bauteilen mit sehr komplexen Fassadengestaltungen, unterschiedlichen Fensteröffnungen u. ä. steigen bei der Methode mit Passstücken aus PUR/XPS die Anteile an nur 1-fach VIP gedämmte Bereiche. Damit ist auch hier eine zusätzliche Verschlechterung des Gesamt U-Wertes gegeben.

Aus oben genannten Gründen empfiehlt sich daher eine 1-lagige Verlegung und die Bestellung nach Naturmaß.

Bei einer Fertigung von kompletten Wandelementen im Werk ist theoretisch durch den Ausfall einer einzigen Platte die gesamte Montage eines Gebäudes nicht möglich.

Natürlich wäre der Austausch eines schadhafte Paneels auch auf der Baustelle möglich.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wäre es aber für den einzelnen Handwerksbetrieb sinnvoller, den Montagetermin zu verschieben und dafür auf der Baustelle keine unnötigen Gerüst- und Arbeitszeitkosten zu haben.

Aus diesem Grund käme es zu einer Lieferverzögerung von evtl. einigen Wochen.

Würde die Montage jedoch konventionell auf der Baustelle durchgeführt und die Vakuumdämmung nachträglich durch das noch zu beschreibende System verlegt, wären die Arbeiten an der Baustelle nicht aufgehalten.

Weiters wäre man versucht bei der Herstellung der Elemente der Lösung von einfacheren Montageabläufen und Einbau von „Befestigungswärmebrücken“ den Vorzug gegenüber einer wärmebrückenfreien Konstruktion zu geben.

Die Fertigung von großen Fertigelementen bedingt einerseits eine exakte Fertigungsmöglichkeit (EDV gesteuerte maschinelle Ausrüstung) und eine entsprechende Planungsabteilung im Handwerksbetrieb.

Anforderungen die in der Regel nur große Fertighaushersteller aufweisen.

Aufgrund der Branchenkenntnisse des Autors, sind solche Betriebe in der Regel nicht willig, ihr Fertigungskonzept umzustellen. Vor allem deshalb nicht, da dies mit hohen Kosten verbunden ist.

Also bleibt auf den ersten Blick nur ein spezialisierter Betrieb übrig. Dieser Betrieb wäre bzw. ist auch in der Lage solche Anforderungen zu bewerkstelligen. Damit verbunden sind jedoch eine geringe flächendeckende Betreuung oder Verfügung sowie hohe Transportkosten und lange Lieferzeiten.

Eine weitere Möglichkeit und, die nach den gemachten Erfahrungen, sinnvollste Lösung ist die Kombination von:

- a) Konventionelle errichtetem Holz-, Stahl- oder Massivbau
- b) Vorfertigung von kleinen Standardelementen
- c) Nachfertigung der Passtücke

Folgende Vorteile wären damit verbunden:

ad a) Konventionelle errichtetem Holz-, Stahl- oder Massivbau
Hier kann der Bauherr aus dem vollen Angebot an Handwerkern wählen und ist auf keine Spezialfirma angewiesen. Es kommt zu keinen Mehrkosten und der Bauablauf ist nicht behindert. Der Handwerker vor Ort kann das Gebäude errichten

ad b+c) Vorfertigung von kleinen Standardelementen

Mit der Vorfertigung kann bereits nach Abklären der Rohbaumasse begonnen werden. Damit läuft die Fertigung der Fassade parallel zur Fertigung des Objektes. Abhängig von der Art der Fassadenlösung können grundsätzlich Standardpaneele mit den Abmessungen 1,25 x 2,50, Gewicht max. 100 kg = 2 Mann Platte gefertigt werden und sofort nach Fertigstellung des Rohbaues montiert werden.

Nach erfolgter Montage werden die Passtücke geplant, gefertigt und nachträglich montiert.

Die Fertigung der Fassadenelemente mit Vakuumdämmung kann von jedem Zimmereibetrieb mit verantwortungsvollem Personal durchgeführt werden. Es sind keine besonderen oder planerischen Kenntnisse und keine besonderen Maschinen und Hebewerkzeuge notwendig.

Damit ist auch hier eine für den Bauherrn hohe Anzahl von an in Frage kommenden Betrieben vorhanden.

Fassadenlösung

Je nach gewünschtem Bauablauf ist eine Fertigung mit oder ohne fertiger Plattenfassade möglich (Aus Gründen der Austauschbarkeit werden Putzsysteme nicht besprochen). Bei der Fertigung mit fertiger Fassade ist der Beginn der Planung und Produktion erst nach Naturmaßnahme möglich. Bei der Fertigung von Elementen ohne fertige Fassade kann die Fassade wiederum durch einen Betrieb nach Wahl vor Ort fertig gestellt werden.

Zusammenfassend ergeben sich hier wesentliche Vorteile gegenüber der Fertigung von großen Fassadenelementen:

- Keine Spezialfirmen notwendig
 - o Konventionelle Betriebe können die Rohbauhülle errichten
 - o Konventionelle Zimmereibetriebe können die Fassadenelemente mit Vakuum Dämmung planen, herstellen und montieren
 - o Konventionelle Betriebe können die Fassade herstellen
- Keine langen und teuren Transportwege
- Wertschöpfung bleibt in der Region

3.3.1 Zubau – ausgeführte Variante

Bei dem eingereichten Projekt wurde der Wandaufbau wie folgt ausgeführt:
von Innen nach Außen:

- Gipskartonplatte 15 mm
- Holzriegel + Steinwolle dämmung 16 cm
- OSB-Platte 15 mm, außenseitig verklebt
- VIP 30 mm, Stöße verklebt
- Klemmlatte mit PUR-Streifenüberdämmung der VIP-Fugen im Befestigungsbereich dazwischen EPS-20 50 mm Dämmung
- Lattung 3 cm
- OSB-Fassadenplatte

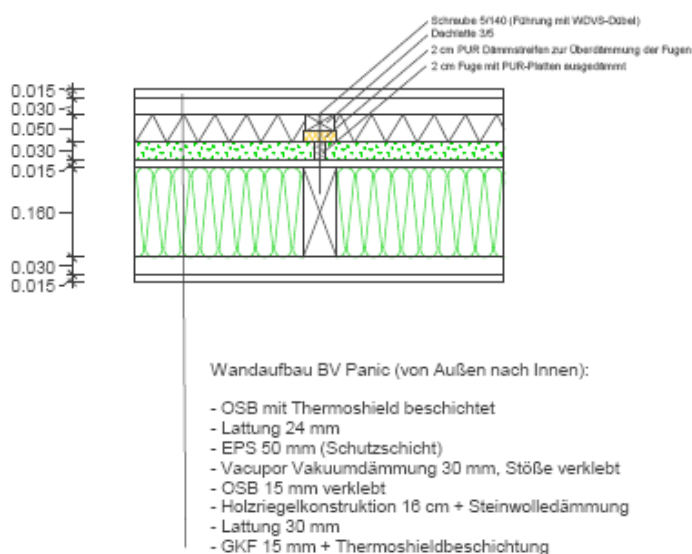
Die Fenster wurden in die Dämmebene der Vakuumdämmung gesetzt.

Der Zubau wurde vor Ort in Wandelementen, bestehend aus Holzriegel und OSB gefertigt.

Die innere Wärmedämmung, Sparschalung und Gipskartonplatten sowie die äußere Vakuumdämmung, Klemmleisten, Styropordämmung und Fassadenlattung wurden nachträglich montiert.

Da die Vakuumdämmung auch gleichzeitig die Dampfsperre für sich selber darstellt, gilt es praktisch „nur“ zu Verhindern, dass innere feuchtwarme Luft nicht durch die Fugen der VIP-Stöße nach außen dringt. Zu diesem Zweck wurde die OSB-Platte an der Außenseite verklebt.

Aus den Erfahrungen der bis dato durchgeführten Arbeiten lassen sich nun für den Altbau jene Aspekte umsetzen, damit die Fertigung und Durchführung mit vorgefertigten Elementen möglich wird.



Ausgeführter Wandaufbau Neubau

3.3.2 Altbau – geplante Ausführung

Wandaufbau im Bereich des Altbaues ist wie folgt geplant:

Von Innen nach Außen:

- Putz Bestand
- Mauerwerk Bestand 30 bzw. 50 cm
- Isolierputz Bestand ca. 10 cm
- Vlies- oder Filzschicht zur Aufnahme des Kondensates, Entscheidung steht noch aus
- Vakuumdämmung 35 mm
- OSB-Platte 15 mm
- Lattung 4/6 + PS 20 60 mm
- Lattung 24 mm
- OSB-Fassade

Im Bereich des Altbaues werden Elemente bestehend aus VIP, OSB, Lattung und EPS erstellt. Diese haben an der Unterseite ein gekröpftes Blechprofil, das in am Untergrund befestigte Schrauben gehängt wird.

Im mittleren und oberen Bereich werden die Elemente mit dem Untergrund verschraubt.

Durch diese Technik ergeben sich eine Fläche von 0,2 % die nicht durch Vakuumdämmung gedämmt ist.

Die Vorteile gegenüber der zu Projektbeginn angedachten und beim Zubau durchgeführten Klemmtechnik sind:

- nur 0,2 % konstruktiv bedingter Fugen anstelle 1,6% (bezogen auf Flächenelemente)
- Paneele lassen sich exakter austauschen, Nachbarpaneele sind nicht gefährdet
- hoher Vorfertigungsgrad unabhängig von der Rohbaukonstruktion
- Elemente können durch Zuschnitt der OSB-Platten an jeden beliebigen Raster angepasst werden.

Durch die Erstellung von vielen gleichen Elementen mit vielen gleichen Vakuumpaneelen ergibt sich wiederum ein preislicher Vorteil.

Die Mehrkosten durch Zuschnitt der OSB-Platten und Schnittverlust kann mit etwa € 1,- für Zuschnitt und bei 20% Verlust mit € 1,50 mit insgesamt € 2,50/m² angenommen werden.

Die Kostenersparnis durch die Erhöhung der Menge an gleichen Vakuumpaneelen liegt z.B. bei:

Vakuumpaneele 35 mm, zu belegende Fläche 100 m²

Annahme: 60 Stk. 10 x 100 cm; 30 Stk. 10 x 90 cm; 30 Stk. 10 x 75 cm;
40 Stk. 100 x 100 cm, 40 Stk. 80 x 60 cm, 20 Stk. 30 x 60 cm;
20 Stk. 90 x 90 cm, 80 Stücke 40 x 30 cm

Kosten pro m² € 116,50 netto

Optimierung auf Raster: 60 Stk. 10 x 100 cm; 30 Stk. 10 x 90 cm; 30 Stk. 10 x 75 cm;
85 Stk. 95 x 95 cm; 40 Stk. 40 x 30 cm; 33 Stk. 45 x 50 cm

Kosten pro m² € 111,13 netto

Differenz € 5,38.

Dadurch ergibt sich eine Ersparnis von ca. € 2,80 pro m². ca. 1,5 % der Gesamtkosten.

3.3.2.1 Kosten für die „2 Mann-Platte“

Diese und ähnliche Einsparungen werden auch nötig sein, um Vakuumdämmung auch in den wirtschaftlichen Bereich zu bringen.

Zurzeit wird Vakuumdämmung dort eingesetzt wo aus technischer Sicht für konventionelle Wärmedämmung kein Platz ist, aus architektonischen Gründen die Höhe konventioneller Dämmstoffe nicht erwünscht ist oder andere technische Lösungen teurer wären.

Als Ersatz für konventionelle Wärmedämmsysteme ist Vakuumdämmung noch viel zu teuer. Ein möglicher wirtschaftlicher Vorteil liegt ist dort vorhanden, wo durch eine Nutzflächenerweiterung mit „hohen“ Quadratmeterpreisen gegen gerechnet werden kann.

3.3.2.2 Angenommene Mehrkosten gegenüber konventioneller Dämmung

Da oben aufgezeigte Elemente noch nicht gefertigt wurden sind natürlich noch keine realen Arbeitszeitrichtwerte vorhanden.

Aufgrund anderer Kalkulationsgrundlagen können die Mehrkosten jedoch wie folgt abgeschätzt werden:

Hausbau konventionell	Kosten	Hausbau mit „2-Mann-Vip-Element“	Mehrkosten
Rohbau/Altbestand	Wie bisher		€ 0,-, Ausführung wie bisher
Fassadendämmung: 2-lagige Lattenrostkonstruktion mit WD und Windbremse, ohne Fassadenunterkonstruktion, U-Wert: 0,15 W/m ² K	€ 68,-	VIP 25mm OSB 15 mm EPS + Lattung 60 mm U-Wert 0,2 W/m ² K	€ 181,-
Fassade	Wie bisher		€ 0,- wie bisher
Mehrkosten- Fassade			€ 113,-/m²
Minderstärke			- 14 cm
Mehrkosten bei Nutzflächenvergrößerung bei Neubau/Stadtgebiet € 2500,-/m²; 2 Geschoße			+ € 5,30/m² Fassade
Variante U-Wert 0,1			
Kosten Fassade	€ 97,-		€ 253
Mehrkosten Fassade			€ 156,-/m²
Minderstärke			- 28,5 cm
Mehrkosten bei Nutzflächenvergrößerung bei Neubau/Stadtgebiet € 2500,-/m²; 2 Geschoße			- € 63/m² Fassade

Kosten ohne Transport und Gerüstung, VIP_{lambda} = 0,007 W/mK (Alterung)

Aus obigem Beispiel ist erkennbar, dass die Mehrkosten beträchtlich sind. Besteht jedoch die Möglichkeit durch die Verwendung von geringer Dämmstärke die Nutzfläche zu Erweiterung, so rechnen sich auch die Mehrkosten der Vakuumdämmung.

3.3.2.3 Mehrkosten und Energieersparnis

Ist an einem bestehenden Objekt das Anbringen von dicker konventioneller Wärmedämmung nicht möglich, so kann mittels Vakuumdämmung der Energieverbrauch wesentlich verringert werden.

Beispiel:

Straßenfassade, 12 x 9 m, max. Dämmstärke 10 cm + Fassade

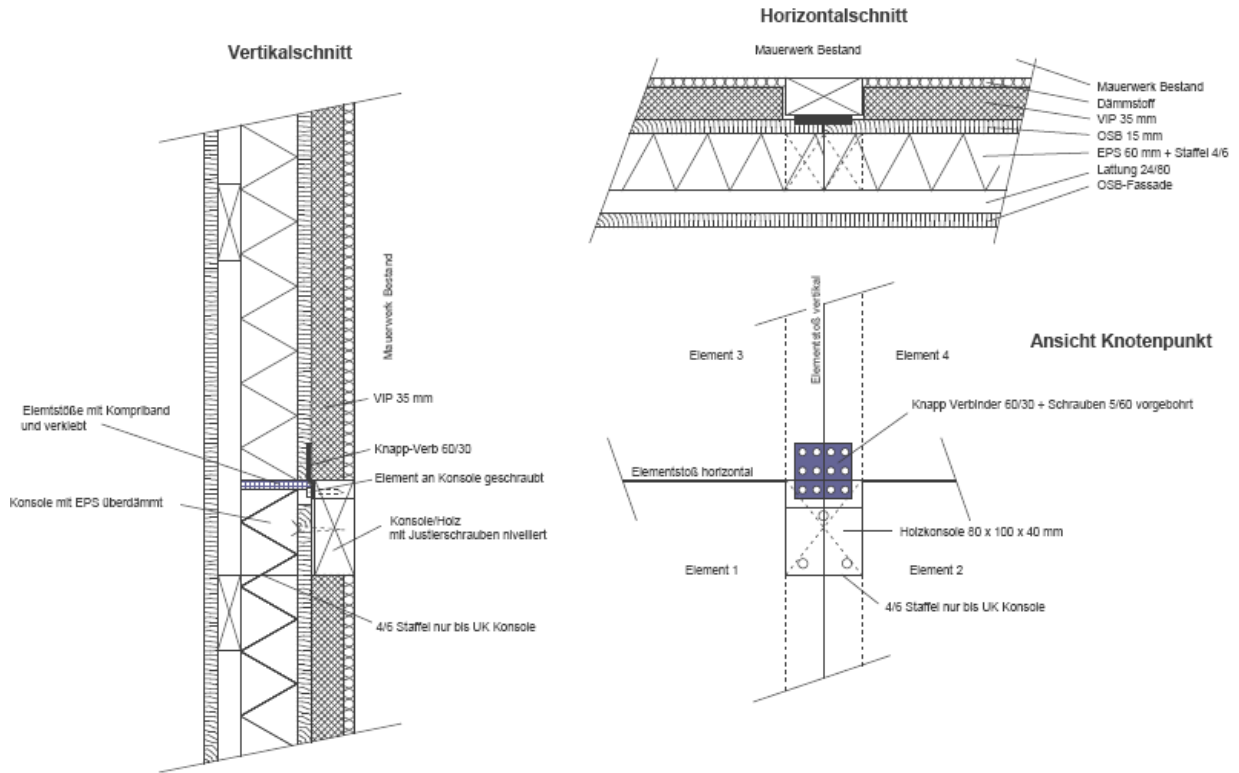
Lattenrosttdämmung d = 10 cm		2-Mann VIP-Fassade d = 10 cm	
U-Wert 0,49 W/m ² K	€ 38,-	U-Wert 0,16 W/m ² K	€ 198,-
Fassadenkosten	€ 4104	Fassadenkosten	€ 21.384,-
Wärmeverlust/a	4445 kWh/a	Wärmeverlust/a	1451,52 kWh/a
Kosten/a, € 0,06/kWh	€ 266,7		€ 87
Kostendifferenz	+ € 179,70		
Wärmeverlust in 30 Jahren	133358 kWh	Wärmeverlust in 30 Jahren	43545 kWh
Differenz	+ 89813,4 kWh		
Kostendifferenz, In- dex 5%, Tarif 0,06 €/kWh, nach 30 J	+ € 11939,-		
Finanzierungskosten 4% Zinsen, 25 Jahre	€ 6.498		€ 33861,-
Gesamtkosten Ener- giemehrkosten +Finanzierung	€ 18437		€ 33861
Mehrkosten			€ 15424
Var. Energiekosten- index + 8%, Tarif 0,06 €/kWh, nach 30 Jahren	+ € 20356,-		
Finanzierungskosten 4% Zinsen, 25 Jahre	€ 6.498		€ 33861,-
Gesamtkosten Ener- giemehrkosten +Finanzierung	€ 26854,-		€ 33861,-
Mehrkosten			€ 7007,-

Aus obigem Beispiel ist erkennbar das sich Fassadendämmungen mit VIP aus energetischer Sicht, ohne Beachtung des CO-2 Ausstoßes nur bei verhältnismäßig hohen Energiepreiserhöhungen rechnen.

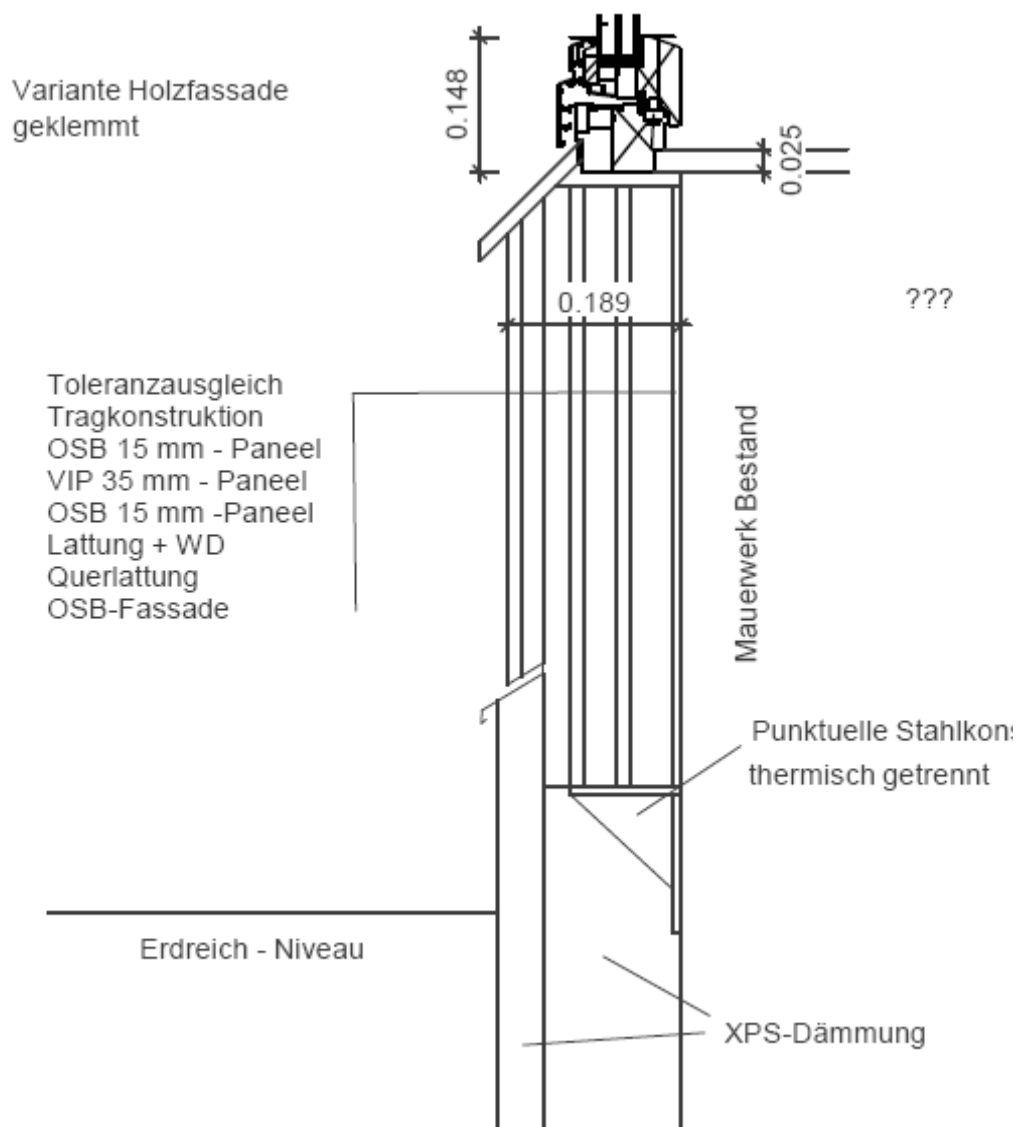
Wenn man davon ausgeht dass durch evtl. zukünftige CO-2 Steuern, Energieknappheit durch steigenden Verbrauch u. ä. die Energiepreise überproportional steigen können, so sind auch aus energetischer Sicht Investitionen in Vakuumdämmung sinnvoll.

In Kombination mit Nutzflächenerweiterung und oder Grundstückersparnis ist bereits jetzt die Wirtschaftlichkeit gegeben.

3.3.2.4 „2-Mann-VIP-Element“ für den Bereich des Altbaues



3.3.2.5 Sockel- und Fensterdetail Altbau



3.4 Austauschbarkeit von Vakuumpaneelen

Wie die Erfahrung bei der Errichtung des Zubaus zeigte, ist die Austauschbarkeit von Vakuumpaneelen eine Notwendigkeit.

5 Stk. Paneele wurden durch Unachtsamkeit während der Montage der Deckleisten beschädigt.

3 Stk. Paneele wurden durch die fehlende Klebekraft bei der provisorischen Verklebung verloren.

6 Stk. Paneele wurden bereits beschädigt angeliefert.

Bei einer Anzahl von ca. 400 Stk. ergibt sich somit eine Ausfallquote von ca. 3,5 %.

Im Bereich des Neubaus wurden 2 Stk. von den beschädigten 5 Stk. Paneelen ausgetauscht.

Der Austausch hat ca. 3 h, ohne Demontage einer Fassade gedauert.

Die restlichen 3 Paneele werden im Aufbau belassen um Referenzstellen für die Qualitätssicherung zu haben, bzw. das Verhalten der Konstruktion hinsichtlich Schimmel- oder Tauwasserbildung zu beobachten.

Der Grund für die Referenzstellen wird unter dem Punkt Qualitätssicherung erläutert.

Der Austausch der Paneele im Bereich der Befestigung mit Klemmleisten hat folgende Ergebnisse gebracht:

Vorteil: - Austausch ist nur durch 1 Mann möglich
 - Der Austausch kann von der Leiter erfolgen

Nachteil: - Angrenzende Bereiche müssen großflächig geöffnet werden
 - Das Ablösen der Verklebung und das Hantieren mit dem Stanleymesser kann zu evtl. Zerstörung des Nachbarpaneels führen.
 - die geöffnete Fassade muss während der Reparatur großflächig abgedeckt werden

Bei der geplanten Ausführung im Bereich des Altbaus werden sich wahrscheinlich folgende Vor- und Nachteile ergeben:

Vorteil: - Angrenzende Bereiche werden nicht beschädigt
 - Das Beschädigte Paneel kann am Boden sorgfältig von seinen Nachbarpaneelen gelöst werden
 - Die Fassade kann für die Dauer der Reparatur optisch sauber geschlossen werden

Nachteile: - Austausch ist nur mit mind. 2 Personen und Gerüst oder Hubsteiger möglich

3.4.1 Gründe für das Austauschen von Paneelen

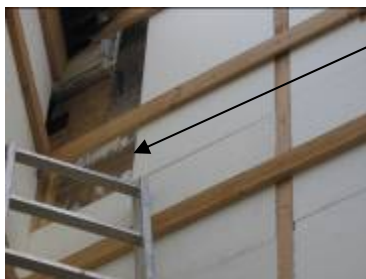
Während der Erstellung des Gewerkes und während der Gewährleistungsfrist sind defekte Paneele auszutauschen (mangelfreies Gewerk).

Die Gründe für defekte Paneele können sein:

- Beschädigung während der Montage
- Unachtsamkeit durch andere Arbeiter
- Beschädigung durch Bohren von Leitungen
- Beschädigung durch Befestigungsmittel für Installationen, Bilder, etc.
- Produktionsfehler
- Unfälle

Paneele können aber auch nach der Gewährleistungsfrist auszutauschen sein:

- Im Zuge von Sanierungsarbeiten
- bei lokalen Schäden durch verringerte Wärmedämmung
- Nachträgliche Installationsleitungen
- Um- und Anbauarbeiten (Zubauten, Erstellen von Öffnungen)
- Erhöhung des Energieverbrauches durch Alterung der Vakuumpaneele



Defektes Paneel hinter Lattung und EPS eingebaut



Demontage der Lattung



Demontage des EPS und des schadhaften Paneels



Einsetzen der neuen Paneele



Anbringen von Klemmlatten ,EPS und Fassadenlattung

3.5 Wärmebrückenfreie Bauteilanschlüsse

3.5.1.1 Wandelemente – Fuge VIP

Durch die verwendete Klemmtechnik ist zwischen den Vakuumpaneelen ein Abstand von 20 mm erforderlich um durch die Befestigungsmittel keine Verletzung der VIP's zu erreichen. Die Fugen wurden mit PUR-Dämmstoff ausgefüllt und mit 2 cm PUR-Dämmstreifen überdämmt.

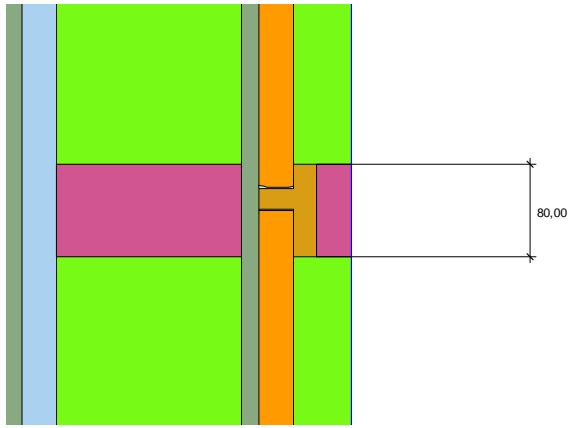
Dabei gab es grundsätzlich folgende Frage zu klären:

- Macht es einen Unterschied ob die Fugen mit 5 oder 8 cm breiten Dämmstreifen überdämmt werden?
- Wie groß ist der Unterschied ob die Fugenzwischenräume mit PUR-Dämmung versehen werden?
- Wie groß ist der Unterschied wenn die Klemmleiste 5 oder 8 cm breit ist?

Zusammenstellung

	Φ W/m	U-Wert W/m ² K	Verbesserung %
Überdämmung 5 cm	0,459	0,1913	
Überdämmung 8 cm	0,453	0,1886	+ 1,5%
Fuge ohne PUR-Dämmung	0,461	0,1637	
Fuge mit PUR-Dämmung	0,417	0,1464	+10%
Klemmleiste 5 cm	0,386	0,1558	+ 0,13%
Klemmleiste 8 cm	0,387	0,1560	
Gesamt U-Wert beste Var.		0,1016	+ 1,5%
Gesamt U-Wert schlechteste Var.		0,1031	

Die Berechnungen ergaben, dass es sehr wohl Sinn macht die einzelnen Varianten durchzurechnen. Bezogen auf die Gesamtfläche und über einen Zeitraum von 30 Jahren ergibt sich eine Energieersparnis von ca. 1800 kWh.

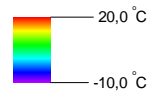


Wandaufbau:

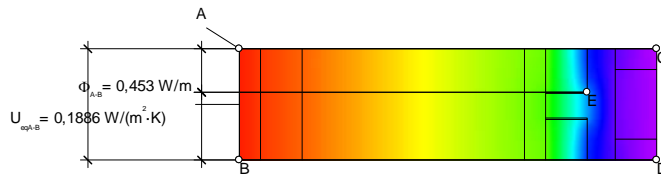
- Gipskarton 15 mm
- Lattung 3 cm
- Holzriegel 16cm + WD
- OSB 15 mm
- VIP 35 mm
- Klemmleisten + EPS 5

cm

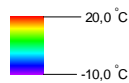
Name	λ [W/(m·K)]	θ [°C]	h [W/(m ² ·K)]
Luftschicht, ruhend, horizontal, Dicke: 2 mm	0,0455	-10,000	25,000
Luftschicht, ruhend, horizontal, Dicke: 30 mm	0,1667	20,000	7,69231
Nutzholz 500	0,130		
OSB-Platten	0,130		
Polyurethan (PUR)-Hartschaum WLG 025	0,025		
Polyurethanschaum (PU)	0,050		
Taurox-C	0,040		
VIP	0,007		



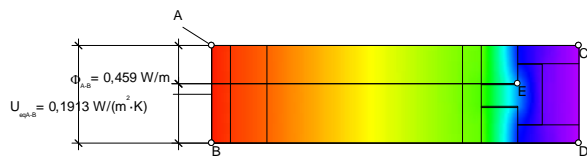
Überdämmung der Fuge mit 8 cm breiten PUR-Streifen



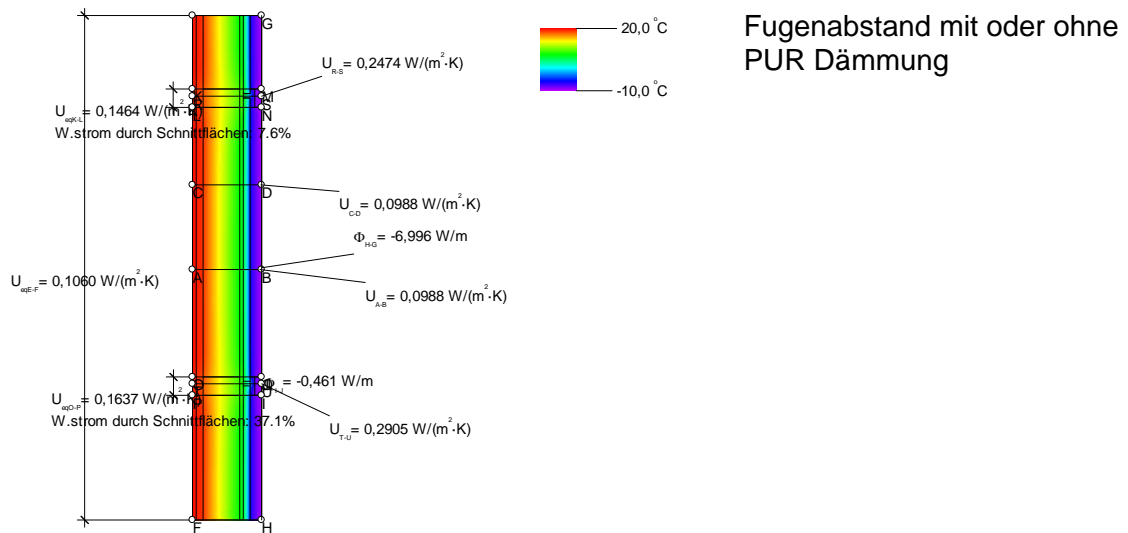
$$\psi_{B-EA} = 4,62e-3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$



Überdämmung der Fuge mit 5 cm breiten PUR-Streifen



$$\psi_{B-CA} = 4,41e-3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$



3.5.1.2 Fensteranschluß

Durch die geringe Stärke der Vakuumdämmung konnte das Fenster leicht in die Dämmebene gesetzt werden.

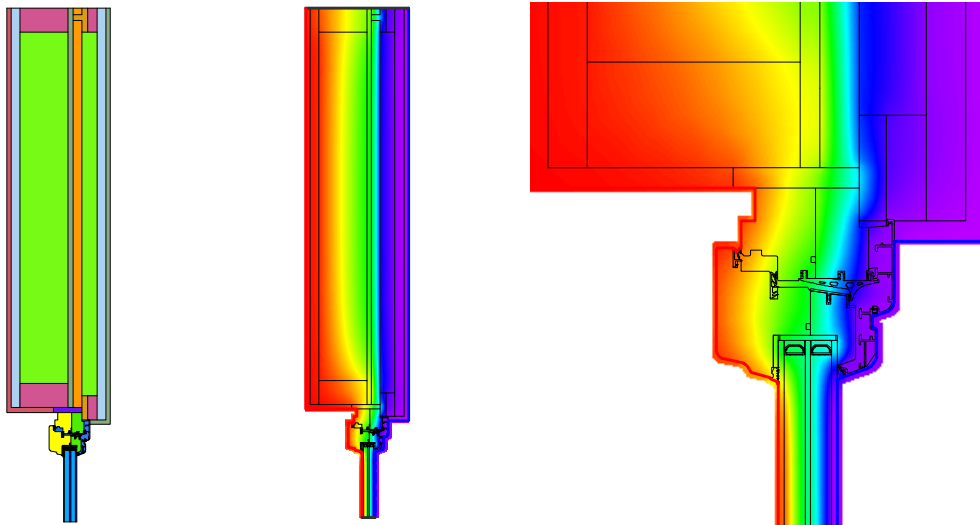
Das Fenster, Marke Lederbauer, wurde ca. 3 cm über den Holzriegel gestellt, sodass die Wärmedämmung direkt anlaufen konnte.

Daten:

Fenster: Lederbauer Holz/Alu $U_w = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Glas: Interpane iplus 3, Abstandhalter aus Edelstahl, $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Einbaupsiwert $\Psi = 0,023 \text{ W/mK}$



3.5.1.3 Sockelanschluß Zubau

Wie auch schon bei anderen Passivhäusern ausgeführt wurde die Dämmung der Fundamentplatte zweigeteilt.

An der Unterseite wurden 10 cm XPS und an der Oberseite 15 cm EPS ausgeführt. Dies hat den Vorteil, dass teures XPS oder Schaumglas gespart werden kann.

Der Sockel wurde mit einer Minidämmschürze von ca. 30 cm versehen.

Diese Dämmschürze ist in diesem Fall ausreichend, um die Oberflächentemperatur unter der FU-Platte unter der Frostgrenze von 0°C zu halten.

An der Oberseite der FU-Platte wird die Temperatur über 11°C gehalten um hier eine evtl. Schimmelbildung auf der FU-Platte zu vermeiden.

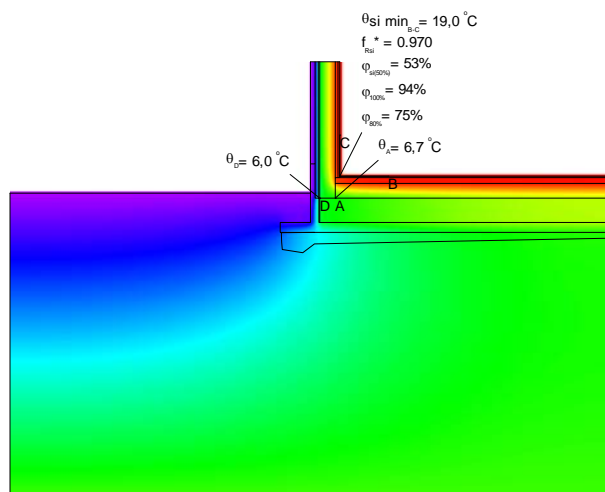
Die innere Oberflächentemperatur liegt mit mind. 19°C immer über der Schimmelbildungsgrenze.

Da im Bereich der Riegelwände keine Dampfbremse verwendet worden ist, besteht theoretisch die Gefahr von Kondensatausfall im äußeren Eckbereich der Holzriegelkonstruktion, da dort evtl. warmfeuchte Luft eindringen könnte.

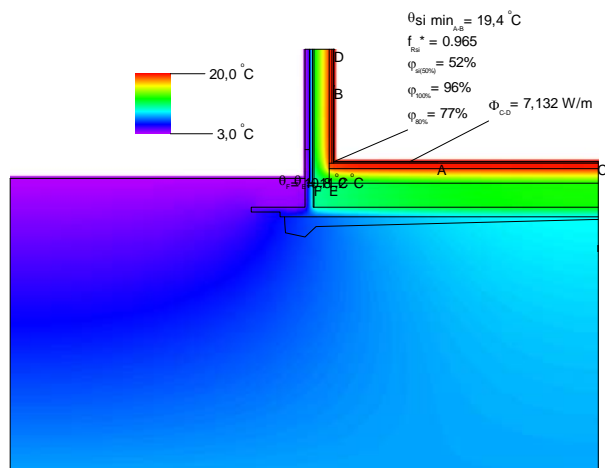
Die Oberflächentemperatur liegt in diesem Bereich mit ca. 6°C auch weit unter der Tauwassergrenze.

Ob es hier zu Schimmelbildung kommt oder nicht wird im Kapitel 6. behandelt.

Der Außenmaßbezogene Psi-Wert liegt bei -0,3 W/mK.



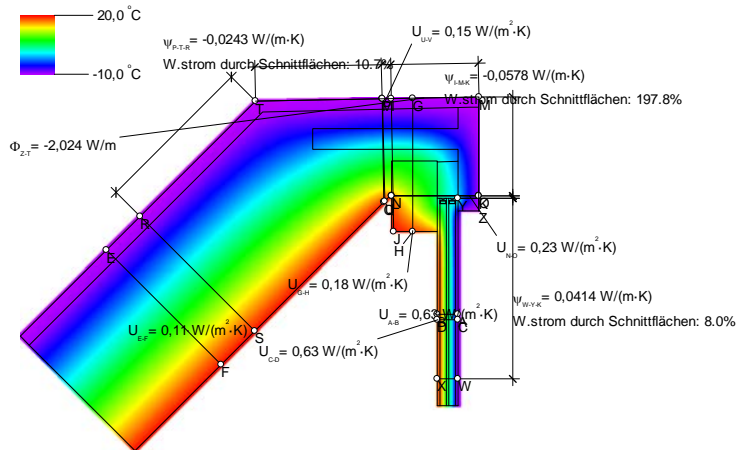
Isothermenverlauf bei -12°C Außentemperatur.



Isothermenverlauf bei Jahresheizmitteltemperatur von -3°C

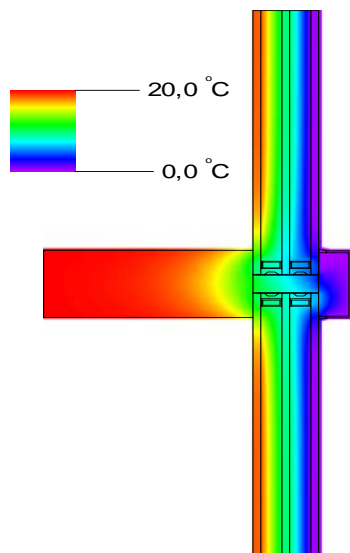
3.5.1.4 Dachträger

Das Flachdach des Zubaus wurde mit einer Oberlichte versehen. Aus gestalterischen Gründen wurde die Oberseite dieser Konstruktion abgeflacht. Dadurch entstand eine Schwächung der Wärmedämmung im Bereich des Dachfirstes. Die Berechnung der Psi-Werte ergab aber auch hier negative Werte, sodass nur die U-Werte in der PHPP berücksichtigt wurden.



3.5.1.5 Südverglasung – Wintergarten

Für den Wintergarten wurde kein fertiges System verwendet. Die Konstruktion besteht aus 8/16 cm Stehern, die in den Ecken auf 8/8 cm reduziert wurden, einer 3-Scheibenisolierverglasung, ausgedämmten Glasfugen und einer Abdeckung aus Aluminiumprofil.



Daten:
 $U_f = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $\Psi_{\text{Glas}} = 0,076 \text{ W/mK}$

$U_i = \text{Nicht definiert}$

3.5.2.1 Sockel Altbau

Der Altbau besteht aus Mischmauerwerk (Vollziegel, Steine, Lehm/Sandgemisch) das ohne Betonfundament auf dem gewachsenen Lehmboden steht.

Vor Jahren wurde von den Vorbesitzern ein Fundament entlang der Außenmauer errichtet, der Aushubraum mit Schotter angefüllt und auf die Fassade ca. 10 cm Isolierputz angebracht.

Eine wärmetechnische Trennung der bestehenden Wände vom Untergrund ist aus Kostengründen nicht sinnvoll.

Der Fußboden des Altbestandes wird abgebrochen, es wird abgegraben und ein neuer Unterboden bestehend aus voraussichtlich (von unten nach oben) ca. 10 cm Rollierung, XPS 5 cm, Unterbeton 10 cm, ca. 25 cm EPS und wahrscheinlich Trockenestrich.

An der Innenseite wird eine 5 cm XPS-Platte hochgezogen.

Mit Hilfe dieser vertikalen XPS-Platte, entspricht einer Innendämmung, wird der Fußpunktbereich Schimmelfrei gehalten. Je nach Höhe des Hochzuges wird auch die Wärmedämmung verbessert.

Aus optischer Sicht ergibt sich, falls die Platte über das Fußbodenniveau gezogen wird, eine Sockelausbildung. Falls diese Sockelausbildung nicht gewünscht wird, kann die Perimeterdämmung auch in die aufgehende Wand eingearbeitet und verputzt werden.

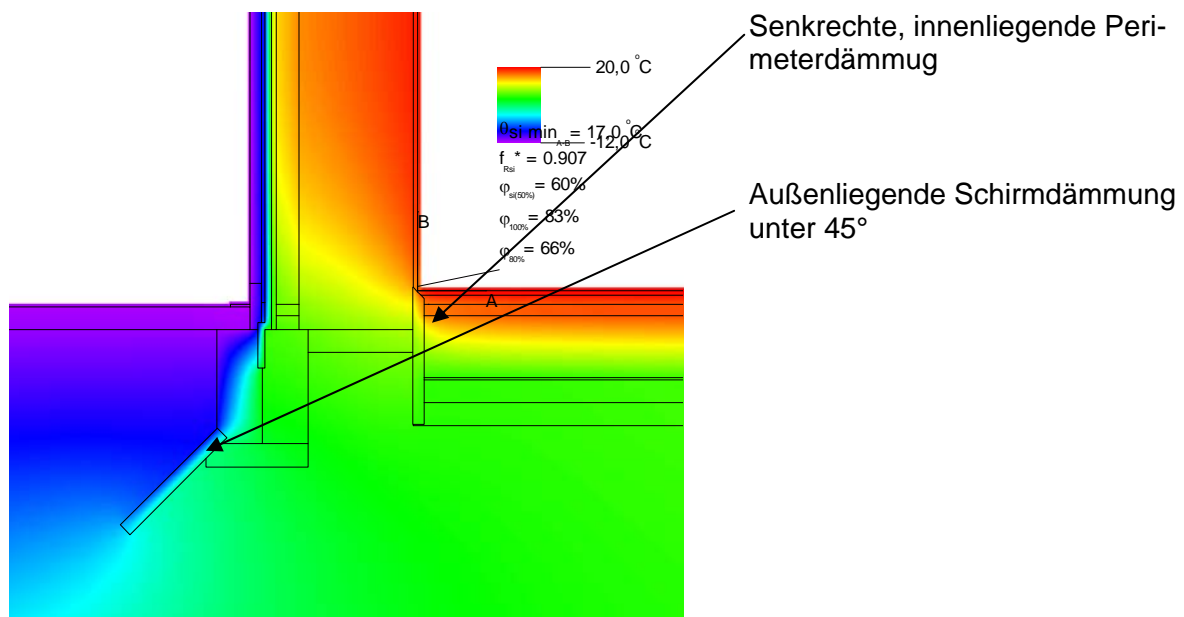
An der Außenseite wurde abgegraben und eine Perimeterdämmung angebracht.

Die Frostschräge wurde unter ca. 45° verlegt, da ansonsten das Fundament untergraben hätte werden müssen, was aus statischer Sicht nicht zu empfehlen ist.

Hier ergaben die Wärmebrückenberechnungen einen außenmaßbezogenen Psi-Wert von 0,13 W/mK.

Diese Wärmebrücke entspricht einem Anteil von 0,8% am Gesamttransmissionsverlust und wurde entsprechend in der PHPP berücksichtigt.

In diesem Bereich wird noch nach evtl. Verbesserungen gesucht.

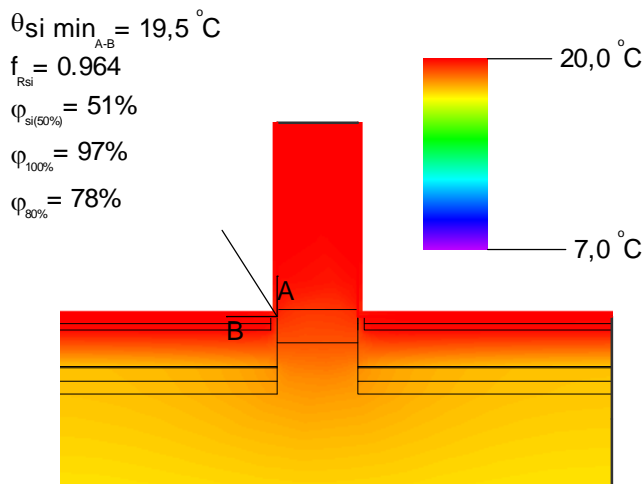


3.5.2.2 Tragende Wände Altbau

Auch die tragenden Wände werden thermisch nicht vom Untergrund getrennt und es sind daher die Wärmebrücken zu berücksichtigen.

Die Berechnung ergab einen Wärmebrückenzuschlag von 0,025 W/mK und ergeben einen zusätzlichen Heizwärmebedarf von 10kWh/a.

Die Innenecken bleiben unter Betrachtung der Oberflächentemperaturen Tauwasser- und Schimmelfrei.



3.6 WUFI – Wärme und Feuchte instationär

Die Überprüfung von Bauteilkonstruktionen wird in der Praxis in den meisten Fällen mit dem so genannten Glaserverfahren durchgeführt. Es ist jedoch mittlerweile in Fachkreisen seit Jahren bekannt, dass dieses Berechnungsverfahren keine Aussage über die tatsächlichen Feuchtigkeitsverläufe und Bauteilfeuchten liefern kann. Wichtige Materialeigenschaften wie Sorptionsverhalten, Feuchtespeicherefähigkeit, feuchtigkeitsabhängiger Wärmeleitwert und Diffusionswiderstand können und werden nicht berücksichtigt.

Im Bereich der Altbausanierung ist es von besonderer Bedeutung, die Auswirkungen von evtl. aufsteigender Feuchtigkeit aus der Altbausubstanz auf die Lebensdauer des Gebäudes zu betrachten.

Würde in diesen sensiblen Bereichen eine Abschätzung nach dem Glaserverfahren durchgeführt, so besteht die große Gefahr, dass es in der Grundsubstanz zu massiven Feuchte- und damit Bauschäden kommen könnte.

Aus diesem Grund werden die Anschlüsse bei diesem eingereichten Projekt mit dem Softwareprogramm WUFI überprüft.

Dabei werden sowohl 1-dimensionale Berechnungen für die Wandbereiche und 2-dimensionale Berechnungen für Anschlussbereiche durchgeführt.

Bemerkung: Aufgrund der Tatsache dass die Software WUFI-2D, für die Berechnung von 2 dimensional Anschlüssen, erst seit wenigen Wochen voll funktionsfähig ist, konnten bis dato nicht alle Anschlüsse gerechnet werden. Durch mangelhafte Softwareeigenschaften waren bis vor kurzem Berechnungen irrsinnig zeitaufwendig und konnten teilweise nicht ausgegeben werden.

3.6.1.1 Wand Neubau

Bei der Verwendung von Vakuumdämmung stellt die Vakuumdämmung für sich gleichzeitig die Dampfbremse sicher. Um jedoch eine Konvektion zwischen den VIP´s zu verhindern, müssen die Fugen abgeklebt werden. Im Bereich des Neubaus wurden die OSB-Plattenstöße außenseitig und die VIP-Paneele ebenfalls außenseitig abgeklebt.

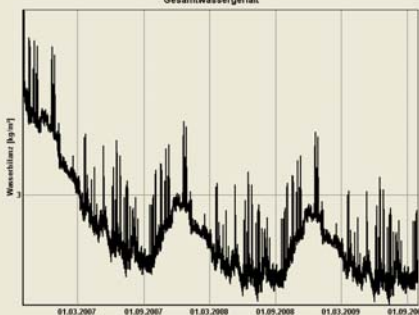
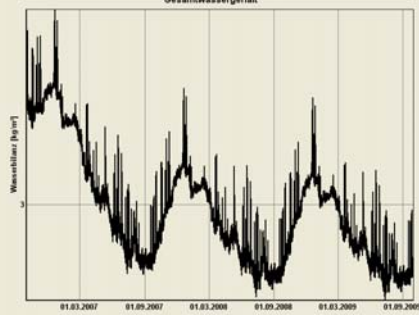

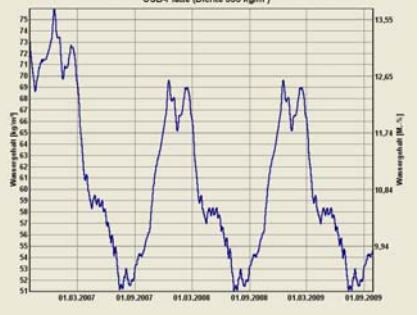
Im Bereich des Neubaus wurde auf eine Dampfbremse verzichtet.

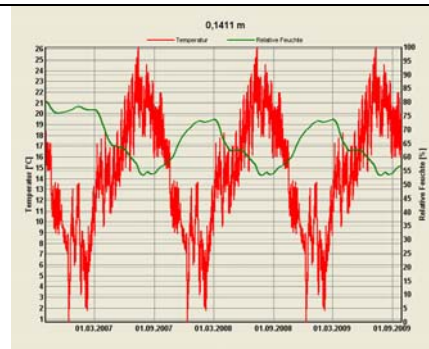
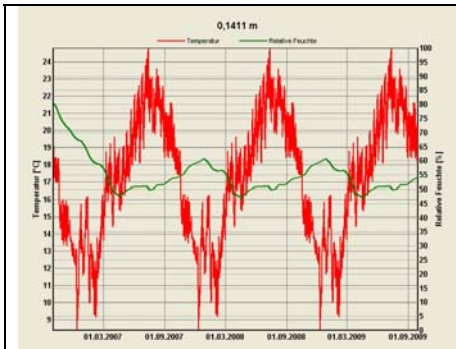
Bei intaktem Aufbau funktioniert die Variante ohne Dampfbremse tadellos. Sämtliche Baustoffe weisen eine Rücktrocknung auf die normale Ausgleichsfeuchte auf. Die relative Luftfeuchte im Bauteil bleibt innerhalb der VIP-Ebene überall deutlich unter 80% r.H.

Wird ein Vakuumpaneel jedoch defekt und die Wärmeleitfähigkeit auf 0,019 W/mK reduziert, ergibt sich auf der raumseitigen Seite der OSB-Platte die Gefahr von Schimmelbildung.

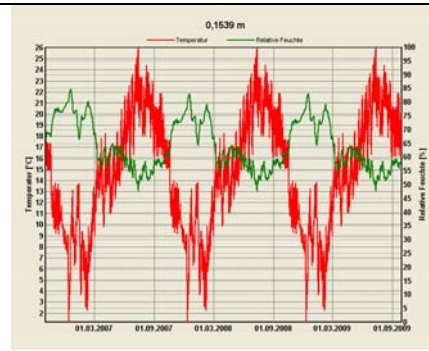
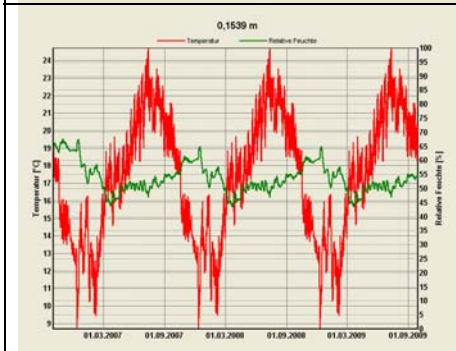
Ob dies tatsächlich der Fall ist, soll im Bereich der defekten Vakuumpaneele in den kommenden Wintern untersucht werden.

Erkenntnis 7: Bauteile mit Vakuumdämmung müssen auch bei defekten Paneelen bauschadensfrei bleiben

VIP intakt	VIP defekt	
		<p>Gesamtwassergehalt Auch bei defekter VIP erfolgt eine Rücktrocknung.</p>
		<p>OSB - Gesamtwassergehalt Bei defekter VIP erfolgt immer eine ausreichende Rücktrocknung in den Sommermonaten. Im Winter bleiben die Feuchtigkeitswerte unter 13 M%.</p>



OSB- Feuchte außen
 Auf der vipseitigen Fläche der OSB-Platte bleiben auch bei defektem VIP die relativen Feuchtigkeitswerte unter 80%. Mit Schimmelbildung ist nicht zu rechnen.



OSB-Feuchte innen
 Auf der Rauminnenseite steigen bei defekter VIP die rel. Feuchte kurzzeitig über 80% r.H, bei sehr niederen Oberflächentemperaturen. Theoretisch müsste auch diese Variante Schimmelfrei bleiben



OSB-Feuchte innen
 Wird an der Innenseite eine feuchtevariable Dampfbremse montiert, besteht auch bei defekter VIP keine Schimmelgefahr.

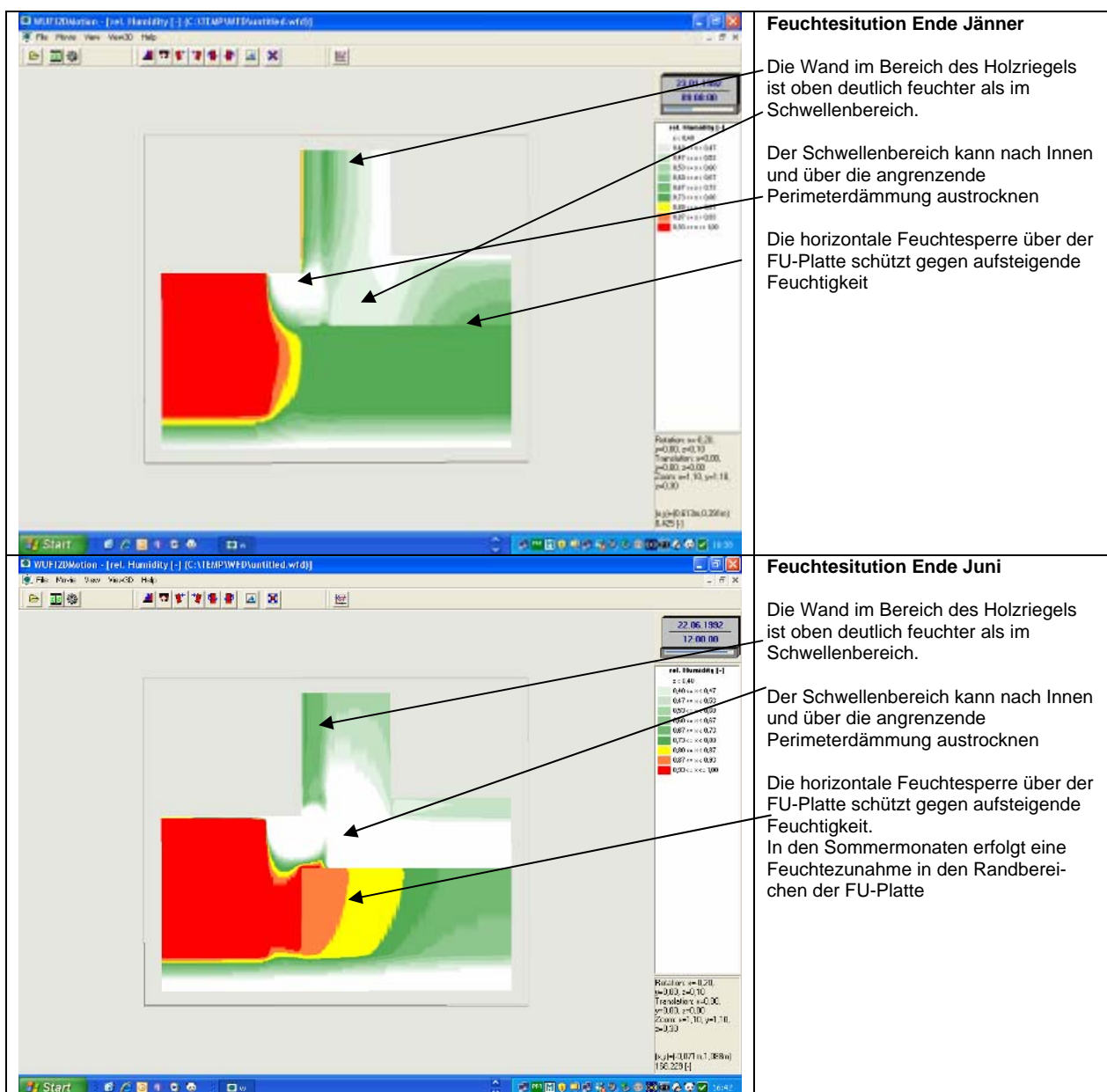
3.6.1.2 Sockel Neubau

Wie bereits oben angeführt wurden die Wände im Neubau ohne innenliegende Dampfbremse montiert.

Damit besteht theoretisch die Gefahr, dass über die offenen Estrichrandfugen warmfeuchte Luft in den Schwellenbereich des Holzbaues gelangt. Mögliche Moderfäule wäre denkbar.

Die 2-dimensionale Simulation zeigt, trocknet der Schwellenbereich unter 40% rH aus. Im Bereich der VIP/OSB kommt es stundenweise zu erhöhten Feuchtelasten über 80% rH.

Der Grund warum dieser Bereich immer schnell austrocknet liegt einerseits in der inneren Diffusionsoffenheit und andererseits durch die Möglichkeit von Diffusion durch die Perimeterdämmung.



Detaillierte Analysen erfolgen im Endbericht

3.6.2.1 Wand Altbau

Bei der Sanierung von Massivwänden im Altbau ist neben den statischen Gegebenheiten auch die vorhandene Feuchtigkeit zu berücksichtigen. Insbesondere dann, wenn neue Schichten angebracht werden.

Mit der Montage von Vakuumdämmung wird ein Werkstoff mit einem sd-Wert von ca. 175000 m aufgebracht. Das heißt, dass evtl. Feuchtigkeiten nur nach Innen austrocknen können.

Weiters stellt sich auch die Frage, ob nicht auch der Montagezeitpunkt eine Rolle spielen kann. Denn wenn das Mauerwerk evtl. Feuchte durch Regen oder jahreszeitlich bedingt aufnimmt, steigt die Feuchtigkeit in den äußersten Schichten. Diese Feuchtigkeit kann aber nur nach Innen abtrocknen.

Wenn jedoch ein Dampfdruckgefälle von Innen nach Außen vorhanden ist, Winterhalbjahr, besteht die Möglichkeit dass bei entsprechend hoher Feuchte Schimmel oder Tauwasserbildung zwischen dem Mauerwerk und der Vakuumdämmung auftritt.

Um diese Problematik abzuklären werden unterschiedliche Varianten simuliert. Nach Errichtung werden mittels hygriischer Messung die tatsächlichen Feuchtigkeitswerte ermittelt.

Simulation des Altbestandes

Da von altem Mischmauerwerk keine Daten vorhanden sind, wurde versucht der Feuchtigkeitszustand mittels Simulation abzuschätzen und Werte für unterschiedliche Jahreszeiten zu bekommen.

Weiters wurde die Baustofffeuchtigkeit mit einem kapazitiven Messfühler an verschiedenen Punkten gemessen.

Meßzeitpunkt Mitte Mai 2007:

Baustoffeuchte innen: zw. 2 (Süd) und 8 M% (Nord)

Baustoffeuchte außen: zw. 2 (Süd) und 5 M% (Nord)

Aufgrund des Mischmauerwerkes betragen die Unterschiede im Bereich von 30 cm oftmals mehrere Masseprozent. Von einem einheitlichen Feuchtegehalt kann daher nicht ausgegangen werden.

Die Simulation ergab folgende Werte:

	Gerechnete Werte Mai	Gemessene Werte Mai, Ø
Äußere Schicht – Mineralischer Außenputz	2,3 M% (Schwankungen an der Oberfläche zw. 0 und 90 M%)	3 M%
Innere Putzschicht Kalkputz	1,5 M%	5 M%
Mauerwerk	0,6 M%	-
Werte für die Weiterbe- rechnung	M%	Wassergehalt in kg/m ³
Äußere Schicht	2,3 M%(Annahme Montage nicht nach Regen)	44 kg/m ³
Innere Schicht	1,5 M%	25 kg/m ³
Mauerwerk	0,7 M%	13 kg/m ³

Zur Verdeutlichung des Unterschiedes zwischen der Annahme mit Baufeuchte und der Annahme eines abgetrockneten Altbaues wurden 2 Varianten gerechnet.

Als Innenraumklima wurde, bedingt durch die kontrollierte Wohnraumlüftung mit niedriger Luftfeuchte gerechnet.

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob die Raumluffteuchte einen wesentlichen Einfluss auf das Abtrocknungsverhalten der Altbauwand ausübt. Dazu wurde eine Konstante Raumluffteuchte von 30% von November bis Ende März angenommen.

Aus den Simulationen sind eindeutige Ableitungen möglich:

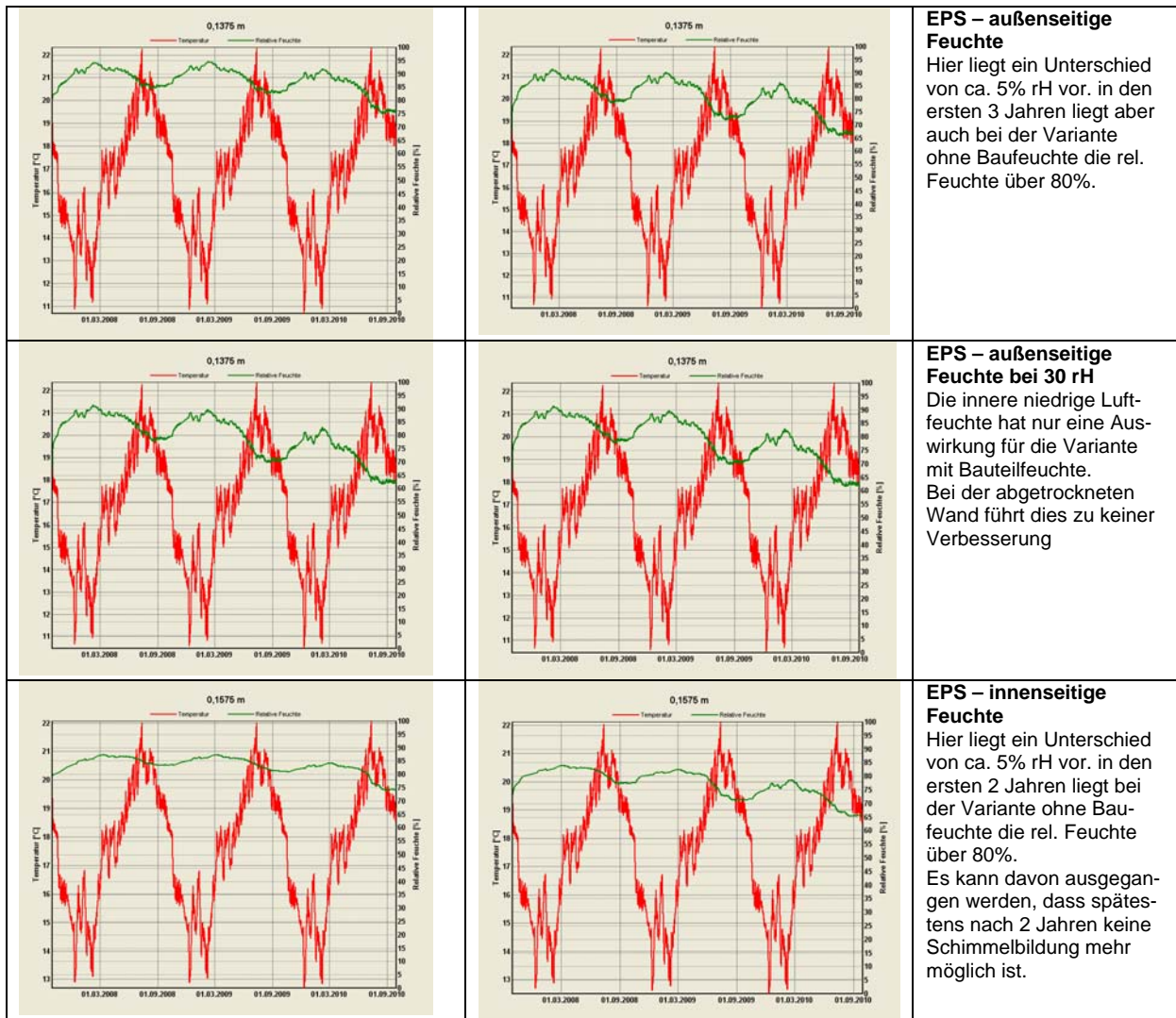
- Bei der Sanierung von Altbauten mit Vakuumdämmung ist in den ersten Jahren möglicherweise mit Schimmelbildung zwischen Vakuumdämmung und Mauerwerk zu rechnen
- Je trockener das Mauerwerk vor Sanierung ist, desto schneller sinkt das Risiko
- Die Verminderung der inneren Raumluffteuchte ist nur bei feuchtem Mauerwerk sinnvoll. Es werden in etwa jene Austrocknungsraten erreicht, die auch bei abgetrocknetem Mauerwerk vorhanden sind.

Inwieweit tatsächlich Schimmelbildung stattfindet hängt wiederum vom Angebot an organischen Substanzen zusammen.

Als mögliche Lösung zur Vermeidung von Schimmelbildung in den ersten Jahren kann evtl. eine Reinigung der Fassade und Anstrich mit fungiziden Mittel sein.

Evtl. weisen auch andere Baustoffe als EPS bessere Eigenschaften auf. Dies soll in den nächsten Wochen noch untersucht werden.

Variante mit Baufeuchte	Variante ohne Baufeuchte	
		<p>Gesamtwassergehalt Beginnend von einem niederen Niveau ist die Gesamtabtrocknung bei der Variante ohne Baufeuchte naturgemäß niedriger</p>
		<p>Gesamtwassergehalt bei 30% rH Hier erfolgt die Abtrocknung gleich. Das heißt dass es bei trockenem Mauerwerk zu keiner verbesserten Abtrocknung kommt</p>



3.6.2.2 Sockelausbildung Altbau

Aus Kostengründen ist das Einbringen einer horizontalen Feuchtesperre nicht sinnvoll. Vergleicht man mögliche Schadensbilder, die sich alle in der Regel geringen Abplatzungen der Innenfarbe oder des Putzes zeigen, mit den Kosten für eine fachgerechte Sanierung, so ist das Ausmalen und evtl. Sanieren von kleinen Fehlstellen wesentlich wirtschaftlicher.

Vorraussetzung dafür ist allerdings, dass evtl. Feuchtigkeit nicht durch regelmäßiges Oberflächenwasser, defekte Drainage oder ähnliches in das Mauerwerk eindringen kann.

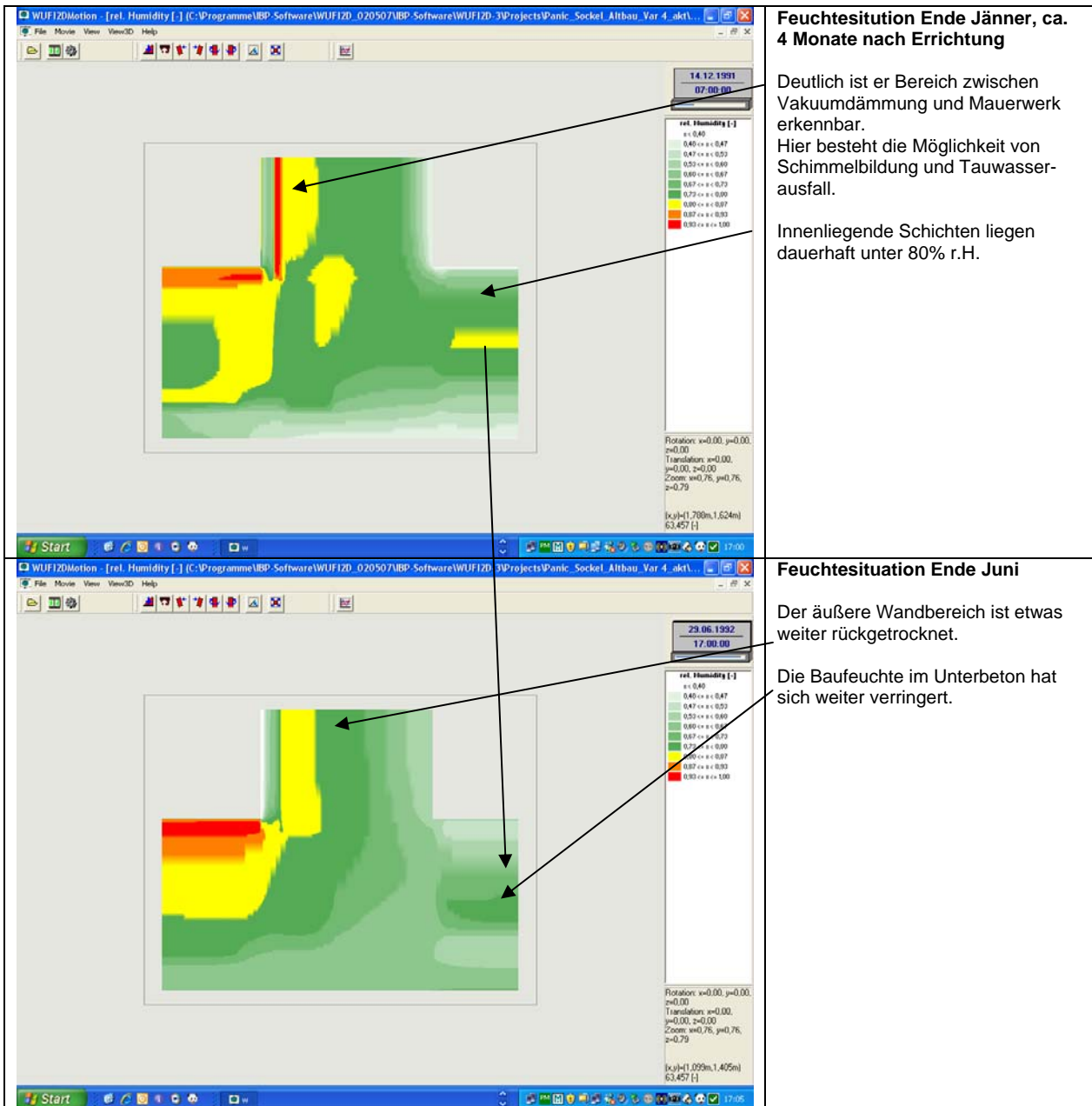
Bei vielen alten Mauerwerken werden die Putzschäden oftmals auf aufsteigende Feuchtigkeit zurückgeführt. Dies ist jedoch nicht immer richtig. Viel öfters sind Kondensatschäden aufgrund der Unterschreitung des Taupunktes in diesen Eckbereich die Ursache.

Wie die durchgeführten Berechnungen zeigen, ist ohne dem Einbau einer horizontalen Sperre eine trockene Ausführung möglich.

Um dies sicherzustellen ist

- im Fußbodenbereich eine horizontale Abdeckung und
- eine gute Perimeterdämmung notwendig

Zur Sicherheit kann mit der Verwendung von Thermoshield gleichzeitig ein Feuchtigkeitspuffer geschaffen werden. Diese Beschichtung führt zu einer aktiven Entfeuchtung des Mauerwerkes, ohne die evtl. mittransportierten Salze auskristallisieren zu lassen.



Detaillierte Analysen erfolgen im Endbericht

Arbeitsablauf - Sockeldämmung



Abbruch der Gret und Ausgraben des Sockelbereiches



Verlegen der unteren Perimeterdämmung unter ca. 45°, Einbau einer Minidrainage, Vlies unter sichern mit Aushubmaterial (Lehm)



Anbringen der Vertikalen Perimeterdämmung und verfüllen mit Aushubmaterial



Situation im Eckbereich Alle Fugen mit PU-Schaum verfugt



Situation im Eingangsbereich vor Befestigung der vertikalen Perimeterdämmung

3.7 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung bei der Verarbeitung von Vakuumdämmung lässt sich übersichtlich einteilen in:

- Qualitätssicherung bei der Herstellung
 - o Dies wird bereits durchgeführt
- Sicheres Zwischenlagern
 - o Nicht sofort verarbeitbare Paletten sind an einem geschützten Ort vor möglicher Beschädigung zu lagern
- Sorgfältiges Verarbeiten
 - o Vakuumpaneele sind wie Glas zu behandeln. VIP´s sind grundsätzlich gut belastbar, wenn Sie defekt sind gibt es aber keine Reparaturmöglichkeit
 - o Defekte Paneele dürfen nicht eingebaut werden. Ersatz ist in der Regel innerhalb weniger Tage verfügbar
 - o Die Verarbeitungsrichtlinien sind unbedingt einzuhalten
 - o Verlegte Platten sind wenn möglich Zug um Zug zu schützen
 - o Vor Anbringen der Schutzschicht sollte eine Abnahme erfolgen oder aber eine Fotodokumentation zu erstellen
- Der Zutritt zum Arbeitsbereich ist für Unbefugte zu verhindern
- Bereich mit verlegten Paneelen sind durch Etiketten, Absperrbänder o.ä. zu sichern
- Thermografie sollte wenn möglich eingesetzt werden. Defekte Paneele zeichnen sich nur durch Temperaturdifferenzen von der Oberfläche ab. Um diese Differenzen zu erkennen sind nur hochauflösende und empfindliche Meßsysteme geeignet und entsprechende Erfahrung notwendig. Der Thermografen sollte für diese Meßaufgabe unbedingt die Level 2- oder Level 3 Ausbildung und Erfahrungen im Bauwesen vorweisen können.

Bei dem Passivhaus Panic wurden bis dato folgende Messungen durchgeführt:

- Luftdichtheitsmessung Im Altbau
- Thermografie des Altbaues und des Zubaues

Eine detaillierte Zusammenfassung der Messungen und Vergleich Alt/Neu wird mit dem Schlussbericht abgegeben.

3.7.1 Luftdichtheitsmessung im Altbau

Hier wurde eine Luftwechselrate von 4,7 1/h gemessen.

Die wesentlichen Undichtheiten waren

- Türen zum ehemaligen Vorhaus
- Putzrisse in der Wand
- Durchführung der Leitungen für die Sattelitenanlage

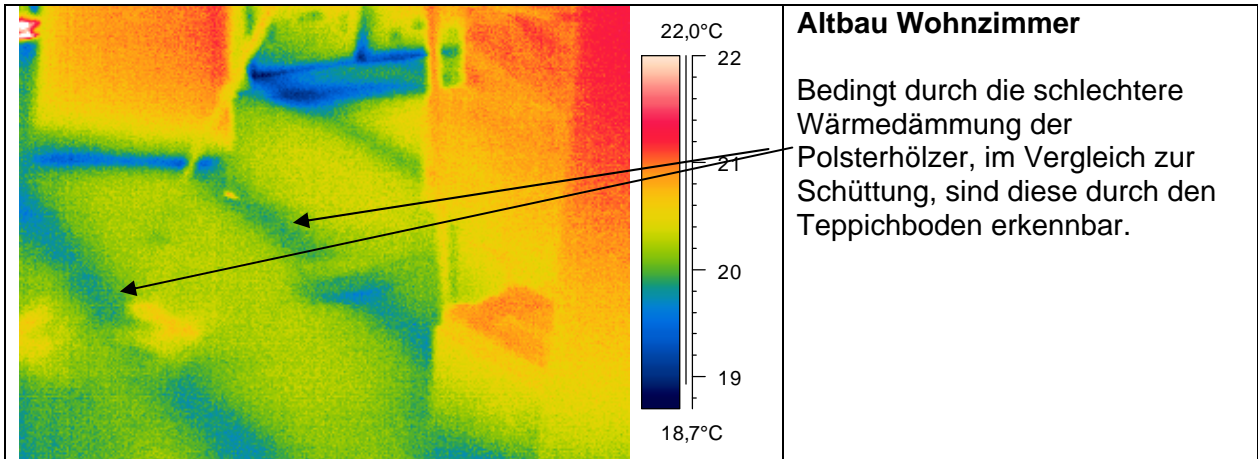
3.7.2 Thermografie Altbau

Die Thermografische Messung des Altbaues ergab aus wärmetechnischer Sicht keine Besonderheiten.

Tauwasser- bzw. Schimmelgefährdete Bereiche entsprechen dem Baustandard.

Strukturell konnte neben der bekannten, und von Innen sichtbaren, zugemauerten Tür ein 2. Bereich detektiert werden, wo nachträglich das Mauerwerk verändert wurde.

	<p>Altbau Ostseite</p> <p>Unterschiedliche Art von Ziegeln. Hier wurde das Mauerwerk getauscht.</p>
	<p>Altbau Ostseite</p> <p>Mittels Aktiver Thermografie lassen sich auch Putzrisse detektieren bzw. bildlich darstellen.</p>
	<p>Altbau/Neubau – Badbereich</p> <p>Sehr gut ist hier der Unterschied zwischen dem ungedämmten Altbau links und dem rechten Neubau erkennbar.</p>
	<p>Altbau – Stube, Fenster links</p> <p>Der schwarze Bereich kennzeichnet den Tauwasser gefährdeten und der graue Bereich den Schimmel gefährdeten Bereich.</p>



3.7.3 Thermografie Neubau

Die Überprüfung von hochgedämmten Bauteilen mittels Thermografie stellt ein grundsätzliches Problem dar.

Durch die geringen Wärmeströme zeichnen sich vor allem bei der Außenthermografie Wärmebrücken nur mehr gering ab.

Bei Vakuumpaneelen liegt der Unterschied des U-Wertes zwischen intaktem und defektem Paneel grundsätzlich im Bereich des Faktors 4,

Werden VIP's aber in Konstruktionen eingebaut und mit anderen Baustoffen überdämmt, verringert sich der Faktor auf ca. 1,5.

Auf den ersten Blick erscheint diese Differenz von 50% zwischen gutem und mangelhaftem Bauteil viel.

Sind jedoch nur mehr geringe Wärmeströme vorhanden, so sind diese nicht in der Lage die Oberflächentemperaturen gegenüber der Außenluft deutlich zu erhöhen.

Überblick über Temperaturdifferenzen von defekten oder gealterten VIP's zum Bauteil mit neuem VIP

	Fertige Fassade		EPS		Innen	
	$\Delta T = 15 \text{ K}$	$\Delta T = 30 \text{ K}$	$\Delta T = 15 \text{ K}$	$\Delta T = 30 \text{ K}$	$\Delta T = 15 \text{ K}$	$\Delta T = 30 \text{ K}$
VIP Neu $U = 0,0825, \text{ Basis} = 0$	0	0	0	0	0	0
VIP gealtert $U = 0,098, + 19 \%$	+0,01 K	+0,02 K	+0,01 K	+0,02 K	-0,03 K	-0,05 K
VIP defekt $U = 0,1298, + 57\%$	+0,03 K	+0,06 K	+0,03 K	+0,06 K	-0,09 K	-0,18 K

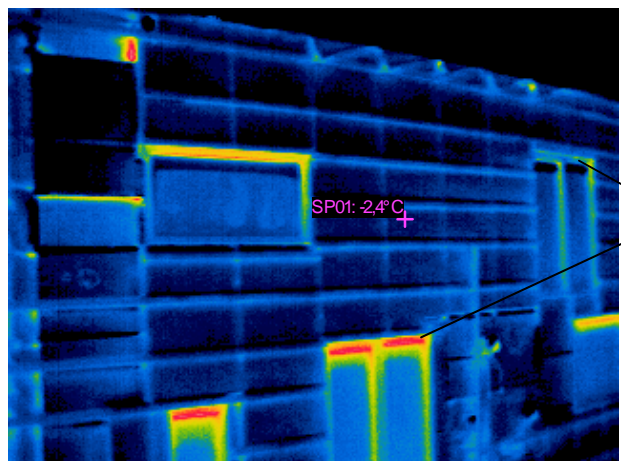
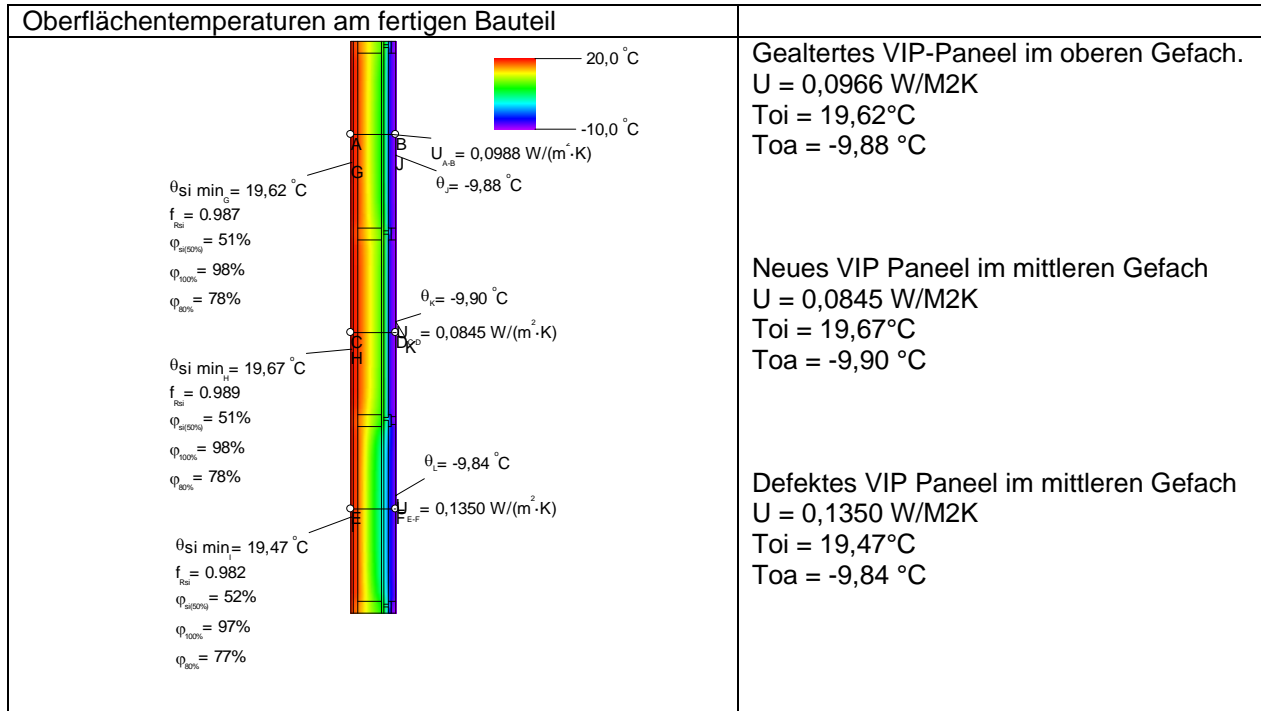
Bedenkt man das bereits sehr gute Thermografiesysteme für den Baubereich, Preisklasse ca. € 40.000,- aufwärts, „nur“ eine thermische Auflösung von 0,08 K bis max. 0,03 K (Scannerkameras) aufweisen, wird deutlich, dass mit Außenthermografie keine Qualitätssicherung möglich ist.

Aus obiger Tabelle ist deutlich ersichtbar, dass trotz einer Verschlechterung um 50% = 50% mehr Heizkosten, die Detektion von defekten Paneelen von Innen und nur bei sehr hohen Temperaturdifferenzen möglich ist.

Aus diesem Grund war es auch im heurigen Winter nicht möglich, die defekten Paneele zu detektieren.

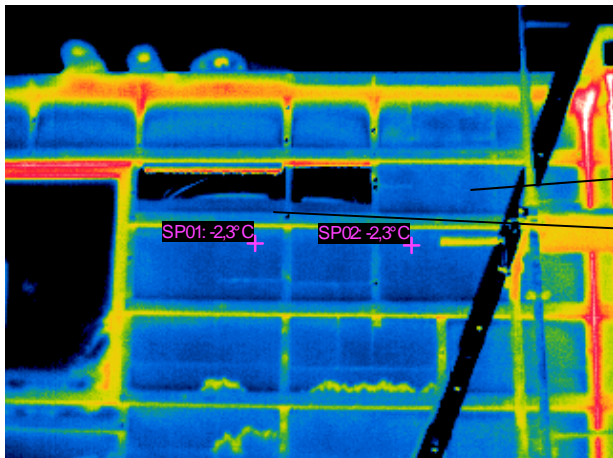
Da Temperaturdifferenzen von mehr von 30 K und mehr sehr selten vorhanden sind, sind andere Methoden anzudenken.

Eine Möglichkeit könnte die Aktive Thermografie sein, wo durch Einbringen von Energie die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit von Bauteile ausgenutzt wird. Diese Technik steckt im Baubereich noch in den Kinderschuhen und Bedarf weiterer Forschungen.



Fassade Zubau Nord
 Die Oberflächentemp. liegt unter Lufttemperatur (Abkühlung gegenüber dem Nachthimmel)

„Wärmestau“ unter dem Fenstersturz sowie. Aufgrund des niedrigen Emissionsfaktors von Aluminium und dem Zusammenspiel von verminderter Abkühlung gegen den Nachthimmel und Reflexion ist über Fenster von Außen keine Aussage gemacht werden

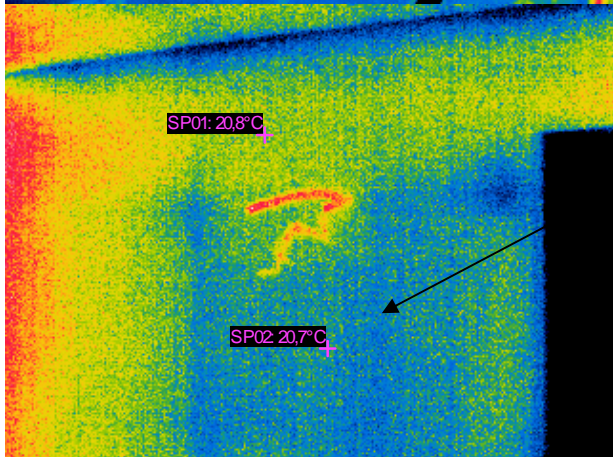


Fassade Süd

Defektes Paneel ist nicht erkennbar.

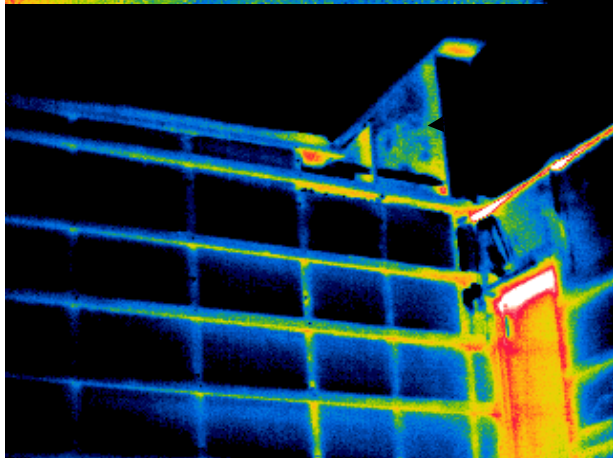
Intakte Paneel

Defektes Paneel



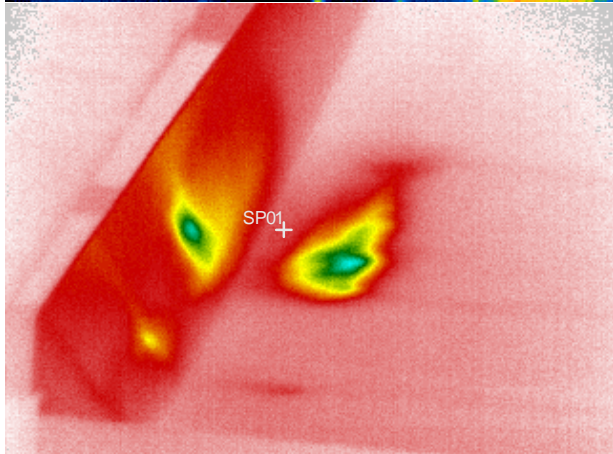
Fassade Süd Innenaufnahme

Hier lässt sich evtl. das defekte Paneel, ca 1 x 1,40 m erahnen.



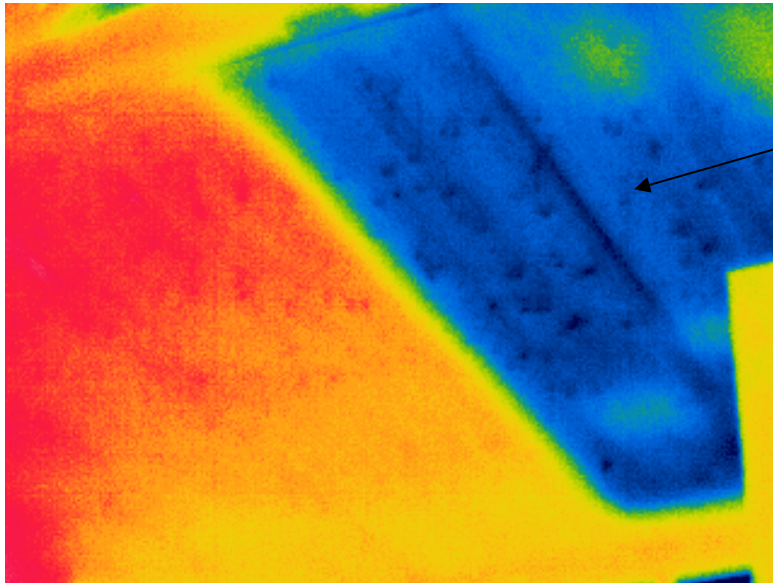
Westseite Dachträger

Der noch ungedämmte Bereich ist nur mit einer Differenz von ca 1 K erkennbar.



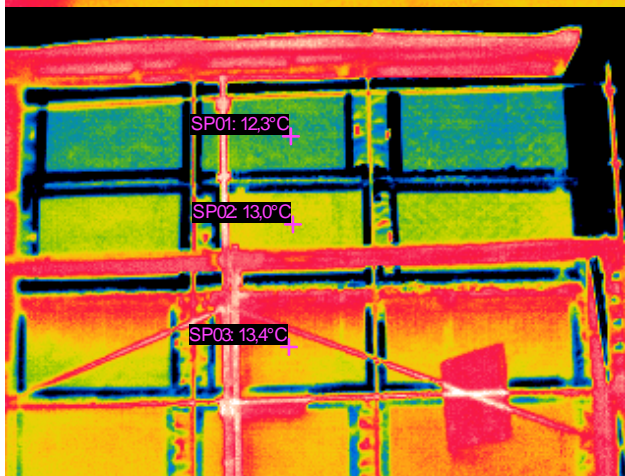
Dachträger Innen

Fehler im Bereich der Wärmedämmung. Ursache waren ca. faustgroße Fehlstellen



Dach Südseite

Aufnahme während der Rohbauarbeiten.
Rechter Bereich ist noch nicht gedämmt.



Fassade Nordseite – Montage

Durch den niederen Emissionsfaktor der Schutzfolie der VIP's ist eine Temperaturmessung ohne Korrektur der Umgebungsstrahlung (für jeden Aufnahmewinkel) und des Emissionsfaktor nicht möglich.

Dadurch ergeben sich scheinbare Temperaturunterschiede.

3.8 Fassaden

Wie geplant wird die Fassade mit beschichteten OSB-Platten verkleidet.
Die Beschichtung wird mittels dem Produkt Thermoshield durchgeführt.

Durch die hohe Elastizität und der hohen Sorptionsfähigkeit wird das Holz dauerhaft geschützt.

Obwohl im Holzbereich nur sehr wenig Erfahrung vorhanden ist, kann davon ausgegangen werden, dass das Nachstreichen eher aus optischen Gründen den aus technischer Notwendigkeit erfolgen muss.

Die Fa. Pachner hat in mehreren Versuchen die Verarbeitung im Spritzverfahren probiert und es konnte eine entsprechende Lösung gefunden werden.

Je nach Anforderungen der Fassade kommen folgende Beschichtungstechniken in Frage:

a) Hohe Anforderungen an die Optik

Hier ist es sinnvoll die Platten nach einem Verlegeplan zu zuschneiden und werkseitig im Spritzverfahren zu beschichten, damit eine Nachbearbeitung an der Baustelle nicht notwendig ist.

b) Mittlere Anforderungen an die Optik

Hier ist es zweckmäßig die Platten im Rohformat werkseitig zu beschichten, den Zuschnitt und die Kantenbearbeitung auf der Baustelle durchzuführen.

c) geringe Anforderungen an die Optik

Bei günstigen Fassadenlösungen oder bei groben Oberflächenstrukturen besteht die Möglichkeit die Platten auch mittels Pinsel oder Walze zu beschichten. Damit ist jeder Handwerker oder Bauherr in der Lage die Gestaltung vorzunehmen.

Zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit werden verschiedene Paneele einer Freilandbewitterung ausgesetzt.

Dieser Versuch wird durch die Holzforschung Austria durchgeführt.

Dazu wurden die fertig beschichteten Platten angeliefert und am 21.4.2006 montiert.

Die regelmäßig durchgeführten Messungen ergaben eine Quellung der Platten im Bereich zwischen 5 und 8%, bezogen auf die Ausgangsdicke.

Differenziert man die Anpassung an das Freilandklima in den ersten Monaten, so ergibt sich eine Quellung im Bereich von 3 bis 5% über den Jahresverlauf.

Das Beschichtungssystem zeigt nach einem Jahr Freilandbewitterung eine einheitliche Färbung der bewitterten Oberflächen im Ausgangsfarbtönen der Beschichtung. Es waren keine Abwitterungserscheinungen, Risse oder Abblätterungen der Beschichtung aufgetreten.



20.3.2007, 11 Monate nach Bewitterung keine Mängel erkennbar

3.9 PHPP

Die Energiekennzahl nach Fertigstellung liegt zurzeit bei 14 kWh/m²a.

Dabei wurde für die Vakuumdämmung anstelle des „Prospektwertes“ $\lambda = 0,005 \text{ W/mK}$ mit einem Durchschnittswert von $\lambda = 0,007 \text{ W/mK}$ gerechnet.

Dieser Durchschnittswert ergibt sich aus den Werten eines neuen Paneels, max. $0,005 \text{ W/mK}$ und dem Wert eines gealterten Paneels von ca. $0,008$ bis $0,009 \text{ W/mK}$ (EMPA).

Damit ergibt sich für die ersten 15 bis 25 Jahre eine „Überdämmung“ und für die nächsten 15 bis 25 Jahre eine „Unterdämmung“ des Gebäudes.

Unter der Annahme eines λ -Wertes von $0,005 \text{ W/mK}$ ergebe sich eine Kennzahl von 12 kWh/m²a, bei $\lambda = 0,009$ eine Kennzahl von 16 kWh/m²a.

Bei Totalausfall aller Paneele steigt die Energiekennzahl auf 21 kWh/m²a. Das Gebäude wäre aber mit dem vorhandenen Heizsystem und mit einer Heizlast von 5 kW immer noch ausreichend beheizbar.

Geht man von einer durchschnittlichen Lebensdauer einer Fassade von ca. 30 bis 40 Jahren aus, so besteht die Möglichkeit im Zuge einer Fassadensanierung auch evtl. die Vakuumpaneelle zu tauschen.

Im Gegensatz zu richtig verarbeiteten Dämmstoffen, ist die Lebensdauer von Vakuumdämmung eingeschränkt. Während konventionelle Dämmstoffe theoretisch kein Ablaufdatum haben ergibt sich bei Vakuumdämmung innerhalb von 50 Jahren eine Verschlechterung im ca. 80%.

Aus diesem Blickwinkel betrachtet ist es daher auch notwendig, einen gewissen Mindestwärmeschutz durch konventionelle Wärmedämmung zu gewährleisten.

Die vorläufigen Daten aus der PHPP:

- Heizwärmebedarf: 14,2 kWh/m²a (Jahresverfahren), 15,0 kWh/m²a (Monatsverfahren)
- Heizlast 4260 W, 12,2 W/m²
- Sommertauglichkeit – Übertemperaturhäufigkeit 12,5 %
- U-Wert über alle opaken Bauteile (gemittelt über Heizwärmebedarf): 0,124 W/m²K
- U-Wert Fenster: 0,661 W/m²K
- Anteil der Wärmebrücken am Transmissionsverlust: 0,9%

Passivhaus-Projektierung

ENERGIEKENNWERT HEIZWÄRME

Klima:
 Objekt:
 Standort:

Innentemperatur: °C
 Gebäudetyp/Nutzung:
 Energiebezugsfläche A_{EB}: m²
 Standard-Personenbelegung: Pers pro m²

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temp.-faktor f _t	G _t kWh/a	Summe	Einheit	
1. Außenwand Außenluft	A	395,8	0,122	1,00	80,2	3879	kWh/(m ² a)	
2. Außenwand Erdreich	B			0,46				
3. Dach/Decken Außenluft	D	256,5	0,114	1,00	80,2	2355		
4. Bodenplatte	B	229,8	0,137	0,46	80,2	1165		
5.	A			1,00				
6.	A			1,00				
7. Windfang	X			0,50				
8. Fenster	A	116,6	0,661	1,00	80,2	6180		
9. Außentür	A			1,00				
10. Wbrücken außen (Länge/m)	A	52,9	-0,021	1,00	80,2	-90		
11. Wbrücken Perimeter (Länge/m)	P			0,46				
12. Wbrücken Boden (Länge/m)	B	52,3	0,061	0,46	80,2	117		
Summe aller Hüllflächen		998,7				13607		38,9

Transmissionswärmeverluste Q_T

Lüftungsanlage:

effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η_{eff}

Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmelbtr. $\eta_{EW T}$

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L (1

wirksames Luftvolumen V_L m³

A_{EB} m² lichte Raumhöhe m m³

n_{L,Anlage} 1/h Φ_{WRG} n_{L,Rest} 1/h =

V_L m³ n_L 1/h c_{Luft} Wh/(m³K) G_t kWh/a = kWh/(m²a)

Lüftungswärmeverluste Q_L

Summe Wärmeverluste Q_V kWh/a + kWh/a = kWh/a = kWh/(m²a)

Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenend-absenkung

Ausrichtung der Fläche

Reduktionsfaktor vgl. Blatt Fenster	g-Wert (senkr. Einstr.)	Fläche m ²	Globalstr. Heizzeit kWh/(m ² a)	Summe	Einheit
1. Ost	0,38	0,52	7,84	250	387
2. Süd	0,57	0,51	51,35	374	5570
3. West	0,43	0,31	28,94	147	573
4. Nord	0,53	0,47	28,45	155	1109
5. Horizontal	0,40	0,00	0,00	341	0
				Summe	7639

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_S kWh/a = kWh/(m²a)

Interne Wärmequellen Q_I kh/d Länge Heizzeit da spezif. Leistung q_I W/m² A_{EB} m² = kWh/a = kWh/(m²a)

Freie Wärme Q_F Q_S + Q_I = kWh/a = kWh/(m²a)

Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten Q_F / Q_V =

Nutzungsgrad Wärmegewinne η_G $(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)) =$

Wärmegewinne Q_G $\eta_G \cdot Q_F =$ kWh/a = kWh/(m²a)

Heizwärmebedarf Q_H Q_V - Q_G = kWh/a = kWh/(m²a)

Grenzwert kWh/(m²a) Anforderung erfüllt? (ja/nein)

3.9.1 Funktionstauglichkeit des Passivhauses mit Vakuumdämmung

Um die Funktion des Passivhauses aus energetischer Sicht für zumindest 30 Jahre gewährleisten zu können sind folgende Maßnahmen notwendig:

- Bilanzierung des Heizwärmebedarfes mit durchschnittlichem λ -Wert der VIP
 - o Durchschnitt zw. 0,005 W/mK und 0,009 W/mK
- Genaue Ermittlung der Wärmebrücken und Einbau-Psi-Werten von Fenstern u.ä.
- Einbau einer Heizlastreserve
 - o Gebäude muss auch bei schlechterer Wärmedämmung beheizbar sein
- Um die Funktion eines Gebäudes mit Vakuumdämmung aus bauphysikalischer Sicht zu gewährleisten sind folgende Maßnahmen notwendig:
- Gewährleistung der Tauwasser- und Schimmelfreiheit auch bei Totalausfall eines Panels
 - o Wärmebrückensimulationen
- Untersuchung der Feuchtigkeitsverhältnisse in kritischen Bereichen
 - o WUFI-Simulationen
- Sicherstellung des Mindestwärmeschutzes lt. Bauordnung, Norm o.ä.
 - o U-Wert bei defektem VIP-Paneel
- Möglichkeiten der Austauschbarkeit von VIP's

3.10 Hygrische Messung

Die Grundlage für die genaue Berechnung von gekoppelten Wärme/Feuchte Vorgängen stellen neben den Materialeigenschaften die Klimadaten dar.

Die zurzeit vorhandenen Materialdaten reichen leider bei weitem noch nicht aus, um die verschiedenartigen Baustoffe zu simulieren. Hier ist noch ein großer Handlungsbedarf gegeben, der in erster Linie mit der Investitionsbereitschaft der Industrie zusammen hängt

Die vom Fraunhoferinstitut für Bauphysik angegebenen Klimadaten sind für die Berechnung von Bauteilen über dem Erdniveau ausreichend.

Es sind zwar Klimadaten über die Erdtemperatur in 50 und 100 cm Tiefe vorhanden, diese betreffen aber „nur“ den ungestörten Bereich.

Messungen unter Bauwerken oder im Sockelbereich sind zurzeit nicht vorhanden.

Durch Anregung der Jury der Programmlinie „Haus der Zukunft“ werden nun im Fußpunktbereich des Altbaues Messungen durchgeführt.

Die Messdaten werden über mind. 2 Jahre aufgezeichnet und können dann als Grundlage für weitere Simulationen verwendet werden.

Neben den Daten wie Innen- und Außenlufttemperatur und -feuchte, werden die Daten von

- Erdfeuchte und Temperatur unter der FU-Platte (Daten für Energiebilanzberechnung)
- Feuchte und Temperatur auf der FU-Platte (Schimmelgefahr)
- Feuchte und Temperatur in der bestehenden Wand (Abtrocknungsverlauf)
- Feuchte und Temperatur zwischen Wand und Vakuumdämmung (Schimmelgefahr)
- Innere Wandoberflächentemperatur (Referenz)

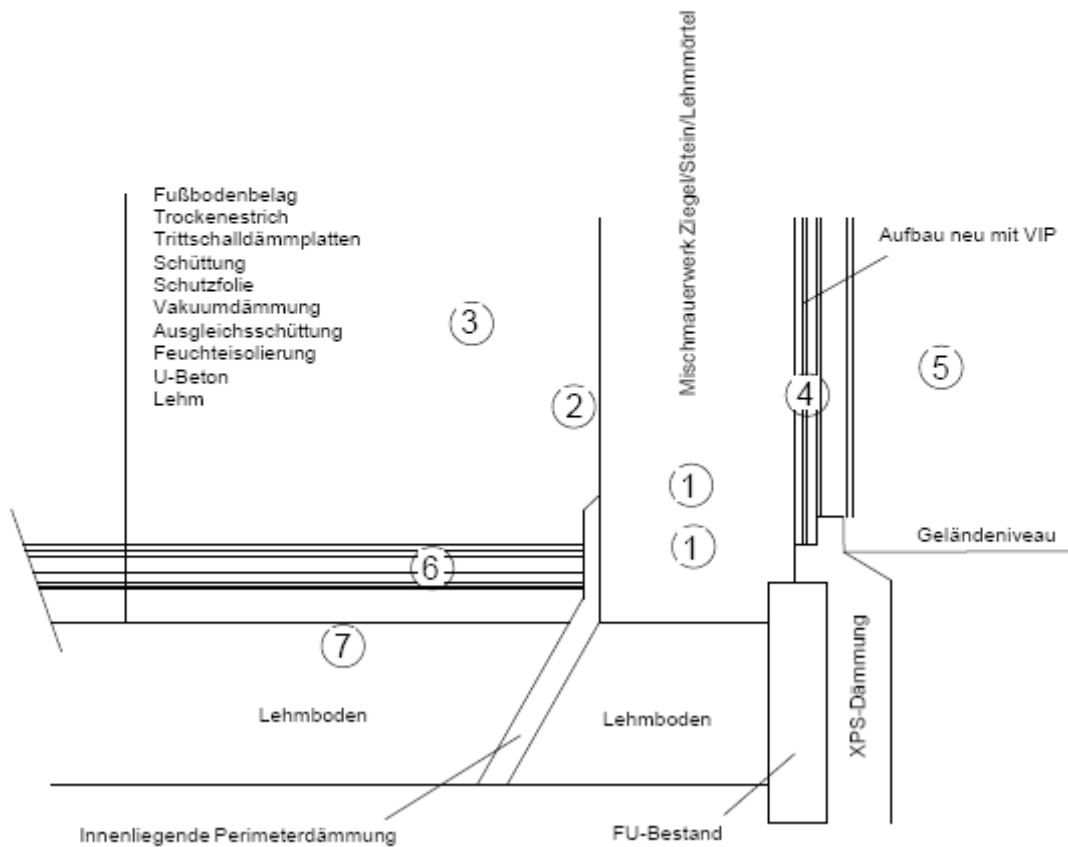
gemessen.

Aufgrund der hohen Kosten des Meßsystems wird dies nur an der Nordseite des Gebäudes durchgeführt.

Durch diese Messanordnung, welche vom Fraunhoferinstitut für Bauphysik in Holzkirchen überprüft wird, können die tatsächlichen Feuchte und Temperaturvorgänge erstmalig zusammenhängend gemessen werden.

Anordnung der Meßpunkte

- ① Meßpunkt 1 Luftfeuchte, ca. 5-100%rH, +-2%/Temperatur -5..+40°C, +-0,1K 2 x Meßpunkte
- ② Meßpunkt 2 Wandoberflächentemperatur, +10°C ...+ 30°C; +- 0,1 K
- ③ Meßpunkt 3 Luftfeuchte- und -temperatur - bereits vorhanden
- ④ Meßpunkt 4 Luftfeuchte, ca. 5-100%rH, +-2%/Temperatur -5..+40°C, +-0,1K
- ⑤ Meßpunkt 5 Luftfeuchte- und -temperatur - bereits vorhanden
- ⑥ Meßpunkt 6 Luftfeuchte, ca. 5-100%rH, +-2%/Temperatur -5..+40°C, +-0,1K
- ⑦ Meßpunkt 7 Luftfeuchte, ca. 5-100%rH, +-2%/Temperatur -5..+40°C, +-0,1K



4. Vorläufige Ergebnisse und Schlussfolgerungen

4.1 Montage von Vakuumpaneelen

Mechanische Befestigung

Die mechanische Befestigung von Vakuumdämmung mittels ausgefüllten, verklebten und überdämmten Fugen und mittels einer Holzlatte und entsprechender Verschraubung fixiert, ist eine handwerklich einfache und rasche Montageart.

Unter Verwendung von Dämmstoffdübel als „Führungen“ für die Schrauben, besteht auch keine Gefahr von Verletzungen der Folie durch diese.

Verklebung im Dachbereich

Das Verlegen der Vakuumpaneele in die Vergussmasse Refug 2 K ist eine einfache und gute Lösung. Wie die Praxis gezeigt hat ist auch ohne Auflast eine Eindeckung mit Bitumenbahnen möglich, was aus statischer Hinsicht das Einsatzgebiet erweitert.

Verklebung im Wand und Deckenbereich

Die Erstellung von WDVS mit Vakuumpaneelen ist aus technischer Sicht möglich, wenngleich noch keine Langzeiterfahrungen vorhanden sind.

Da die Konstruktion dem vorhandenen Normenwerk nicht entspricht, keine bauaufsichtliche Zulassung vorhanden ist, ist der Bauherr über dieses Risiko mit allen daraus resultierenden Folgen (Kosten) aufzuklären

Als geringstes Risiko aus handwerklicher Sicht, kann die Verwendung von Sandwichpaneelen aus EPS/VIP/EPS angesehen werden, da die Verklebung von EPS auf VIP und die Verklebung von EPS auf Beton/Ziegel grundsätzlich sehr gut funktioniert.

Montagekleber

Die Verklebung von Vakuumdämmung ist eine noch nicht ausgereifte und erprobte Technik. Grundsätzlich stehen für Vacupor-Dämmungen 4 Kleberarten zur Verfügung. Für die direkte Montage an Wänden oder Decken vor Ort sind jedoch nur 3 Kleber geeignet, ohne eine Aussage über das Langzeitverhalten machen zu können.

Die für die Dauerhaftigkeit ausschlaggebende Komponente werden mit aller Wahrscheinlichkeit die hygrischen Vorgänge im Bereich zwischen Folie und Untergrund sein.

Je nach Art der Verklebung sind die Kosten für die Kleber teilweise hoch und können zwischen 0,035 und 18% des Preises von Vakuumdämmung ausmachen.

Zusammenfassung Montage von Vakuumdämmung

Vakuumdämmung können an Fassaden mittels Klemmleisten, im Flachdachbereich mittels Vergussverfahren und als WDVS-System befestigt werden.

Aus den bis dato durchgeführten Arbeiten leiten sich folgende Erkenntnisse ab:

1: VIP's sollten im Herstellerwerk nach fortlaufenden Positionen verpackt werden.

2: Vakuumpaneele sind baustellengeeignet.

3: Die Befestigung von VIP-Panellen mittels Klemmleisten ist eine einfache, schnelle und sichere Befestigungsmethode.

4: Für die Verklebung von VIP auf Bitumen ist eine Möglichkeit vorhanden

5: Verklebungen von VIP als WDVS sind möglich. Die Haftungsfrage ist mit dem Bauherren abzuklären.

6: Montagekleber sind für unterschiedliche Anwendungen vorhanden. Langzeitprognosen können (noch) nicht abgegeben werden.

4.2 Vorgefertigte Holzelemente mit Vakuumdämmung

Durch den Neubau mit getrennter Errichtung von Holzbau und Montage der Vakuumdämmung konnten sehr wertvolle Erfahrungen gemacht werden, die bei der Sanierung nun angewandt werden sollen.

Da bei einer Fertigung von kompletten Wandelementen im Werk incl. Vakuumdämmung theoretisch durch den Ausfall einer einzigen Platte die gesamte Montage eines Gebäudes sich verzögern könnte ist es sinnvoll den Bauablauf in Errichtung des Rohbaues, Montieren der Vakuumdämmelemente und Fassade zu trennen.

Damit wäre für die Rohbauerrichtung nicht nur keine Zeitverzögerung gegeben, der Bauherr könnte auch aus dem vollen Angebot an Handwerkern wählen und ist auf keine Spezialfirma angewiesen. Es kommt zu keinen Mehrkosten bei den Standardgewerken und der Bauablauf ist nicht behindert.

Da die Fertigung der noch zu demonstrierenden „2-Mann-Vakuum-Element“ denkbar einfach erscheint, ist auch für diese Tätigkeit kein Spezialunternehmen notwendig.

Ein weiterer Vorteil gegenüber der zu Projektbeginn angedachten und beim Zubau durchgeführten Klemmtechnik sind die nur 0,2 % konstruktiv bedingter Fugen anstelle 1,6% (bezogen auf Flächenelemente)

Durch die Erstellung von vielen gleichen Elementen und Anpassungen an einen individuellen Raster sind weitere Kostenoptimierungen möglich.

Bei wirtschaftlichem Vergleich mit konventionellen Dämmsystemen rechnet sich der Einsatz von Vakuumdämmung nur dort wo die Verwendung von geringer Dämmstärke die Nutzfläche erweitert und andere bauliche Maßnahmen teurer kämen.

Aus energetischer Sicht rechnen sich Vakuumpaneel im Wandbereich nur bei evtl. zukünftigen hohen Preissteigerungen.

Zusammenfassend ergeben sich für das „2-Mann-Vakuum-Element“ folgende Vorteile:

- Keine Spezialfirmen notwendig
 - o Konventionelle Betriebe können die Rohbauhülle errichten
 - o Konventionelle Zimmereibetriebe können die Fassadenelemente mit Vakuumdämmung planen, herstellen und montieren
 - o Konventionelle Betriebe können die Fassade herstellen
- Keine langen und teuren Transportwege
- Wertschöpfung bleibt in der Region

Die Wirtschaftlichkeit ist zurzeit nur bei Anwendungen mit Nutzflächengewinn oder wenn andere bauliche Maßnahmen teurer kämen gegeben.

4.3 Austauschbarkeit

Aus Gewährleistungsgründen, zur Vermeidung von bauphysikalischen Schäden und zur evtl. Sicherstellung des Energieverbrauches oder der Beheizbarkeit, ist der Austausch von defekten Paneelen notwendig.

Dies ist im Gegensatz zu WDVS-System oder Putzoberflächen bei der vorgestellten Klemmleistenteknik und dem zukünftigen „2-Mann-Vakuum-Element“ leicht möglich.

4.4 Wärmebrückensimulationen

Wie die Arbeiten gezeigt haben ist es bei der Anwendung von Vakuumdämmung und bei der Sanierung des Altbestandes wichtig, die richtigen Wärmebrückenzuschläge zu berechnen und die Tauwasser- und Schimmelfreiheit herzustellen.

Im Bereich des Neubaus konnten alle Anschlüsse Wärmebrückenfrei geplant werden. Im Bereich des Altbaus werden die Anschlüsse so gestaltet, dass es zu keiner Tauwasser- oder Schimmelbildung kommt. Die Anschlüsse wurden optimiert und die entsprechenden Wärmebrückenzuschläge in die Energiebilanzierung aufgenommen.

4.5 Wärme-Feuchte-Simulationen

Aus den teils vorläufigen Berechnungen kann erkannt werden, dass mittels instationärer, gekoppelter Wärme/Feuchtesimulation auch andere, einfachere Ausführungsvarianten möglich sind bzw. im Altbestand auf dieses Planungsinstrument nicht verzichtet werden soll, um evtl. spätere Bauschäden zu verhindern.

Gerade der Einbau von Feuchtigkeitssperren unter altem Mauerwerk wäre sehr aufwendig und ist bei entsprechender Planung nicht zwingend notwendig. Das äußere Aufbringen von Vakuumdämmung an altem Mauerwerk kann möglicherweise zu Bauschäden führen. Hier kann der Zeitpunkt der Montage Ausschlag gebend sein. Es wird versucht hier noch entsprechende Lösungen zu entwickeln, bzw. werden die hygrischen Messungen konkrete Daten liefern.

4.6 Qualitätssicherung

Die Thermografische Messung des Altbaus ergab aus wärmetechnischer Sicht keine Besonderheiten. Die gefundenen tauwasser- bzw. schimmelgefährdete Bereiche entsprechen dem Baustandard.

Strukturell konnte neben der bekannten, und von Innen sichtbaren, zugemauerten Tür ein 2. Bereich detektiert werden, wo nachträglich das Mauerwerk verändert wurde. Mittels aktiver Thermografie ließen sich auch Putzrisse in der Fassade und evtl. Dellaminationen von Putzen detektieren.

Beim Neubau stellt die Überprüfung von hochgedämmten Bauteilen mittels Thermografie ein grundsätzliches Problem dar.

Bei Vakuumpaneelen liegt der Unterschied des U-Wertes zwischen intaktem und defektem Paneel grundsätzlich im Bereich des Faktors 4,

Werden VIP's aber in Konstruktionen eingebaut und mit anderen Baustoffen überdämmt, verringert sich der Faktor auf ca. 1,5.

Trotz einer deutlichen Verschlechterung des U-Wertes um 50% = 50% mehr Heizkosten, ist die Detektion von defekten Paneelen nur von Innen und nur bei sehr hohen Temperaturdifferenzen, aufgrund des geringen Wärmestromes, möglich.

Aus diesem Grund war es auch im heurigen Winter nicht möglich, die defekten Paneele zu detektieren.

4.7 Fassaden

Die geplante, mit Thermoshield beschichtete OSB-Platten, Fassade erscheint auf Grund des Zwischenstandes des Freilandversuches, als gute Lösung.

Das Beschichtungssystem zeigt nach einem Jahr Freilandbewitterung eine einheitliche Färbung der bewitterten Oberflächen im Ausgangsfarbtönen der Beschichtung. Es waren keine Abwitterungserscheinungen, Risse oder Abblätterungen der Beschichtung aufgetreten.

Durch die von der Fa. Pachner in mehreren Versuchen gefundene Lösung für die Verarbeitung im Spritzverfahren ist auch eine optisch einwandfreie Oberflächenqualität möglich.

4.8 PHPP

Durch die Berechnung des U-Wertes mit einem Durchschnittswert der Wärmeleitfähigkeit von Vakuumdämmung von $\lambda = 0,007 \text{ W/mK}$ ergibt sich eine Energiekennzahl von $14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Der Durchschnittswert ergibt sich aus den Werten eines neuen Paneels und dem Wert eines gealterten Paneels.

Damit ergibt sich für die ersten 15 bis 25 Jahre eine „Überdämmung“ und für die nächsten 15 bis 25 Jahre eine „Unterdämmung“ des Gebäudes.

Im Gegensatz zu richtig verarbeiteten Dämmstoffen, ist die Lebensdauer von Vakuumdämmung eingeschränkt. Damit verschlechtert sich die Energiekennzahl in 50 Jahre theoretisch auf ca. $16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

4.9 Hygrische Messung

Diese Messungen sind in Vorbereitung.

4.10 Zusammenfassung

Der Einsatz von Vakuumdämmung im Neubau und bei der Sanierung ist technisch und praktisch lösbar. Die bisherigen Erkenntnisse schaffen die Grundlagen um zu einer „allgemeinen Tauglichkeit“ für Handwerksbetriebe und Planer zu gelangen.

Mit den vorhandenen Befestigungssystemen und Klebstoffen lassen sich grundsätzlich alle denkbaren Bauaufgaben bewerkstelligen.

Um Bauschadenfreiheit zu garantieren sind bei der Planung Simulationen unerlässlich. Werden Planungs- und Ausführungsvorgaben berücksichtigt und eingehalten, ist der Einsatz von Vakuumdämmung im Neu- und Altbau eine technisch gute Lösung.

Wenn es gelingt die Toleranzen der Vakuumpaneele und die Faltechnik zu verbessern, ist auch die Bestellung nach Planmaß für große Flächen denkbar.

Die Baustellentauglichkeit ist durch die mechanische Belastbarkeit der Verbundfolien bei Vakuumpaneelen gegeben.

Aus handwerklicher Sicht ist für sorgfältige Handwerker eine Verarbeitung problemlos durchzuführen.

Die notwendige Austauschbarkeit von defekten Paneelen ist durch die Klemmtechnik problemlos möglich und konnte für den Neubaubereich demonstriert werden.

Wie die Freilandversuche zeigen sind OSB-Platten mit endokeramischer Beschichtung möglicherweise eine gute und günstige Variante für farblich gestaltete Holzfassaden.

Bei richtiger Planung und Berücksichtigung der Eigenschaften von Vakuumdämmung ist auch bei Verschlechterung der Dämmeigenschaften die Funktion des Gebäudes gesichert.

Hinsichtlich Qualitätssicherung gilt es die Messtechnik Thermografie zu verfeinern, um auch hochgedämmte Bauteile unter Praxisbedingungen überprüfen zu können.

Ausblick

In den nächsten Monaten wird die Sanierung des Altbaues durchgeführt. Aufgrund der reichlichen Erfahrung wird ein besserer Ablauf der Montagearbeiten erwartet.

Durch die Fertigstellung, insbesondere der Aufbereitung der Simulationsergebnisse, werden zu Projektende detaillierte Lösungen für Planung und Verarbeitung von Vakuumdämmung im Neu- und Altbau gegeben sein.

Die in den folgenden Jahren durchzuführenden Messungen und Versuche werden eine Möglichkeit für die thermografische Überprüfung von hochgedämmten Bauteilen aufzeigen, sowie die Feuchtigkeits- und Temperaturvorgänge im Inneren des Mauersockels des Altbaues darstellen.

Aus heutiger Sicht kann die Beabsichtigte Auswertung der Ergebnisse in Form von Darstellung der Befestigungstechnik, der Detaillösungen von VIP- Bauanschlüssen, Ergebnisse aus dem Freilandversuch mit Thermoshield, der Kostenkalkulation und der möglichen Meßmethoden für hochgedämmte Bauteile ohne nennenswerte Hindernisse erfolgen.

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Anhang

- Prüfbericht HFA Austria