

Erste Altbausanierung auf Passivhausstandard mit VIPs

Sanierung eines 150 Jahre alten Bauernhauses auf
Passivhausstandard nach PHPP unter Einsatz von
Vakuumdämmung

E. Panic, A. Fürstenberger, G. Lang, P. Pachner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

32/2009

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3, 1180 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Erste Altbausanierung auf Passivhausstandard mit VIPs

Sanierung eines 150 Jahre alten Bauernhauses auf
Passivhausstandard nach PHPP unter Einsatz von
Vakuumdämmung

Emanuel Panic
TB-PANIC

Ing. Günter Lang
LANG consulting

DI Arch. Andreas Fürstenberger

Peter Pachner
Tischlerei Pachner

Schleißheim, Mai 2008

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines beauftragten Projekts aus der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie gestartet wurde.

Die Programmlinie *Haus der Zukunft* intendiert, konkrete Wege für innovatives Bauen zu entwickeln und einzuleiten. Aufbauend auf der solaren Niedrigenergiebauweise und dem Passivhaus-Konzept soll eine bessere Energieeffizienz, ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energieträger, nachwachsender und ökologischer Rohstoffe, sowie eine stärkere Berücksichtigung von Nutzungsaspekten und Nutzerakzeptanz bei vergleichbaren Kosten zu konventionellen Bauweisen erreicht werden. Damit werden für die Planung und Realisierung von Wohn- und Bürogebäuden richtungsweisende Schritte hinsichtlich ökoeffizientem Bauen und einer nachhaltigen Wirtschaftsweise in Österreich demonstriert.

Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt dank des überdurchschnittlichen Engagements und der übergreifenden Kooperationen der Auftragnehmer, des aktiven Einsatzes des begleitenden Schirmmanagements durch die Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik und der guten Kooperation mit der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft bei der Projektabwicklung über unseren Erwartungen und führt bereits jetzt zu konkreten Umsetzungsstrategien von modellhaften Pilotprojekten.

Das Impulsprogramm *Nachhaltig Wirtschaften* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Auftragnehmer:

TB-PANIC

Autoren:

Emanuel Panic
 Ing. Günter Lang
 DI Arch. Andreas Fürstenberger
 Peter Pachner

Projektpartner**Erste Altbausanierung eines Bauernhauses auf Passivhausstandard mit VIPs:**

Familie Emanuel Panic und Mag. Brigitte Panic-Unfried	Schleißheim	Bauherrn
TB-Panic Projektleitung und Projektierung PHPP, Statik, Holzbau, Qualitätssicherung, Simulationen	Schleißheim	Emanuel Panic
LANG consulting Projektbegleitung	Wien	Ing. Günter Lang
Arch. Dipl. Ing. Fürstenberger Architektur	Wien	DI A. Fürstenberger
Tischlerei Pachner Montage VIP Verarbeitung Thermokeramischer Anstrich	Grieskirchen	Peter Pachner
Arch. Mag. art. Christian Makowetz Fassadengestaltung	Bad Wimsbach	Mag. art. Ch. Makowetz
Fa. Muggenheimer Franz Heizung – Lüftung - Sanitär	Grieskirchen	Ing. Th. Muggenheimer
Erich Kornhuber Dach- u. Spenglerarbeiten	Grieskirchen	Erich Kornhuber
Elektrotechnik plus Elektroinstallation	Vorchdorf	Christian Panic
Lederbauer GmbH Fenster, Türen	Eberschwang	Franz Korntner
K & J. Weixelbaumer, Baumeister GmbH Baumeisterarbeiten	Wels	Ing. Scharrer
Porextherm Dämmstoffe GmbH Vakuumdämmung	Kempton	Gregor Erbenich
Drexel & Weiss energieeffiziente Haustechniksysteme GmbH Komfortlüftungsgerät	Wolfurt	Ing. Christof Drexel
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP-Holzkirchen Unterstützung Messanordnung d. Fühler	Holzkirchen	DI Daniel Zirkelbach

Besten Dank für die hervorragende Zusammenarbeit an alle Projektbeteiligte
 Schleißheim, Mai 2008

KURZFASSUNG	11
MOTIVATION	11
INNOVATIVE ASPEKTE	12
SUMMARY	14
1. EINLEITUNG	17
1.1 AUSGANGSSITUATION - PROBLEMBESCHREIBUNG.....	17
1.2 INTERESSEN FÜR DIE PROGRAMMLINIE HAUS DER ZUKUNFT	19
1.3 FOLGEABSCHÄTZUNGEN.....	19
1.3.1 Folgenabschätzung in wirtschaftlicher Hinsicht.....	19
1.3.2 Gesellschaftlicher Aspekt	22
1.3.3 Ökologischer Aspekt.....	22
2. SCHWERPUNKTE DER ARBEIT	24
3. VORARBEITEN UND ANDERE PROJEKTE	24
3.1 Vorarbeiten Vakuumdämmung.....	24
3.2 Vorarbeiten thermokeramische Beschichtung.....	25
4. EINFÜHRUNG	26
4.1 ARBEITS- UND PLANUNGSABLAUF	27
4.2 METHODEN UND DATEN.....	27
5. PROJEKTBERICHT	29
5.1 ALLGEMEIN	29
5.2 PROJEKTBECHREIBUNG – BESTAND	29
5.2.1 Standort.....	29
5.2.2 Geschichte.....	30
5.2.3 Erste Bauphase	31
5.2.4 Energetischer Zustand vor Sanierung	33
5.2.5 Allgemeine Umsetzungsansätze	35
5.2.6 Bauliche und nutzungstechnische Anforderungen der Sanierung.....	35
5.2.7 Sanierungskriterien.....	36
5.3.8 Arbeits- und Zeitplan des Demontstrtionsprojektes.....	38
5.3.9 Bauablauf	39
5.4 MONTAGEABLAUF VIP	42
5.4.1 Montage von VIP – Mechanische Befestigung.....	42
5.4.2 Montage von VIP – Geklebt.....	44
5.4.3 Montagekleber.....	46
5.5 VORGEFERTIGTE HOLZELEMENTE MIT VAKUUMDÄMMUNG.....	48
5.5.1 Zubau – ausgeführte Variante	50
5.5.2 Altbau – ausgeführte Variante	51
5.5.3 Kosten für die „2 Mann-Platte“.....	53
5.5.4 Angenommene Mehrkosten gegenüber konventioneller Dämmung	54
5.5.5 Mehrkosten und Energieersparnis.....	54
5.5.6 „2-Mann-VIP-Element“ für den Bereich des Altbaues	56
5.5.7 Sockel- und Fensterdetail Altbau.....	60
5.6 AUSTAUSCHBARKEIT VON VAKUUMPANEELEN.....	61
5.6.1 Gründe für das Austauschen von Paneelen.....	62
5.7 WÄRMEBRÜCKENFREIE BAUTEILANSCHLÜSSE	63
5.7.1 Wandelemente – Fuge VIP	63
5.7.2 Fensteranschluß.....	66
5.7.3 Sockelanschluß Zubau	66
5.7.4 Dachträger.....	68
5.7.5 Südverglasung – Wintergarten	69
5.7.6 Sockel Altbau.....	69
5.7.7 Tragende Wände Altbau.....	70
5.8 WUFI – WÄRME UND FEUCHTE INSTATIONÄR.....	71

5.8.1	Wand Neubau.....	71
5.8.2	Sockel Neubau	73
5.8.3	Wand Altbau	74
5.8.4	Sockelausbildung Altbau	78
5.8.5	Arbeitsablauf – Sockeldämmung	80
5.9	QUALITÄTSSICHERUNG	81
5.9.1	Luftdichtheitsmessung.....	81
5.9.2	Thermografie Altbau	83
5.9.3	Thermografie Neubau.....	85
5.10	FASSADEN	89
5.11	PHPP.....	91
5.11.1	Funktionstauglichkeit des Passivhauses mit Vakuumdämmung	93
5.12	HYGRISCHE MESSUNG	93
5.12.1	Vorläufige Ergebnisse	95
6	ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	97
6.1	MONTAGE VON VAKUUMPANEELEN	97
6.2	VORGEFERTIGTE HOLZELEMENTE MIT VAKUUMDÄMMUNG.....	98
6.3	AUSTAUSCHBARKEIT	98
6.4	WÄRMEBRÜCKENSIMULATIONEN	99
6.5	WÄRME-FEUCHTE-SIMULATIONEN	99
6.6	QUALITÄTSSICHERUNG	99
6.7	FASSADEN	100
6.8	PHPP.....	100
6.9	HYGRISCHE MESSUNG	100
6.10	PROJEKTKOSTEN	101
6.11	ZUSAMMENFASSUNG	103
7	AUSBLICK.....	104
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	105

Kurzfassung

Mit der Umsetzung der Altbausanierung eines kleinen Bauernhofes aus dem Jahre 1854 auf Passivhausstandard nach PHPP mittels Vakuumdämmung konnten eindrucksvoll die technischen Möglichkeiten der Verarbeitung von Vakuumdämmung demonstriert werden.

Im Bereich der ehemaligen Scheune konnte durch Verwendung von Vakuumdämmung die Gesamtwandstärke auf 34 cm begrenzt werden. Dies entspricht in etwa einer Verringerung um 25 cm gegenüber konventionellen Bauweisen.

Anstelle von 30 cm WDVS konnte durch die Verwendung von Vakuumdämmung im Bereich des Hausstockes und des ehemaligen Stalles die zusätzliche notwendige Wandverbreiterung auf 14 cm begrenzt werden. Dadurch wurde bei den bestehenden 60 cm starken Wänden eine Schießschartenbildung verhindert und der Wohncharakter im Inneren beibehalten.

Die Befestigung von Vakuumdämmung wurde durch unterschiedliche Methoden demonstriert. Die durchgeführten Varianten mit Klemmleistentchnik, Vergussverfahren, Verklebung als WDVS-System und als vorgefertigte 2-Mann-Platte können alle als praxistauglich bezeichnet werden.

Mittels Wärmebrückensimulationen, ein- und 2-dimensionalen Wärme-Feuchte-Simulationen konnten auch alle Anschlüsse im Bereich des Altbaues werden die Anschlüsse so gestaltet werden, dass es zu keiner Tauwasser- oder Schimmelbildung kommen wird. Die Anschlüsse wurden optimiert und die entsprechenden Wärmebrückezuschläge in die Energiebilanzierung aufgenommen.

Auch die ersten Messergebnisse stimmen zuversichtlich, dass es trotz dem Aufbringen der dampfdichten Vakuumdämmung zu keinen Bauschäden kommen wird.

Die mit OSB-Platten ausgeführte Fassade wurde mit der endokeramischen Beschichtung Thermoshield bzw. Energyguard beschichtet und zeigt im bis dato 2 jährigen Bewitterungsversuch an der Holzforschung Austria bis dato keine Abnutzungserscheinungen. Diese Ergebnisse decken sich einerseits mit den seit ca. 4 Jahren laufenden Eingensversuchen und den Herstellerangaben, welche von einem 20-jährigen Streichintervall ausgehen.

Motivation

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂-Emissionen im Kyoto-Maßnahmenpaket 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.

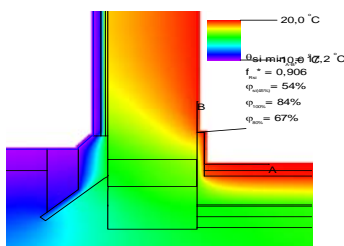
Um aus architektonischer Sicht die Dämmstärken zu minimieren, fiel die Entscheidung auf die Verwendung von Vakuumdämmung. Im Bereich des Altbaus ist so nur eine zusätzliche Stärke von ca. 14 cm notwendig, um Passivhausstandard zu erreichen.

Ziele

Bei der durchgeführten Sanierung konnten folgende Ziele erreicht werden:

- **Entwicklung eines Fassadensystems mit Vakuumdämmung:** Mit der Entwicklung der sogenannten 2-Mann-Platte konnte ein fast durchdringungsfreies, einfach zu erstellendes und praxistaugliches hochdämmendes Wandelement mit Vakuumdämmung realisiert werden.
- **Austauschbarkeit von Vakuumpaneelen:** Im Bereich der mechanisch befestigten System wurde die nachträgliche Austauschbarkeit von defekten Paneelen demonstriert, sodass eine nachträgliche und kostengünstige Wartung und Instandhaltung von Vakuumdämmfassaden möglich ist.
- **Kondenswasser- und schimmelfreie Sanierung:** Trotz teils diffusionsdichter Aufbauten und ohne eine feuchtetechnische Sanierung der alten 60 cm starken Ziegelwände wurden dauerhaft bauschadensfreie Detailanschlüsse und Lösungen entwickelt
- **Einbindung der bäuerlichen Struktur:** Sämtliche vorhandene bäuerlichen Strukturelemente wie Tischherd, Kachelofen, Hausglocke mit Seilzug, Lehmkeller und Stallgewölbe konnten passivhaustauglich in die Gebäudehülle integriert werden
- **Dauerhafte kostengünstige Holzfassade:** Durch die Anwendung von thermokeramischen Beschichtungen ist eine neuartige Fassadengestaltung möglich, die neben der optischen Vielfalt eine sehr lange Lebensdauer bei geringstem Wartungsaufwand aufweist.
- **Hoher Wohnkomfort und Gebäudequalität:** Durch die konsequente Sanierung auf Passivhausstandard konnten die Vorzüge wie gute Frischluftqualität in allen Zimmern, verbesserte Tageslichtsituation, erheblich verbesserter thermischer Komfort, sehr geringer Energiebedarf und ein hoher Gebäudewert durch eine nachhaltige, langfristig bestehende Sanierung mit geringen Lebensdauerkosten erzielt werden.
- **Vorbildwirkung:** Durch eine weitere Sanierung eines sehr alten Gebäudes auf Passivhausstandard wurde ein zukunftsweisendes Konzept in den Bereichen Energieeffizienz und moderner Wohnbau dargestellt, das die Hemmschwelle für zukünftige Sanierungen weiter nach unten drücken könnte.

Innovative Aspekte



Da eine konventionelle Feuchtesanierung (Einschlagen von Stahlplatten, Bohrlochinjektion, etc.) aus wirtschaftlicher Sicht nicht in Frage kommt und ein Erfolg nicht 100 % gesichert ist, bestand die Aufgabe darin, Anschlussdetails so zu planen, dass es zu keinen Feuchtigkeitsschäden kommt und die Wärmebrücken passivhaustauglich sind.

Wichtig war den Bauherren auch, dass die bäuerliche Infrastruktur und das alte Mauerwerk mit in die Passivhülle integriert werden, um trotz der modernen Außenhülle, den Ursprung des Ge-



bäudes fühlen zu können.

Erstmals wurden u. a. der bestehende Tischherd samt Kachelofen durch Unterfangung, die Hausglocke mit thermisch getrenntem und luftdichtem Seilzug sowie der bestehende Lehmkeller durch Überbauung passivhaustauglich integriert.



4 unterschiedliche Befestigungsmethoden auf einen Blick.

Das Sichtmauerwerk wurde als 2-schaliges Mauerwerk mit dazwischen liegender Vakuumdämmung realisiert. Die Aufnahme der Horizontallast erfolgt durch Kunststoffstäbe, die wärmebrückenfrei die Vakuumdämmung durchdringen. Im Sockelbereich wurde das Sichtmauerwerk thermisch entkoppelt an den Altbestand angehängt.



Im Bereich der hellgrünen und roten Fassadenplatten werden die Vakuumpaneele mittels Klemmleisten gehalten.

Der Eingangsbereich ist als WDVS ausgeführt.

Rechts davon beginnt der Bereich mit vorgefertigten 2-Mann-Platten.

Neben der Befestigung ist aber die Austauschmöglichkeit ohne großflächige Zerstörung der Fassade ein wichtiger und gegebener Aspekt.



2,50 m Auskragung, Spannweite 4,80 m und trotzdem thermisch getrennt. Das sind die Eckdaten der westseitigen Balkonkonstruktion.

In Verbindung mit dem schlanken Wandaufbau ergibt sich eine sehr filigrane und leichte Konstruktion.

Die Kombination von OSB-Platte und thermokeramischem Anstrich ergibt eine äußerst günstige und dauerhafte Fassade. Die durchgeführten Freilandversuche stimmen positiv und aus technischer Sicht darf von Streichintervallen von bis zu 20 Jahren ausgegangen werden.

S U M M A R Y

With the realization of the refurbishment of an 1854 built small farmhouse to passive-house standard according to PHPP by means of vacuum insulation, the technical potentialities of the use of vacuum insulation could be demonstrated impressively in this project.

In the area of the former barn the total thickness of the walls could be limited to 34 cm using the vacuum insulation. This is about equivalent to a reduction of 25 cm compared to conventional construction methods

Instead of 30 cm External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) the additional necessary widening of the wall in the area of the basic house structure and in the area of the former stable could be limited to 14 cm using vacuum insulation. That's how the creating of embrasures on the existing 60 cm thick walls was prevented and the character of living inside was maintained.

The installation and the fitting of the vacuum insulation were demonstrated by different methods. The implemented methods – clamp-technique, or casting-technique, or covering-technique with ETIC-system or use of in advance produced 2-man-panel-units – are all together practical.

By means of thermal bridges simulations and by one- and two-dimensional temperature-moisture-simulations all connections in the area of the old building could be realized in a way that there will not be moisture or must. The connections have been optimized and the appropriate thermal-bridge-surcharges have been taken in the energy-calculation. First measuring data give cause of confidence that in spite of the mounting of the steam-tight vacuum insulation there will be no damages in the structural fabric.

The facade mounted with OSB-panels is coated endoceramicly with „Thermoshield“ and „Energyguard“ respectively and shows no wear and tear after a 2 years lasting weather-test and research of the research centre for wooden technology „Austria“ („HFA-Holzforschung Austria“). These results and data correspond with the about 4 years lasting tests of the TB Panic itself and the information of the manufacturer, assuming a painting-interval of 20 years.

Motivation

Thermal energetic refurbishment of old buildings is by far the most important contribution to an effective reduction of CO₂-emissions in the Kyoto package of measures. There is the chance to bring buildings in need of refurbishment immediately to a high level of energy-efficiency and user-comfort.

In addition to the climate-political motivation the philosophy of first refurbishing old buildings, instead of building in undeveloped areas moves into centre stage. And apart from that, this about 1854 built small farmhouse with an expenditure of energy of about 387 KWh/m²a, does not meet the standard of modern living any more. Therefore a major refurbishing of building was necessary.

From the architectural point of view to minimize the thickness of the insulation, it was decided to use a vacuum insulation. In the area of the old building an additional thickness of just 14 cm is necessary to achieve passive-house standard.

Aims

Realizing this project the aims as follow could be achieved:

- **Development of a facade-system with vacuum insulation:** Developing of so called 2-man-panel-units, an extremely tight, easily to build and feasible practically high insulating wall-element, could be realized with this vacuum insulation.
- **Exchangeability of VIPs (Vacuum-insulation-panels):** In the areas where the VIPs were mounted mechanically, a later replacement of damaged panels was demonstrated. Therefore a supplementary, later and reasonable maintenance and servicing of the vacuum-insulation are possible.
- **Refurbishing free of moisture and must:** Despite of diffusion-tight assemblies and without a moisture-proofing refurbishing of the old 60 cm thick brick walls, lasting damage-free detailed extensions and solutions have been developed.
- **Integration of the rural structure:** All existing rural structural elements, such as a table-oven, a tiled stove, a doorbell with a rope-tug, a loam-cellar and the vaults of the stable could be integrated suitable for passive-house standard into the structure of the building.
- **Lasting reasonable wooden facade:** Using thermo-ceramic coating a new shaping of a facade is possible, which besides the optical variety shows a very long lasting life with a minimum of maintenance.
- **High comfort of living and high quality of the building:** With a firm refurbishing to passive-house standard advantages, such as a good quality of fresh air in all rooms, an improvement of the daylight situation, a relevant better thermal comfort, a very small energy requirement and a high value of the building itself, could be reached by a lasting, long-term refurbishing with small life-cycle-costs.
- **Impact of ideal example:** With another refurbishing of a very old building a concept for the future in the field of energy-efficiency and modern building has been presented, a contribution to encourage future refurbishing.

Innovative aspects

As a damp-proofing by means of conventional methods (hammering in steel sheets, drill hole injections etc.) was out of question because of economic reasons, and also an effect is not guaranteed for 100 %, the problem was to plan the details of connection in such a way, that there would be no moisture damages and that the thermal bridges are suitable for passive-house standard.

For the buildings owner it was also important that the rural, rustic infrastructure and the old brickwork was integrated within the appearance of the passive-house to further feel the origin of the building in spite of the modern appearance of the building.

For the first time the existing table-oven with its tiled stove has been integrated suitable for passive-house standard by underpinning, the same as the doorbell by its thermal separated and airtight rope-tug and as the existing loam-cellar by building over.

Four different methods of fixing, fitting and installation at one sight:

The visible brickwork has been implemented as a 2-shelled brickwork construction with a vacuum insulation between the 2 shells. Plastic rods penetrating the vacuum insulation free of thermal bridges hold the horizontal weight. On the base the visible brickwork has been thermally uncoupled and had been connected to the old structural fabric.

In the area of the light green and red facade-panels the vacuum-panels are held by clamps. The entrance-area is carried out in ETICS construction. Right from this area the area done with 2-man-panel-units starts.

But besides the installation and fixing the exchangeability without a greater damage of the facade is an important and given aspect.

2,50 m projection, 4,80 m span, but still thermally separated. These are the key features of the balcony towards the west. In connection with the slim wall structure this is a very lightweight construction.

The combination of OSB-panels and thermo-ceramic coating makes an extremely reasonable and durable facade. The outdoor tests give cause of confidence and it can be assumed that from the technical point of view the intervals of necessary painting are from up to 20 years.

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation – Problembeschreibung

In Österreich existieren ca. 990.000 thermisch sehr schlechte Wohnbauten. Die nachstehende Grafik macht sowohl die große Anzahl an Gebäuden als auch deren sehr hohen Endenergieverbrauch für Raumwärme im Betrachtungszeitraum 1945–1980 deutlich. 64 % der für die Raumheizung eingesetzten Endenergie entfällt dabei auf bestehende Ein- und Zweifamilienhäuser (dunkle Balken), 36 % auf Mehrfamilienhäuser.

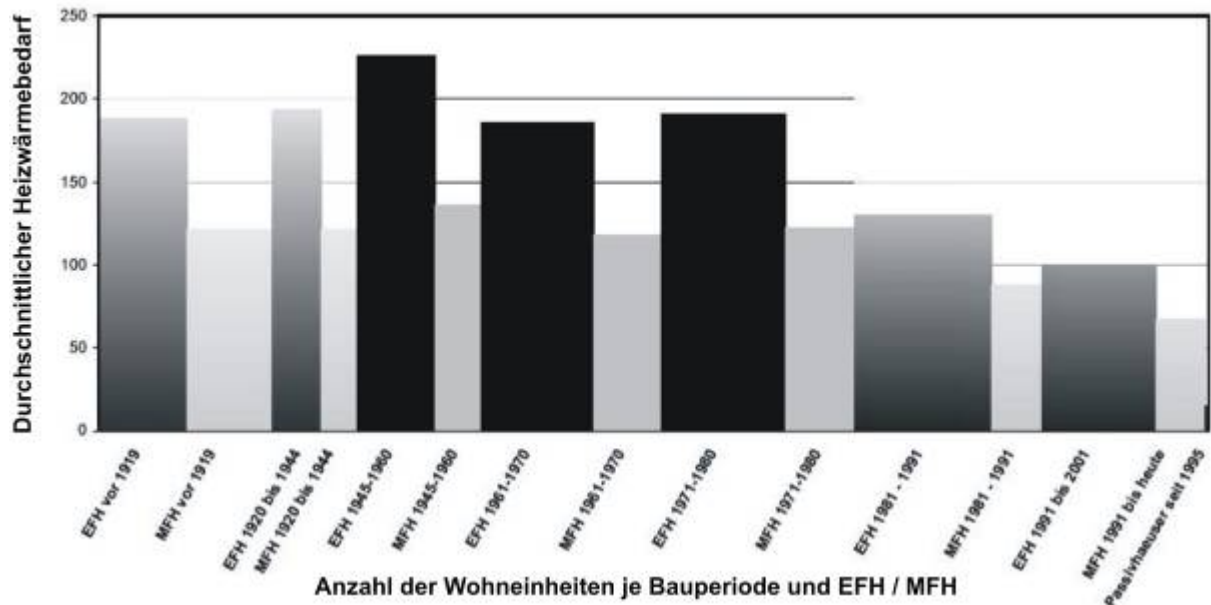


Abbildung 1: Wohnbau in Österreich,

Quelle: Statistik Austria HWZ 1991; Grafik Krapmeier: schwarz = Einfamilienhäuser, grau = Mehrfamilienhäuser; aus dem Tagungsband „Althausanierung mit Passivhauspraxis“, 2003

Dabei rangieren die Bauten vor 1944 nach jenen der Baualtersklasse zwischen 1945 bis 1960 an ca. zweiter Stelle. Ein Großteil dieser Bauten steht in dicht verbautem städtischen Bereich, wo in den meisten Fällen kein bis wenig Platz für nachträgliche zusätzliche Wärmedämmung vorhanden ist. Diese Bauten weisen oftmals an der Straßenseite eine gegliederte und im Innenhofbereich eine einfache Fassadengestaltung auf. Hinzu kommt noch, dass die seitlichen Gebäudegrenzen direkt an der Grundstücksgrenze liegen.

Und genau in jenen Bereich ergibt der Einsatz von Vakuumdämmung diese Bauwerken die Möglichkeit ganz- oder nur teilweise hochdämmend zu saniert zu werden.

Je nach verwendeter Befestigungstechnik lassen sich Gesamt U-Werte von 0,15 W/m²K bereits mit nur 6 cm zusätzlicher Dämmung realisieren.

Damit ist ein überbauen der Grundstücksgrenzen, sowohl zu Nachbargrundgrenzen als auch über das öffentliche Gut denkbar.

Die thermisch nachhaltige Altbausanierung stellt mit Abstand den wichtigsten Beitrag für eine wirkungsvolle Reduktion der CO₂-Emissionen dar. Dabei sollte allerdings auch die Chance genutzt werden, diese Gebäude gleich auf neuesten energetischen Standard und damit gesteigerten Komfort zu bringen. Dies gilt für Wohn- und Gewerbebauten ebenso, wie für Bürobauten und öffentliche Gebäude.

Das ökologische Passivhaus – dies gilt um so mehr auch für die Altbausanierung auf Passivhausstandard – wird in bisher kaum erreichter Qualität dem Wunsch nach Wohnqualität, Komfort und Behaglichkeit sowohl im Einfamilien- wie auch im Mehrfamilienhaus gerecht, aber auch bei öffentlichen und gewerblichen Bauten, und stellt derzeit das konsequenteste Konzept nachhaltigen Bauens dar.

Grundsätzlich ist die Sanierung von MFH effizienter durchführbar. Es ist jedoch meist sehr schwierig, die Zustimmung der Eigentümer zu erhalten, bzw. die Immobilienverwalter bei Mietwohnungen für effiziente thermische Sanierungen zu gewinnen.

Die Einsparung beim EFH ist global gesehen hingegen kaum wahrnehmbar, allerdings auf Grund der enormen Vielzahl von Einzelobjekten unerlässlich, will man den Gesamtenergieverbrauch fossiler Energieträger merkbar senken. Andererseits sind EFH-Besitzer eher von den für sich direkt positiv auswirkenden Maßnahmen zu überzeugen.

Den nachfolgenden Grafiken lässt sich entnehmen, dass 76 % aller bestehenden Wohngebäude Ein- und Zweifamilienhäuser sind, jedoch nur 47 % aller Wohneinheiten sich in Ein- und Zweifamilienhäuser befinden. Speziell auf Grund des wesentlich ungünstigeren Oberflächen/Volumenverhältnis verbrauchen diese aber 64 % der für die Raumheizung insgesamt eingesetzten Endenergie.

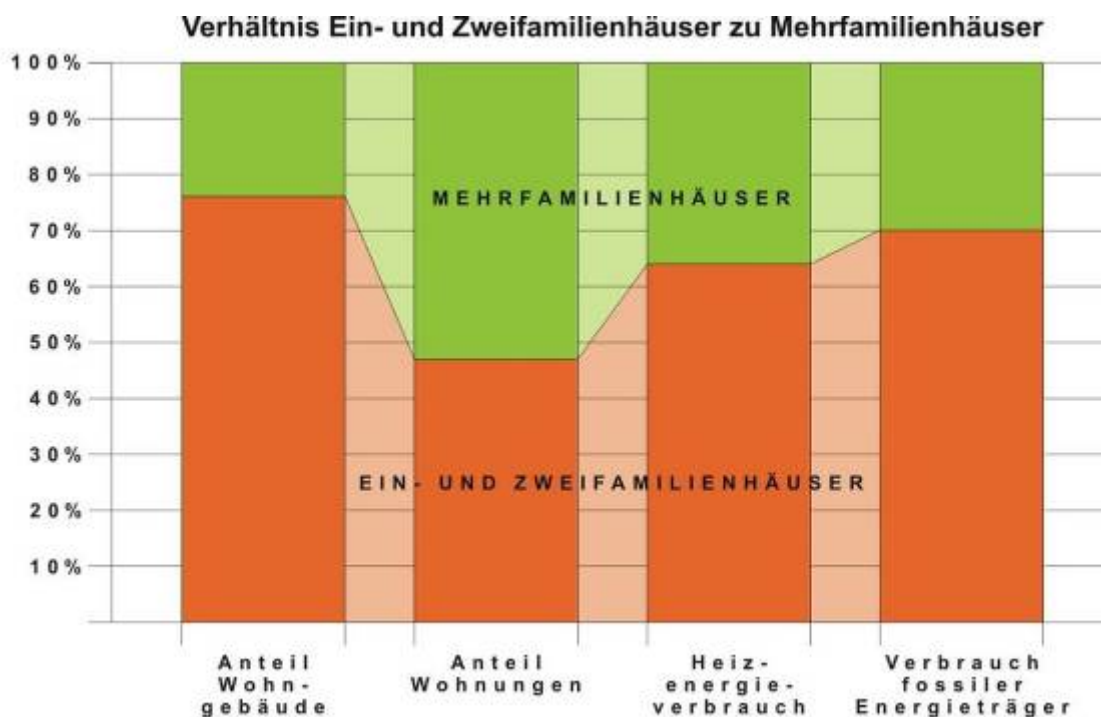


Abbildung 2: Gebäude- und Wohnungszählung 2001; Grafik Lang 2006
Quelle: Statistik Austria

Durch das Zusammentreffen von alter Bauweise mit der hoch diffusionsdichten Vakuumdämmung und dem nicht gewollten bzw. nicht möglichen Einbau von horizontalen Feuchtesperren unter den bestehenden Wänden unterscheiden sich diese Sanierungsmöglichkeiten 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.

1.2 Interessen für die Programmlinie Haus der Zukunft

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

Durch die Art des bestehenden Gebäudes mit Mischmauerwerk aus dem 19. Jh. 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 oder gewünscht war (Schießscharten).

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 Fertigung, Wartung und Instandhaltung eine Kostenreduktion möglich sein.

Die in diesem Projekt entwickelte Fertigteilmwand mit Vakuumdämmung für Altbauten sowie andere angeführte Befestigungstechniken wurden so konzipiert, dass diese von jedem sorgfältig arbeitendem Handwerker durchführbar ist. Ja, diese Lösungen sind eigentlich so einfach, dass sie auch von geschickten Bauherren in Eigenregie erstellt werden könnten.

Durch die Kombination mit einer hochwertigen und günstigen Holzfassade mit Thermokeramikbeschichtung, der kostengünstigen Instandhaltung einer Vakuumdämmfassade durch leichte Austauschbarkeit, ergibt sich eine einfache, leicht erstellbare und planbare Fassadenlösung, die vor allem in jenen Bereichen mit geringem Platzangebot eine praktische Lösung darstellt. .

1.3 Folgeabschätzungen

Aus dem durchgeführten Demonstrationsprojekt, insbesondere den technischen Lösungen im Bereich der Vakuumdämmung ergeben sich folgende Perspektiven

1.3.1 Folgenabschätzung in wirtschaftlicher Hinsicht

Allgemeine Aspekte

- **Erhöhung der Akzeptanz** des Produktes Vakuumdämmung im Bereich von Planer, Behörden und Ausführenden. Dies zeichnet sich bereits in Bereich moderner Architektur ab. Vermehrt werden Terrassen, Bauteilauskragungen und Raffstorekästen mit Vakuumdämmung gedämmt.
- **Hohe Wärmeenergieeinsparung auch im städtischen Bereich**, wo oftmals eine hoch dämmende Fassade aus Platzgründen nicht angebracht werden kann.
- **Kostenreduktion bei der Planung und Verarbeitung** von VIP durch Erfahrung aus diesem Projekt
- **Verringerung der Dämmdicke** von VIP optimierte Detailausbildung mit verringerten Durchdringungsbereichen und damit Steigerung der Effizienz der VIP durch Minimierung der Wärmebrücken
- **Erhöhung der Nutzfläche**, vor allem bei teurem Bauland, durch schlanke Außenwände und damit eine höhere Wirtschaftlichkeit des Objektes.
- **Kostenreduktion der Instandhaltungsarbeiten** von VIP-Fassaden durch Erleichterung der Zugänglichkeit zu den VIP-Paneelen.

- **Kostenreduktion bei Fassadenverkleidungen** unter Verwendung hochwertiger thermokeramischer Beschichtungen, auf günstiger Holzwerkstoffplatte bei gleichzeitigem
- **Umweltschutz** durch umweltfreundliche Materialien und
- **Verlängerung der Streichintervalle** auf bis zu 20 Jahre an Holzfassaden
- Multiplizierbarkeit des Projektes auf den Großteil aller Altbauten
- Neuer zukunftssträchtiger Markt für die am Projekt beteiligten Unternehmen und Planer / Konsulenten
- Wesentliche Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft und Spitzenreiterposition in Europa im großen Zukunftssektor der Altbaumodernisierung mit Passivhauskomponenten
- Neue Arbeitsplätze statt alter Energieverschwendung

Aspekte für die Bauherren dieses Projektes

- Betriebskostensparnis bei Heizkosten um den Faktor 20
- Erhaltung des Altbestandes ohne statische und damit teure Eingriffe in die Bausubstanz
- Geringer Wartungsaufwand
- Geringste Betriebskosten bei Strom und Kanal durch (noch zu errichtende) PV-Anlage und Pflanzenkläranlage
- Gesicherte Finanzierung, da keine wesentlichen Energiepreissteigerungen zu erwarten sind.

Die Umsetzung des Niedrigstenergie- und Passivhausstandards auch in der Altbausanierung ist Grundvoraussetzung zur Erreichung der politischen Klimaschutzziele und gleichzeitig eine große Chance für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung unter voller Rücksichtnahme auf ökologische Rahmenbedingungen.

Österreich ist heute im Neubau von Passivhäusern weltweit bereits mit großem Abstand führend. Diese Vorreiterrolle gilt es auch in der Altbausanierung zum Passivhaus zu erlangen.

Dieser damit verbundene Wettbewerbsvorteil der österreichischen Wirtschaft soll der österreichischen Bauwirtschaft und Bauindustrie zusätzliche Exportchancen sichern, gerade auch in Hinblick auf die Osterweiterung.

Altbausanierung zum Passivhaus ist Voraussetzung für Energieunabhängigkeit

Eine massive Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden und der verstärkte Einsatz von Ökoenergien kann Österreich von fossilen Brennstoffen und Energieimporten unabhängig machen. In beiden Sektoren zählt die Österreichische Wirtschaft dank ihrer Innovationskraft zur Weltspitze. Statt „Strafzahlung“ für die Emissionsüberschreitung könnten um diesen Betrag 29 Millionen m² Altbauten auf Passivhausstandard mit 100 % Erneuerbarer Energieversorgung saniert werden.

Wie sehr Österreich tatsächlich von der intensiven Nutzung Erneuerbarer Energieträger und einem engagierten thermischen Gebäude Sanierungsprogramm wirtschaftlich profitieren kann, machen jetzt diese Studienergebnisse deutlich. Die ersten Altbausanierungen auf Passivhausstandard, welche großteils im Rahmen der Programmlinie „Haus der Zukunft“ des Bun-

desministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie als Demonstrationsprojekte realisiert wurden, zeigen deutlich das enorme Potential an Energie- und Emissionseinsparung auf.

- Einfamilienhaus von 1960 in Pettenbach
- Mehrfamilienhaus von 1957 in Linz
- Schulgebäude von 1972 in Schwanenstadt
- Pensionistenheim von 1975 in Weiz
- Gewerbebetrieb von 1975 in Wolfurt
- Bauernhof von 1854 in Schleißheim



Abbildung 3: Bildeiste HDZ-Projekte

Bildeiste: Quelle IG Passivhaus Österreich; Altbausanierungsobjekte auf Passivhausstandard v.l.n.r.: EFH Schwarz in Pettenbach, LANG Consulting; MFH der GIWOG in Linz, Architekturbüro ARCH+MORE; Hauptschule II + Polytechnische Schule in Schwanenstadt, PAUAT Architekten; Bezirkspensionistenheim in Weiz, Architekturbüro DI Erwin Kaltenecker; Firmengebäude drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme, Architekturbüro DI Gerhard Zweier; EFH Panic in Schleißheim b. Wels, Arch. DI Fürstenberger u. Mag. art. Makowetz

Trotz unterschiedlichster Gebäudenutzung und –Typologie konnte bei all diesen Nachkriegsbauten Energieeinsparungen von 90–95 % erzielt werden. Gleichzeitig wurden alle Gebäude von fossile auf erneuerbare Energieträger umgerüstet und so für diese Gebäude eine dauerhafte Versorgungssicherheit für Raumwärme und Warmwasser sichergestellt.

Die durchschnittlichen Mehrkosten dieser Pilotsanierungen betragen im Mittel nur 140.- Euro / m² Nutzfläche gegenüber konventionellen thermischen Sanierungen.

Die beste Vorsorgesicherung mit dem Passivhaus

Die erheblichen Preissteigerungen beim Öl werden zwangsläufig auch bei allen anderen Energieträgern, auch erneuerbaren Energien, schon rein aus marktwirtschaftlichen Gründen zu Preissteigerungen führen.

Es ist also gerade aus sozial- und volkswirtschaftlicher Sicht ein Gebot der Stunde, neben einer signifikanten Steigerung der thermischen Sanierungsraten gleichzeitig auf eine wesentliche Steigerung der thermischen Sanierungsqualität zu achten. Die sukzessive Sanierung auf Passivhausstandard, und damit die volle Ausschöpfung der auch wirtschaftlich sinnvollen Einsparungspotentiale, ist die beste Vorsorge gegen die drohenden hohen Energiepreise und gleichzeitig die beste Vorsorgesicherung.

1.3.2 Gesellschaftlicher Aspekt

Der gesellschaftliche Aspekt dieses Projektes liegt in der Demonstration von Maßnahmen in der Altbausanierung mit technisch anspruchsvollen Produkten, die zeigen sollen, dass wenn eine Sanierung mit dieser Komplexität möglich ist, eine Sanierung auf Passivhausstandard bei „normalen“ Projekten mit herkömmlichen Methoden und Techniken einfach erscheint.

Damit soll dem Besitzer eines Altbaues vor Augen geführt werden, dass eine Sanierung auf Passivhausstandard jederzeit und ohne technische Einschränkungen möglich sein kann.

Dieses Projekt soll als Multiplikator für den Passivhausstandard dienen.

Vor allem bringt ein Passivhaus den Bewohnern auch eine wesentliche Verbesserung der Wohnhygiene und Verringerung der Straßenlärmbelastung in exponierten Wohngebieten.

Die Finanzierbarkeit ist im Rahmen des Miet- und Eigentumsrechts mit Unterstützung der in einigen Bundesländern bereits neu eingeführten Passivhausförderung in der Altbausanierung, und an der angesparten Instandhaltungsrückstellung ohne monatliche Mehrbelastungen gegenüber einer konventionellen Sanierung umsetzbar. Aus den im Zuge dieses Pilotprojektes gewonnenen Erfahrungen, sollen auch Einsparungspotentiale erforscht werden, die es ermöglichen sollen, diesen zusätzlichen Förderungsbedarf zu minimieren.

Damit soll den Eigenheimbesitzern und Immobilienmaklern speziell auch in Hinblick auf die steigende Bedeutung der Energieverbrauchswerte durch den Europäischen Gebäudepass, die Höherwertigkeit thermisch optimierter Gebäude aufgezeigt werden.

Die Heizkosten haben sich laut Austrian Energy Agency innerhalb eines Jahres bei Heizöl extra leicht um 37 % mit Stand August 2005 erhöht, Gas wurde im März 2006 in Wien z.B. sogar um 17 % teurer. Energie ist mittelfristig faktisch zu einem unkalkulierbaren Risiko geworden, welches gerade sozial bedürftige Bewohner finanziell schwer trifft.

Die Sanierung auf Passivhausstandard wie bei gegenständlichem Projekt und die damit verbundene dramatische Reduzierung des Energiebedarfs hat enorm positive sozialpolitische Auswirkungen:

- Versorgungssicherheit + Unabhängigkeit von unsicheren Energieimporten
- Verbesserung der Handelsbilanz
- Senkung der Inflationsrate
- Steigerung der sozialen Zufriedenheit und Gesundheit
- Erhebliche Reduzierung der Schadstoffbelastungen außerhalb und innerhalb von Räumen (z.B. Feinstaub- und Straßenlärmbelastungen)
- Schaffung von zusätzlichen Arbeitsplätzen
- Wahrung der Finanzkraft unserer Nachfolge Generationen

1.3.3 Ökologischer Aspekt Projektbezogene Betrachtung

- Mit Einsatz von Vakuumdämmung im städtischen Bereich wird auch dort eine Anbringung von hoch dämmenden Fassaden ermöglicht wo dies mit herkömmlichen Dämmstoffen nicht oder nur schwer durchführbar ist, da eine wesentliche Überbauung von öffentlichem Grund oder Nachbargrenzen in der Regel nicht genehmigt wird. Damit wird ein entscheidender Beitrag zur Energieeinsparung geleistet.

- Durch die Austauschbarkeit von Vakuumpaneelen besteht die Möglichkeit, nach evtl. Verminderung der Leistungsfähigkeit in ca. 25 – 30 Jahren, die Fassade mit zukünftig hochwertigeren Vakuumpaneelen zu sanieren. Damit ist auch in Hinkunft die volle Funktionsfähigkeit des Gebäudes bei geringsten Entsorgungskosten und ohne Beschädigung der Fassade gegeben.
- Durch Verwendung von thermokeramischen Anstrichen auf Holz- oder Putzfassaden wird ohne Fungizide eine dauerhafte Algen- und Moosbildung vermieden.
- Durch die verlängerten Streichintervalle von bis zu 20 Jahren, wird einerseits der Einsatz von Material vermindert und damit eine wesentliche Reduzierung der Umweltbelastung erreicht. Bei Verwendung von energy-guard®, ausgezeichnet mit dem Hundertwasserzeichen, als Beschichtung wird zusätzlich ein komplett umweltfreundlicher Anstrich erstellt.
- Zur Minimierung des Lkw-Verkehrs wurde eine Pflanzenkläranlage ohne Nachfluter installiert. Damit wird der zurzeit monatliche Kanaldienst nicht mehr benötigt. Das gesamte flüssige Abwasser wird gefiltert und von dem Pflanzenbewuchse verbraucht, bzw. verdunstet. Die Feststoffe werden nach erfolgter Humusierung in den eigenen Garten eingearbeitet. Der benötigte Pumpenstrom kann zu 100 % von der noch zu errichtenden Photovoltaikanlage abgedeckt werden (Gesamtbilanz). So entsteht ein vollkommen geschlossener Kreislauf für die Abwässer. Fremdenergie und Straßenverkehr werden vermieden.
- Durch die Errichtung des Zubaues und der Fassade in Holzbauweise wurde dem Ressourcen schonenden Einsatz von ökologischen Baustoffen Rechnung getragen. Auch die verwendete Vakuumdämmung lässt sich ohne Probleme vollständig recyceln.

Gerade mit dem Projekt „Altbausanierungen mit Passivhauskomponenten“ konnten die enormen Einsparungsmöglichkeiten im Bereich des Altbestandes mit über 80 % Reduktionspotential die ökologischen Chancen deutlich gemacht werden. Damit steigt auch die Chance, die internationalen Verpflichtungen des Kyoto-Abkommens im Sektor Raumwärme doch noch erfüllen zu können.

Auf Grund der langen Erneuerungszyklen von Gebäuden ist daher bereits jetzt bei anstehender Sanierung diese auf Passivhausstandard umzusetzen.

2. Schwerpunkte der Arbeit

Die Schwerpunkte der Arbeit bei dem Demonstrationsprojekt „Erste Altbausanierung auf Passivhausstandard mit VIPs“ liegen im Bereich

Vakuumdämmung:

- Befestigungstechnik für Vakuumdämmung mit leichter Austauschmöglichkeit
- Verminderung der Durchdringungspunkte bzw. wärmetechnisch definierte Fugen
- Wärmebrückenfreie Bauteilanschlüsse, Gebäudefugen, Elementstöße, etc. bzw. der Ermittlung von Wärmebrückenzuschlägen.
- Kostenreduzierung bei der Verarbeitung von VIPs
- Aussagen über das Langzeitverhalten der Konstruktion durch jährliche Thermografie und Luftdichtheitsmessung sowie hygrischen 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
- Entwicklung eines luftdichten und wärmebrückenfreien Seilzuges für die Haustürglocke

Fassade

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

3. Vorarbeiten und andere Projekte

3.1 Vorarbeiten Vakuumdämmung

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 führen teilweise zu Maßungenauigkeiten
- Vakuumpaneele sind gegen mechanische Kräfte tolerant, wenngleich dies keine Freigabe für bedenkenlose Verarbeitung ist.

3.2 Vorarbeiten thermokeramische Beschichtung

Thermokeramische Beschichtungen sind bereits seit gut 20 Jahren auf dem Markt. Dabei handelt es sich grundsätzlich um eine Acrylfarbe mit Glashohlkörper. Die beobachteten Effekte im Bereich der Feuchteregulierung, Kondensataufnahme, Kühleffekte, Verminderung der Oberflächenkondensates u. ä. zeugen von interessanten instationären Eigenschaften dieser Produkte. Obwohl die Anwendung in vielen technischen Bereichen vorstellbar ist, setzen sämtliche Hersteller auf eine Energieeinsparung bis zu 30 % bei bestehendem Massivmauerwerk.

Die Beschreibung dieser Eigenschaften führte im Jahr 2006 sogar zur Erteilung eines Europäischen Patentes.

Leider ist es dem Autor bis dato nicht gelungen entsprechende, nachweisliche Referenzen oder die notwendigen physikalischen Angaben zu bekommen, um die Glaubwürdigkeit dieser Aussage nachzuprüfen und daher distanziert sich der Autor auch nachdrücklich von der Eigenschaft der Energieeinsparung bis auf weiteres.

Neben dieser nichtnachweislichen Energieeinsparung kam es in der Vergangenheit zu mehreren geschäftsschädigenden Handlungen diverser Hersteller und Vertriebspartner, sodass diese Produkte im Allgemeinen keinen guten Ruf haben. Verständlicherweise.

Die sehr gute Haftbarkeit des Produktes auf fast allen Untergründen und die geringe bis keine Abnutzung der Oberfläche wurde in mehreren Anwendungen getestet. Darunter fallen:

- Anstrichmuster eines Flachdaches auf EPDM-Kautschukfolie im Jahr 2004 mit Thermoshield, bis dato keine Veränderungen
- Nachträglicher Anstrich auf Eternitfassade mit Thermoshield im Jahr 2005, bis dato keine Veränderungen
- Anstrichmuster auf OSB mit Thermoshield im Eigenversuch im Jahr 2004, bis dato keine Veränderungen
- Anstrichmuster auf OSB mit Thermoshield im Freilandversuch bei der Holzforschung Austria seit 2006, bis dato keine Veränderungen. Ergebnis: Bester Anstrich bis dato auf OSB.
- Anstrich eines WDV-Systems in schwarz im Frühjahr Jahr 2007, bis dato keine Veränderungen

Aufbauend auf diesen Ergebnissen, und dem Umstand, dass es auch nach Auskunft anderer Handelspartner mit der Dauerhaftigkeit dieser Produkte keine Probleme gibt, viel die Entscheidung zur Fassadengestaltung mit OSB und dem patentierten Produkt energy-guard bzw. dem Produkt Thermoshield.

4. Einführung

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

Der Ursache für die extrem schlechte Energiekennzahl liegt unter anderem im Fußbodenaufbau, wo sich außer dem Holzboden, etwas Schlacke oder Estrich keine anderen Baustoffe befinden. Damit beträgt der U-Wert dieses Bauteiles ca. 4,3 W/m²K.

Hinzu kommt noch das schlechte A/V- Verhältnis durch 2 kleine Zimmer im OG, wobei die Wand zum ehemaligen Heuboden aus ca. 15 cm Lehmziegel besteht. U-Wert ca. 6,6 W/m²K.

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 Kunststofffenster, Sanitäranlagen aus den 50 - 60er Jahren und der Mangel an Wohnraum (5-köpfige Familie und Bürobetrieb auf 90m²) machten eine Generalsanierung notwendig.

Neben der Sanierung des bestehenden Hausstockes, dem Durchhaus und des ehemaligen Stalles wurde 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 ehemaligen Stallbereich.

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

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 bzw. wieder in den Originalzustand zu versetzen.

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
- Deckenstück
- Hausglocke mit Seilzug

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

Durch das diffusionsdichte 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 Dampfbremsebene 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.

4.1 Arbeits- und Planungsablauf

Der grundsätzliche Ablauf stellte 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 des EG-Fußboden des Altbaues
9. Sanierung der Hülle des Altbaues
10. Fassadenverkleidung

In Folge Fertigstellung des Innenausbau (Böden, Treppen, Türen), der Pflanzenkläranlage (Automatisierung) und Montage einer Photovoltaikanlage sowie die Gartengestaltung.

4.2 Methoden und Daten

Als Werkzeuge für die Planung wurden verwendet:

4.2.1 PHPP 2004 – Passivhausprojektierungspakt

Das Passivhausprojektierungspaket PHPP ist „das“ Planungswerkzeug für die Planung von Passivhäusern. Es zielt vor allem auf eine detaillierte Berechnung der Kennwerte zu Heizung und Primärenergieverbrauch unter genauer Einbindung der Randbedingungen zu Wärmeverlusten und Wärmegewinnen im Niedrigstenergiebereich ab. Das PHPP – Programmpaket basiert auf einem Energiebilanzverfahren, welches über Simulationen und Messungen im Anwendungsbereich Passivhauswohnbau validiert wurde, es wurde am Institut für Wohnen und Umwelt in Darmstadt entwickelt.

4.2.2 FLIXO – Wärmebrückensimulationssoftware

Die Berechnung und Darstellung von Leitwerten, Isothermenverläufen und Oberflächentemperaturen für die Wärmebrücken im Bereich Sockelanschluss, tragende Altbauwände, Fensteranschlüsse, Säulen für das Gewölbe u. v. m. dem Programm Flixo 4.13

durchgeführt. Dieses Programmpaket ermöglicht Wärmebrückenberechnungen für zweidimensionale Wärmeleitung. Die Software wurde von der Fa. Infomind, Zürich, entwickelt und wird international eingesetzt.

4.2.3 WUFI – instationäre Wärme- und Feuchtesimulationssoftware, 1- und 2-dimensional

Für die Berechnung der hygrischen Vorgänge innerhalb eines Bauteiles, insbesondere zur Abklärung des Langzeitverhaltens wurde Sockelanschlüsse, Wand- und Deckenaufbauten mit dem v. Fraunhoferinstitut für Bauphysik entwickelten Software Wufi4 (1-dimensionale Berechnungen) und Wufi-2pro (2-dimensionale Berechnungen) durchgeführt.

WUFI® (Wärme und Feuchte instationär) ist eine Software-Familie zur realitätsnahen instationären Berechnung des gekoppelten ein- und zweidimensionalen Wärme- und Feuchtetransports in mehrschichtigen Bauteilen unter natürlichen Klimabedingungen. Es basiert auf den neuesten Erkenntnissen in Bezug auf Dampfdiffusion und Flüssigtransport und wurde mittels Freilandversuchen validiert.

Für die Feuchtesimulation des Altbestandes wurden zur Ermittlung der Ausgangsfeuchte Mauerwerksproben entnommen und anschließend mittels Darrmethode der Feuchtegehalt ermittelt

4.2.4 Statik und CAD-Zeichenprogramme

Die statischen Berechnungen und Werkzeichnungen wurden mit der Softwarefamilie der Fa. Dietrich's durchgeführt.

Architektonische Zeichnungen wurden auf gängigen CAD-Zeichenprogrammen erstellt.

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

4.2.5 Hygrische Messung

Zur Überprüfung der Rechenwerte im kritischen Sockelbereich wurden 11 Messstellen für 11 Temperatur- und 7 Feuchtemesspunkte installiert.

Die Messdaten sollen Aufschluss über die tatsächlichen Vorgänge zw. Vakuumdämmung und Mauerwerk, im Mauerwerk, im Erdreich, im Fundamentbereich und unterhalb des Fußbodens geben.

5. Projektbericht

5.1 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.

5.2 Projektbeschreibung – Bestand

5.2.1 Standort

Der Standort des Gebäudes befindet sich in Blindenmarkt 7, 4600 Schleißheim, am Ortsrand
von Blindenmarkt, einer kleinen Ortschaft in der Gemeinde Schleißheim und ca. 5 km von
Wels entfernt, mit Blick auf die Nordalpen.

Die Infrastruktur entspricht einer kleinen Landgemeinde. Öffentliche Verkehrsmittel sind nur
bedingt vorhanden. Für den Schulbesuch besteht ein Schulbusbetrieb.

Das Klima entspricht jenem des Alpenvorlandes. Das Grundstück ist allseitig nicht beschattet
und daher für die Errichtung eines Passivhauses prädestiniert.

Mag. Brigitte Panic-Unfried und
Emanuel Panic
Blindenmarkt 7, 4600 Schleißheim
Grdst. 408/1 Kat. Gem.: Dietach
Ländliches Siedlungsgebiet

Wasser, Strom, Telefon
am Grundstück vorhanden;
ÖV-Anbindung durch Bus;
Nahversorgung in Schleißheim und
Weißkirchen



Abbildung 4: Standort Haus Panic vor Sanierung

5.2.2 Geschichte



Altbestand der Dachkonstruktion



Tischherd – Kochen und Heizen, bei den Flüssiggaspreisen eine Wohltat



Die Spartreppe ins Obergeschoß

Das sogenannte „Leblhuber“- Haus wurde vom Großknecht des benachbarten Bauern „Knedlhuber“ im Zeitraum um 1854 errichtet.

Geplant waren 2 Wohneinheiten, wobei nur die untere Wohneinheit mit einer Verbindungsstiege ins Obergeschoß, einer sogenannten Spartreppe, ausgeführt wurde.

Neben dem Hausstock, mit integrierte Selchkammer, wurden daran anschließend das Durchhaus, eine Presskammer, ein Stall für 2 Kühe und 2 Schweine, die Tenedurchfahrt sowie die Tenne und Heuboden errichtet.

Der Hausstock wurde mit einem damals üblichen, ca. 15 m² großen Lehmkeller unterkellert.

Ca. in den 50er und 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde die ursprüngliche Holztenne durch billiges Ziegelmauerwerk ersetzt, eine Garage und ein englisches WC eingebaut.

Ca. Ende der 90er Jahre wurde von Kachelofenbeheizung auf Flüssiggas umgestellt.

Im selben Zeitraum wurden Kunststofffenster eingebaut und ein Isolierputz von 2 – 10 cm Stärke angebracht, sowie in Teilbereichen eine Teilfundamentierung und eine neue Gret hergestellt.

Da die Erben der Letztbesitzer keine weitere Verwendung für das Gebäude hatten, konnte die Fam. Panic 2001 das Gebäude erwerben.

Bis auf einige Adaptierungsarbeiten wurde das Gebäude wie gekauft bewohnt.

Im Jahr 2005 wurde, der ehemalige Stall teilsaniert, wo die prov. Büroräumlichkeiten angeordnet wurden.

Die endgültigen Bauarbeiten wurden im Juni 2006 begonnen.



Deckenstück mit historischem Fenster

Abbildung 5: Geschichte Haus Panic

5.2.3 Erste Bauphase

Durch eine berufliche Veränderung wurde einerseits der Platzmangel akut und durch den geleerten Flüssiggastank fehlt die Beheizung für den nächsten Winter.

Durch diese Umstände wurde mit der Sanierung des Stallbereiches begonnen



Dem Kleinsten noch zu laut



Während der „Große“ bereits fleißig mithilft



Abschlagen
des Putzes



Abbruch des
Stallbodens



Abbruch
der tragen-
den Zwi-
schenwand



Geht eh was
weiter!?



Einbringen
des neuen
Bodenauf-
baues mit
Fußboden-
heizung



Ich will auch
mithelfen!!



Abbildung 6: Erste Bauphase

5.2.4 Energetischer Zustand vor Sanierung

Die Umfassungswände der beheizten Hülle umfasste im Erdgeschoß 60 cm starkes Ziegelmauerwerk, im Obergeschoß ca. 40 cm starkes Ziegelmauerwerk sowie ca. 15 cm starke Lehmwand zum Heuboden. eine oberste Geschoßdecke aus Tramdecke mit Lehmschlag ca. 12 cm und darauf befindlichen Lehmziegeln. Der Fußboden bestand aus ca. 2 cm Holzschiffboden mit etwas Schüttung und ...aus.

Als Fenster wurden ca. Ende der 90er Jahre einfache Kunststoffenster mit Holzimitation eingebaut. Die „Haustüren“ hatte jene thermische Qualität, die zu einem Einfrieren der Hausschlüssel aufgrund massiver Kondenswasserbildung führte. Dichtheit..? Ah ja, das Wort kennen wir seit unserer neuen Passivhaustür.

In den 90er Jahren wurde eine Flüssiggasheizung eingebaut. Die vorgelegten Abrechnungen beim Hauskauf stimmten frohen Mutes. Nachdem die Rechnung für 2000 kg Flüssiggas ca. € 1200,- ausmachte und die Vorbesitzerin von mind. 4000 kg Gasverbrauch pro Jahr sprach (2500 m³!! für 90 m² Nutzfläche), wurde die Notbremse gezogen und die Hauptbeheizung mit dem bestehenden Kachelofen durchgeführt.

Die Warmwasseraufbereitung und die Temperierung der obergeschoßigen Schlafräume auf gesunde 15°C wurden weiterhin mit der Gasheizung bewerkstelligt.

Nachdem sich im Sommer 2004 der Vorrat an Flüssiggas dem Ende neigte wurde die zukünftige Wärmepumpe bereits vormontiert. Da die architektonischen Entwurfsplanungen und die PHPP-Berechnungen in einem sehr fortgeschrittenen Stadium waren, konnte die Wärmepumpe im Bereich des zukünftigen Technikraumes und mit der notwendigen Heizlast von ca. 3,6 kW für das zukünftige Passivhaus errichtet werden.

Das sich das Grundstück in der Wasserschutzzone II befindet, durfte nur ein Flächenkollektor verlegt werden.



Abbildung 7: Beheizte Hülle Nordansicht mit Gastank

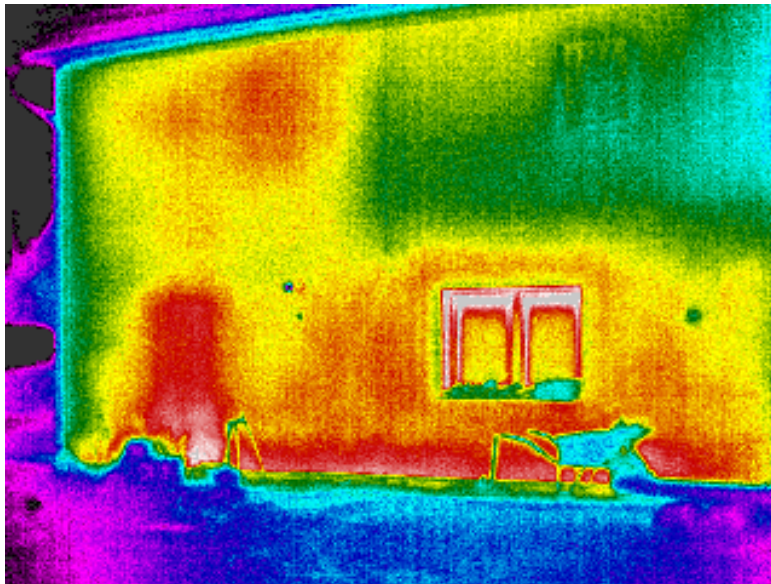


Abbildung 8: Erkennbar die beheizte Hülle mit zugemauerter Tür links



Abbildung 9: Türschwelle zum Wohnzimmer

5.2.5 Allgemeine Umsetzungsansätze

Diese allgemeinen Ansätze sollten grundlegend bei jeder Sanierung Anwendung finden und in der vorgegeben Reihenfolge durchgeführt werden

- Erhebung der Bauherrenwünsche
- Analyse des Ist-Zustandes und der Statik des Bestandes
- Raumkonzeption und Vorentwurf
- Konzeption der Machbarkeit einer ökologischen Passivhaussanierung
- Erarbeitung der ökologischen und baubiologischen Kriterien
- Entwurf und Kostenschätzung
- Analysen der Vergleichsergebnisse zum konventionellen Sanierungskonzept
- Detailplanung parallel zur Einreichplanung
- Entwicklung von System- und Detaillösungen
- Ausschreibung und Polierplanung
- Beurteilung der Grauen Energie und des Ressourcenverbrauches
- Minimierung der Treibhausemissionen von CO₂ und Verzicht von HFKW
- Ökonomischen Auswirkungen

5.2.6 Bauliche und nutzungstechnische Anforderungen der Sanierung

Basis dieses Projektes war der Wunsch der Bauherren nach einer Generalsanierung auf Passivhausstandard, welcher von vornherein unbedingt umgesetzt worden wäre.

Um auch dem Wunsch nach moderner und hochwertiger Architektur nachzukommen wurden 3 Architekten mit der Ausarbeitung von Konzepten in einfacher Skizzenform beauftragt.

Die Vorgaben an die Architekten war genaue keine. Sie durften sich ohne Rücksicht auf Statik und Kosten ganz der Gestaltung widmen, da, wie bei jedem Planungsprozess die Kosten und technischen Möglichkeiten ohnedies die notwendigen Kompromisse früher oder später bestimmen.

Als Sieger dieses „Wettbewerbes“ ging Hr. DI Andreas Fürstenberger hervor.

Auf Grundlage der ersten Entwürfe wurden bereits die ersten Tragwerkskonzepte erstellt sowie die PHPP-Berechnung begonnen.

Die Nutzungstechnischen Anforderungen entsprechen zurzeit dem einer Wohneinheit für 5 Personen und einem Bürobetrieb.

Sowohl das architektonische als auch das bautechnische Konzept lassen aber je nach Entwicklung der Familie und des Betriebes eine Umgestaltung auf bis zu 4 getrennten Wohneinheiten zu, ohne das in die Tragstruktur oder in die Außenfassade eingegriffen werden müsste. Die einzigen wesentlichen baulichen Maßnahmen würden sich dann auf eine Adaptierung der Sanitäreinrichtungen konzentrieren. Alle anderen Maßnahmen wie Zwischenwände und Decken sowie Elektroinstallation könnten ohne hohen Aufwand durchgeführt werden.

5.2.7 Sanierungskriterien

Spezielle Ergebnisse des Einfamilienhausprojektes:

Dieses Demonstrationsprojekt wird durch seine rundum vorbildliche Sanierung den Startschuss zur lang ersehnten Trendwende in der Sanierungspraxis von Einfamilienhäusern einläuten. Diese Trendwende wird in Anbetracht der Preissteigerungen an Energiesektor sicher noch verstärkt werden.

Rohölpreis bei Einreichung 2004	38 Dollar
Rohölpreis bei Erteilung der Baugenehmigung 2005	55 Dollar
zu Beginn der Bauarbeiten 2006	65 Dollar
Und zur Endberichterlegung bereits	135 Dollar

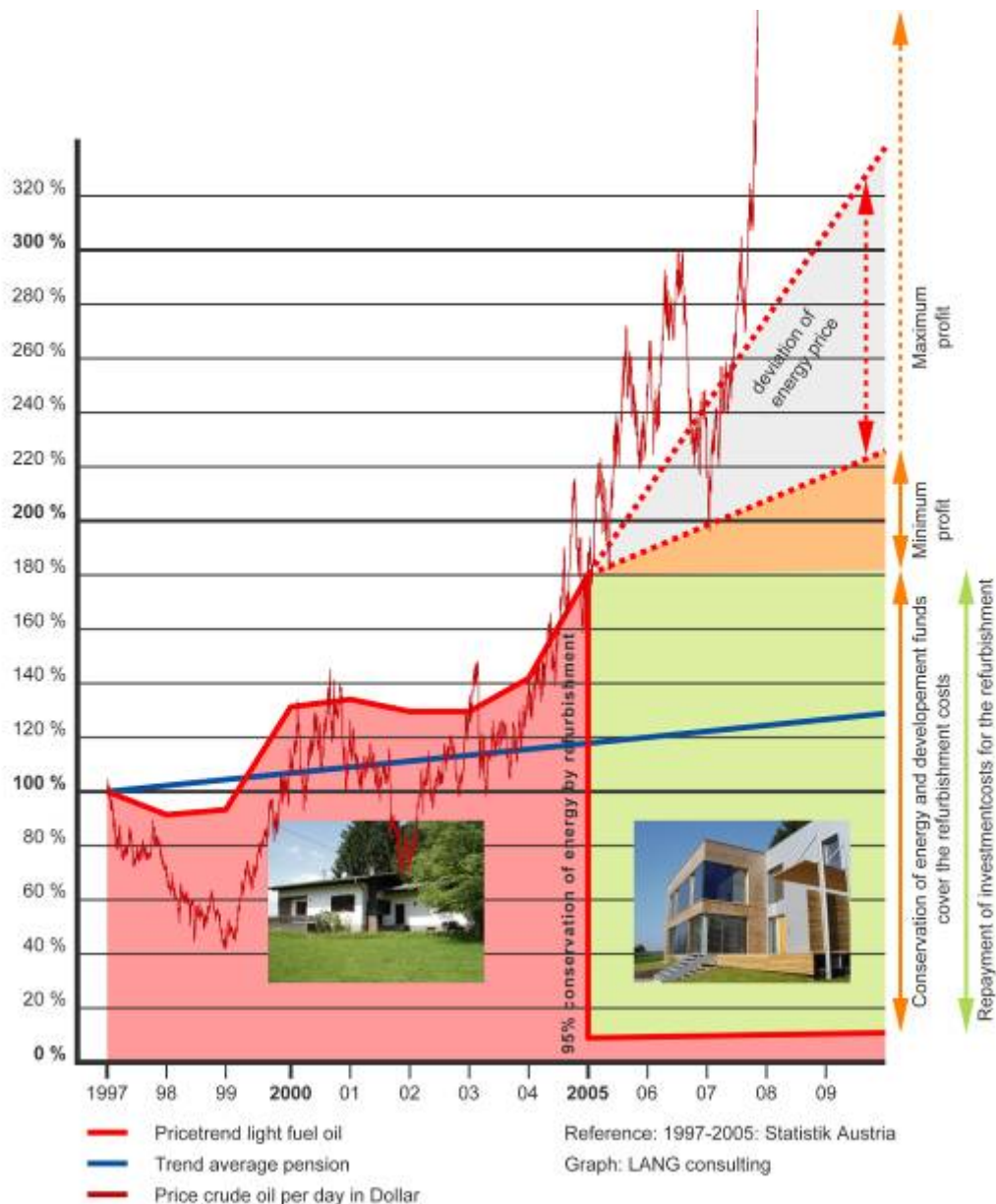


Abbildung 10: Graphik Wirtschaftlichkeit

Durch die bei diesem Projekt geplante Symbiose von „Energieeinsparung – Wohnkomfort – Architektur – Nachhaltigkeit – Ressourcenschonung“ kann sich jeder Sanierungsbauherr von EFH der Nachkriegszeit und jeder Bausektor zumindest mit einzelnen dieser Ziele identifizieren, womit eine große Breitenwirksamkeit für die Öffentlichkeitsarbeit zu erwarten ist.

Aus der Formel

„Maximale Energieeffizienzsteigerung x Sonnenenergie = **ZERO EMISSION auch im Altbau**“
resultieren folgende Ergebnisse:

- Reduktion Heizwärmebedarf von 387 kWh/m²a auf 14,4 kWh/m²a
- Reduktion Heizwärmebedarf um 96 %
- Reduktion Heizwärmebedarf Gesamt von 34.830 kWh/a auf 5048 kWh/a trotz fast Vervielfachung der Wohnnutzfläche
- Reduktion der Emissionen für Raumwärme von 11,8 t CO₂ auf 0,9 t CO₂!
- Als wichtigstes Ergebnis für die Programmlinie „Haus der Zukunft“:
Rundum zufriedene Bewohner eines vorbildlichen Demonstrationsprojektes „Althaus der Zukunft“ als wesentlicher Multiplikator.
- Sanierung mit Minimum an Transport- und Verkehrsaufkommen
- Best Practice- und Best Quality-Altbausanierung
- Einsatz von Vakuumdämmung in einem Großteil der Außenhülle
- Regionale Arbeitsplätze durch nachhaltige Sanierung

5.3.8 Arbeits- und Zeitplan des Demonstrationsprojektes

Thermografie und Blower-DoorTest vor Abbruch Ermittlung des bisherigen Bauzustandes zur Dokumentation	April 06
Beginn der Untersuchung von Thermoshield auf OSB-Platte an der Holzfor- schung Austria, Dr. Güell	April 06
Detailplanung, Statik, Wärme- und Feuchtesimulationen	bis Ende Mai 06 bzw. laufend
PHPP-Ausführungsberechnung Genauere Ermittlung der Energiekennzahl und Heizwärmebedarf, Genauer Wandaufbau, Genaue Baustoffauswahl, Detailanpassung	Bis Mitte Juni 06 bzw. laufende Anpassung
Allgemeine Planungsleistungen wie Gestaltung, Ausschreibung, etc.	Bis Ende Juni 06
Teilabbruch, Fundamentplatte, Naturmaßnahme, Werkplanung	Bis Ende Juni 06
Elementfertigung	Juli 06
Montage der Gebäudehülle, Zu- und Altbau	August 06 bis Jänner 07
2. Blower-Door-Test und Thermografie - Leckageortung	Winter 06/07
Innenausbau und Haustechnik	bis Dezember 07
Bezug des Neubaues	Weihnachten 07
Dokumentation und Präsentation der Sanierung mit den vorgefertigten Hüllen und Bauteilen 1. Zwischenbericht der Sanierung	Februar 07
Innensanierung des Bestandes 3. Blower-Door-Test und Thermografiemessung	bis Dezember 07
Fertigstellung der Fassade	bis März 08
Präsentation des Sanierungsvorhaben auf der Welser Energiesparmesse im Rahmen von Vorträgen	März 08
Installieren der Messsonden für hygrischen Verlauf	Februar 08
Erstellung der Dokumentation und Endpräsentation der Sanierung Incl. Endbericht von der begleitenden Forschung an Projekt Thermoshield auf OSB-Platte	Mai 08

Abbildung 11: Arbeits- und Zeitplan

5.3.9 Bauablauf



Objekt vor Umbau 2005



Versuch der Schaffung eines überdeckten Arbeitsplatzes



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 – Klemmleistentchnik



Innenausbau





Perimeterdämmung im Bereich des Altbaues



Wandbereiche mit Klemmleisten, Styroporplatten als Schutzdämmung und Lattung für die Fassadenverkleidung



Kinderzimmer, noch nicht fertig gestellt



Wohnbereich, noch nicht fertig gestellt



Abbruch des bestehende Bades unter Erhalt der eingemauerten Badewanne



Abbruch des bestehenden Küchenbodens mit Unterfangung des Tischherdes



Einbringen der thermischen Bodentrennung im Badbereich



Einbringen der thermischen Bodentrennung im Badbereich



Erstellen einer Nische für Mauerbündige Innendämmung



Verlegen der Vakuumdämmung im Bereich des ehemaligen Wohnzimmers. Hier tauchte überraschenderweise ein Unterbeton auf.



Verlegen der Trittschall-dämmplatten



Verlegen des schwimmenden Estriches



Verleben eines 15 mm Lärchenschiffbodens



Restaurierung des Deckenstucke im ehemalige Wohnzimmer



Abbruch des bestehenden Fußbodens in der Stube, Einbringen der thermischen Trennung mit Unterfangung des bestehenden Kachelofens



Verlegen des Lärchenschiffbodens auf Polsterhölzer



Erstellen des 2-schaligen Sichtmauerwerkes



Erstellen der 2-Mannplatte



Montage der 2-Mannplatte mit Hilfe einer Seilwinde



Montierte Holzwandelemente an an der Ostseite



Altbau mit fertig gestellter OSB-Plattenfassade



Zubau und Turm mit fertig gestellter Fassade



Fensterbänke einmal anders
(aus OSB-Platten)



Architektonische
Abwandlung des
bäuerlichen Fensterladens

Fensterbank im Bereich
des 2-schaligen
Mauerwerkes

Abbildung 12: Bauablauf

5.4 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.

5.4.1 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 VIPs 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 nicht nach laufenden Positionsnummern 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: VIPs 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 VIPs führen.

Erkenntnis 2: Vakuumpaneele sind baustellengeeignet.

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

Damit es durch die Verschraubung nicht zu einer Verletzung der VIPs 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-Paneeelen 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-Panellen mittels Klemmleisten ist eine einfache, schnelle und sichere Befestigungsmethode.

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

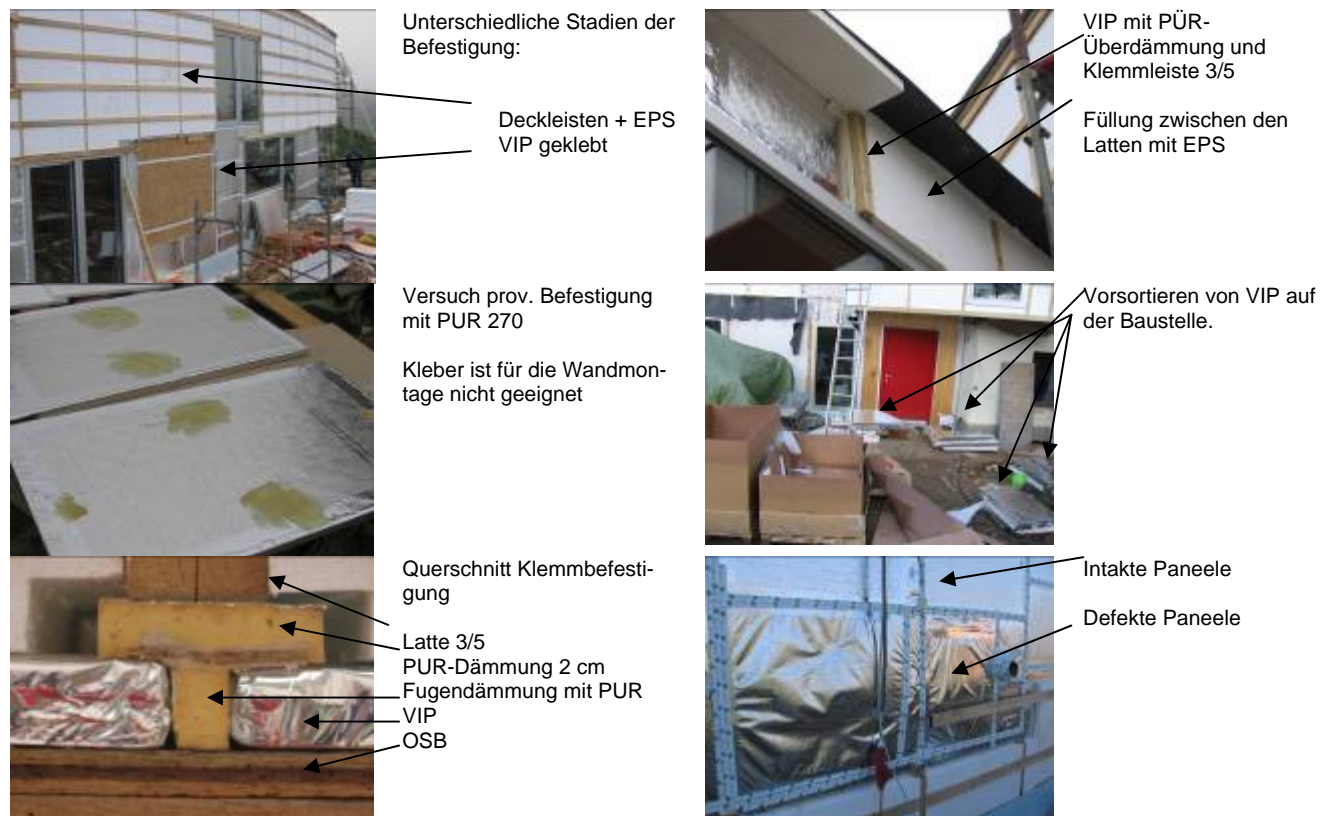


Abbildung 13: Befestigung VIP-Klemmleisten

5.4.2 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 Kyrill im Jänner 2007 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 Vakuumpaneeelen und Verlegen der EPS-Dämmung

Abbildung 14: VIP-Verlegung Flachdach

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 5.4.3. 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 Sandwichpaneele 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.

	<p>Verklebte Paneele an der Untersicht. Große Toleranz bei dreiecksförmigem Paneel durch Verlegefehler</p>		<p>Streifenförmiges Aufbringen des Klebers auf der EPS-Dämmung</p>
	<p>Streifenförmiges Aufbringen des Klebers auf den Vakuumpaneelen</p>		<p>Eingangsbereich mit EPS verkleideter gekleber Vakuumdämmung</p>
	<p>U-Wert: 0,14 W/m²K Wandstärke: 23 cm Aufbau: - Putz - EPS 50 mm - VIP 30 mm - 3-S-Platte 27 mm - Konstruktion 60 mm - GKF 15 mm ACHTUNG SCHALLSCHUTZ!</p>		<p>Fertig gestellter Eingangsbereich</p>

Abbildung 15: Verlegung VIP als WDVS

5.4.3 Montagekleber

Die Verklebung von Vakuumdämmung kann mittlerweile als ausgereifte Technik, mit jedoch nur geringer Praxiserfahrung, angesehen werden.

Da es seitens des Herstellers bis Sommer 2006 noch keine wirkliche Empfehlung gab, wurden zu Beginn des Projektes 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 Anfangshaftung	Nur für horizontale Verklebung, da keine Anfangshaftung
Hersteller 2	Keine	Keine Haftung auf Folie	
Hersteller 2	Keine	Keine Haftung auf Folie	

Abbildung 16: Kleberhaftung

Durch einen Schadensfall an einer gedämmten Untersicht mit Vakuumdämmung, Ursache waren Verarbeitungsfehler, wurde ich auf das Produkt der Fa. Meini, 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.

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

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

Abbildung 17: Übersicht Klebstoffe

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 hygri-schen Vorgänge im Bereich zwischen Folie und Untergrund sein. Wie nachfolgende Simulationen zeigen, ist bei manchen Konstruktionen aufgrund der diffusionsdichten Folie mit hoher Feuchte zu rechnen.

Sehr positiv stimmen die Zugversuche am Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. in München, wo im Auftrag der Fa. Porextherm, die Zugfestigkeit zw. EPS und VIP getestet wurde. In allen durchgeführten Versuchen kam es zu einem Versagen des EPS, womit sichergestellt ist, dass die Verklebung mit Wakol PU 270 für diese Anwendung bestens geeignet ist.

Erkenntnis 6: Montagekleber sind für unterschiedliche Anwendungen vorhanden. Langzeitprognosen können noch 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 gering 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 %

Abbildung 18: Kostenunterschied Kleber

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 NT mit	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		

Abbildung 19: Anwendungsmöglichkeiten Kleber

5.5 Vorgefertigte Holzelemente mit Vakuumdämmung

Der ursprüngliche Gedanke von Wandweise vorgefertigten Wandelementen mit werkseitig angebrachter Vakuumdämmung wurde für den Bereich des Neubaus 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 empfehlen 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 Holzbaubetriebe bzw. Fertigteilhaushersteller aufweisen.

Aufgrund der Branchenkenntnisse des Autors, sind Fertigteilhaushersteller in der Regel nicht willig, ihr Fertigungskonzept umzustellen. Vor allem deshalb nicht, da dies mit hohen Kosten verbunden ist, bzw. die getakteten Arbeitsabläufe unterbrochen werden müssten.

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 Holzbau- oder Zimmereibetrieb mit sorgfältig arbeitendem 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 Fassadengestaltung 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
- Konventionelle Betriebe können die Rohbauhülle errichten
- Konventionelle Zimmereibetriebe können die Fassadenelemente mit Vakuumdämmung planen, herstellen und montieren
- Konventionelle Betriebe können die Fassade herstellen
- Keine langen und teuren Transportwege
- Wertschöpfung bleibt in der Region

5.5.1 Zubau – ausgeführte Variante

Bei dem eingereichten Projekt wurde der Wandaufbau wie folgt ausgeführt:

von Innen nach Außen:

- Gipskartonplatte 15 mm
- Holzriegel + Steinwollendämmung 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 24 mm
- 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.

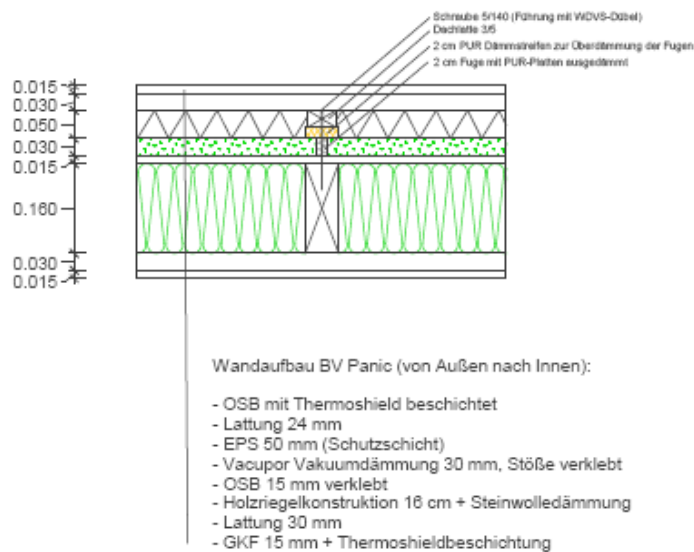


Abbildung 20: Ausgeführter Wandaufbau Neubau

5.5.2 Altbau – ausgeführte Variante

Wandaufbau im Bereich des Altbaues wurde wie folgt ausgeführt:
Von Innen nach Außen:

- Putz Bestand
- Mauerwerk Bestand 30 bzw. 50 cm
- Isolierputz Bestand ca. 2 -10 cm
- Epafoam Schutzfolie
- Vakuumdämmung 35 mm
- OSB-Platte 15 mm
- Lattung 4/6 + Steinwolle 60 mm
- Lattung 24 mm
- OSB-Fassade mit endokeramischer Beschichtung

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

Im mittleren und oberen Bereich wurden die Elemente mittels Gewebebänder rückgeschraubt.

Durch diese Technik ergab sich bei dem Regelmodul von 1,25 x 2,50 m 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 Paneelen ergibt sich wiederum ein preislicher Vorteil im Bereich der Vakuumdämmung.

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.

5.5.3 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 ist dort vorhanden, wo durch eine Nutzflächenerweiterung mit „hohen“ Quadratmeterpreisen gegen gerechnet werden kann.

Materialkosten/m ² /netto (Endkundenpreise)		m ² -Preis ohne Fenster in Euro
PE-Schaumfolie		1,40
Verbindungsmitel-Knapp		2,52
Verbindungsmitel Spax		0,50
Staffel 4/6		1,72
Sparschalung 24/80		0,82
OSB		6,90
Steinwolle		6,19
Windbremse		1,84
Klebebänder, ca. 6 lfm/m ²		7,60
VIP NT 35 mm, Großmengenrabatt, incl. 5 % Verlust		120,00
Kleber f. VIP u. Schaumfolie		3,22
Material für Befestigungsgrund		1,97
Gesamtkosten Material netto		154,68
Arbeitszeit		
Planung, € 50,-/h netto		12,32
Vorbereitungsarbeiten, € 40,-/h netto		16,75
Elementfertigung, € 40,-/h netto		65,00
Elementmontage, € 40,-/h netto		65,45
Gesamtkosten Arbeit netto		159,52
Gesamtkosten netto Ohne Fassadenbekleidung		314,20

Abbildung 21: Materialkosten "2-Mann-Platte"

5.5.4 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“	Kosten
Rohbau/Altbestand	Wie bisher		€ 0,-, Ausführung wie bisher
Fassadendämmung: 2-lagige Lattenrostkonstruktion mit WD und Windbremse, mit Fassadenunterkonstruktion, U-Wert: 0,13 W/m ² K	€ 84,35	VIP 35mm OSB 15 mm WD + Lattung 60 mm U-Wert 0,13 W/m ² K	€ 314,20
Fassade	Wie bisher		€ 0,- wie bisher
Mehrkosten- Fassade			€ 230,-/m²
Minderstärke			- 16 cm
Mehrkosten bei Nutzflächenvergrößerung bei Neubau/Stadtgebiet €2500,-/m²; 2 Geschoße			+ €96,-/m² Fassade
Variante U-Wert 0,1			
Kosten Fassade	€97,-		€281,-/m²
Mehrkosten Fassade			€184,-/m²
Minderstärke			- 26 cm
Mehrkosten bei Nutzflächenvergrößerung bei Neubau/Stadtgebiet €2500,-/m²; 2 Geschoße			- €32/m² Fassade

Abbildung 22: Mehrkosten "2-Mann-Platte"

Kosten ohne Transport und Gerüstung, $VIP_{\lambda} = 0,007 \text{ W/mK}$ (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.

5.5.5 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 = 108 m², max. Dämmstärke 10 cm + Fassade

Lattenrostdämmung d = 10 cm		2-Mann VIP-Fassade d = 10 cm	
U-Wert 0,49 W/m ² K	€ 74,-	U-Wert 0,16 W/m ² K	€ 275,-
Fassadenkosten	€ 7992,-	Fassadenkosten	€ 29.700,-
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	€ 12655,-		€ 47030,-
Gesamtkosten Ener- giemehrkosten +Finanzierung	€ 24048,42		€ 47030,-
Mehrkosten			€ 22981,-
Var. Energiekosten- index + 8 % , Tarif 0,06 €/kWh, nach 30 Jahren	+ € 20356,-		
Finanzierungskosten 4% Zinsen, 25 Jahre	€ 12655,-		€ 47030,-
Gesamtkosten Ener- giemehrkosten +Finanzierung	€ 33011,-		€ 33861,-
Mehrkosten			€ 850,-

Abbildung 23: Energieersparnis "2-Mann-Platte"

Aus obigem Beispiel ist erkennbar das sich Fassadendämmungen mit VIP aus energetischer Sicht, ohne Beachtung des CO₂-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 weiter steigen, so sind auch aus energetischer Sicht Investitionen in Vakuumdämmung sinnvoll.

In Kombination mit Nutzflächenerweiterung und oder Grundstückersparnis ist bereits jetzt die Wirtschaftlichkeit gegeben, obwohl noch wesentliche Kostenreduzierung im Bereich der Arbeitszeit möglich ist.

5.5.6 „2-Mann-VIP-Element“ für den Bereich des Altbaues

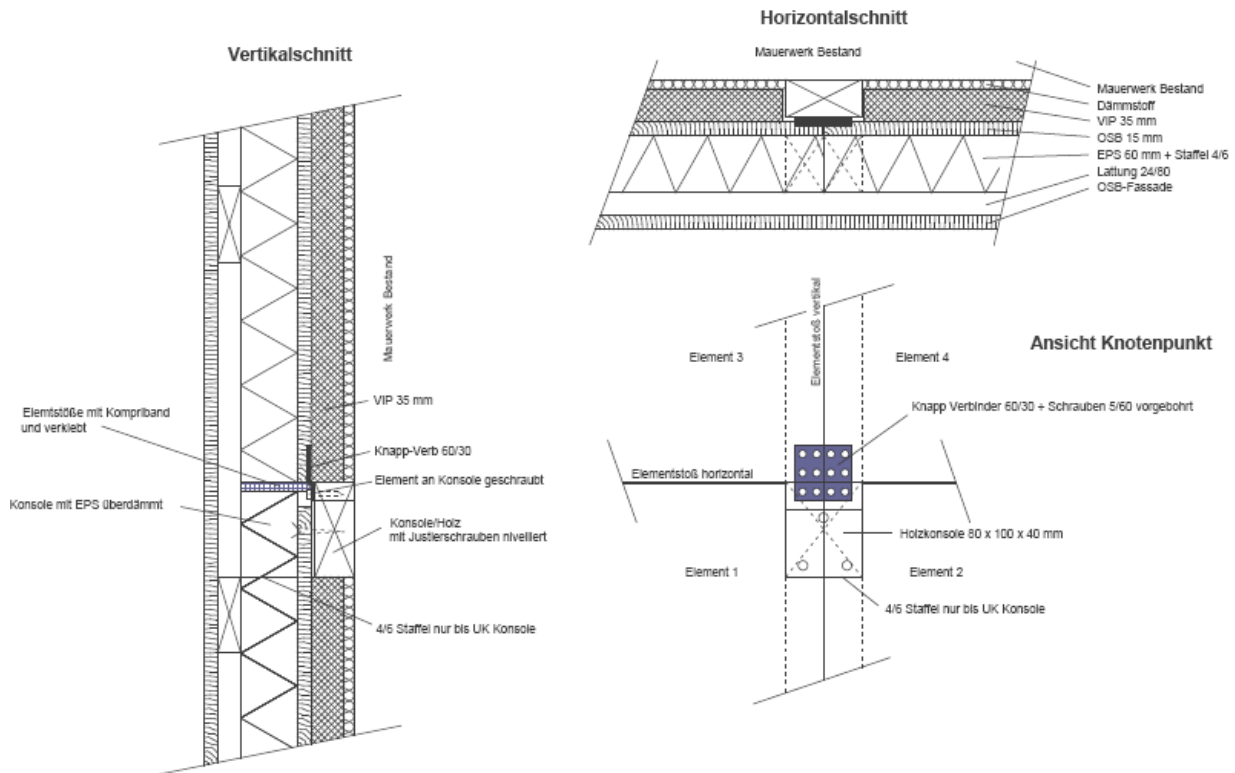


Abbildung 24: "2-Mann-Platte"

Entsprechend der Planung wurden die Elemente gefertigt und montiert.

Verbesserungspotential wurde in folgenden Bereichen gefunden und auch teilweise umgesetzt:

a) Ausgleichen des Untergrundes

Die zu Beginn durchgeführte Variante mit einer Mörtelschicht als ebenen Untergrund ist in vielen Bereichen an der handwerklichen Durchführbarkeit gescheitert. Die Auflager waren teilweise nicht parallel zur Elementebene und ebenso leicht verdreht die Auflagerkonsolen.

Als wesentliche Verbesserung hat sich die Verwendung von auf die jeweilige Dicke gehobelten Holzplatten bewährt. Bei dieser Variante kommen noch die wesentliche genauere Befestigung der Auflagerkonsolen und die bessere Verankerung im Untergrund hinzu.

b) Auflagerkonsolen

Mittels entsprechenden Bohraggregats könnten die Bohrungen für die Auflagerzapfen noch genauer gebohrt werden, was zu einer geringen Verbesserung der Montagefreundlichkeit führen würde.

c) Passgenauigkeit der Elemente – Auflagerkonsolen

Bei zukünftigen Montagen ist der genauesten Befestigung der Auflagerkonsolen vermehrt Achtung zu schenken. Eine Abweichung im Bereich von 1 – 2 mm genügt leider, um das ineinander fügen der Elemente zu erschweren.

Vor allem beim nachträglichen Einsetzen von Wandelementen führt dies zu zusätzlichem Arbeitsaufwand von bis zu 1 h pro m².

Nachfolgend betrachtet können aufgrund der gemachten Erfahrung und der Verbesserungen die Arbeitszeitkosten um ca. € 50,-/m² reduziert werden.



Bild 1
Fertigen des Grundelementes
mit Wärmedämmung und
Windbremse



Bild 2
Umdrehen und Bekleben der
Elemente mit Vakuumdäm-
mung



Bild 3
Abkleben der Fugen



Bild 4
Aufbringen der Schutzfolie



Bild 5
Wandbefestigung stellt den
einzigsten Bereich ohne Vaku-
umdämmung dar



Bild 6
Montage der Elemente mittels
Flaschenzug



Bild 7
Eckknotenpunkt mit Auflager-
konsole und Rückhängung
mittels Gewebeband



Bild 8
Teilfertigstellung der Ostfassa-
de mit noch nicht abgeklebter
Windbremse

Hier wurden Versuchsweise
Elemente nachträglich einge-
bracht.

Abbildung 25: Fertigung "2-Mann-Platte"

5.5.7 Sockel- und Fensterdetail Altbau

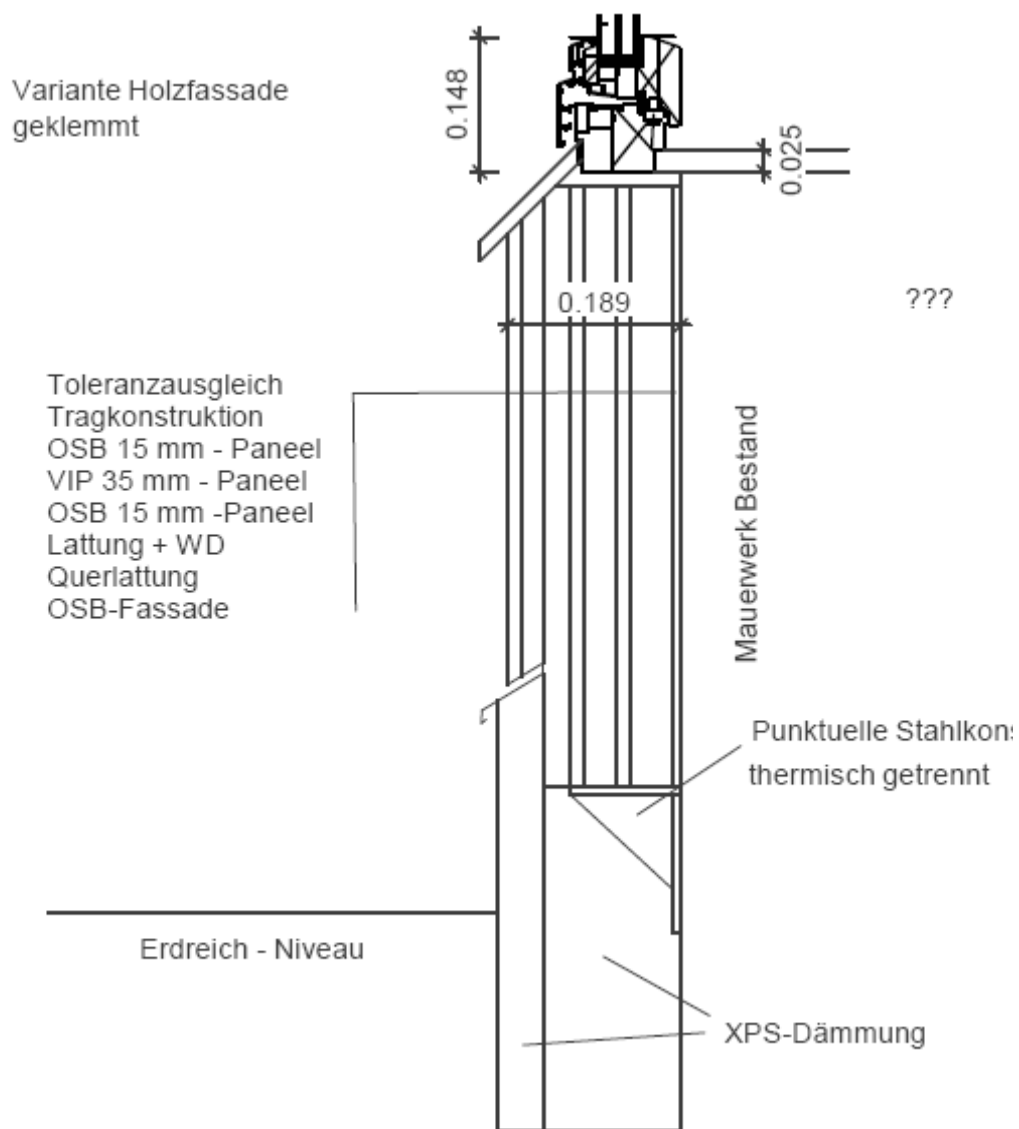


Abbildung 26: Detail Altbau

5.6 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

Der Austausch der 2-Mann-Platte bzw. der nachträgliche Einbau im Bereich des Altbestandes hat folgende Ergebnisse gebracht:

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
 - Die Passgenauigkeit muss genau gegeben sein

5.6.1 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 des EPS und des schadhaften Paneels

Anbringen von Klemmlatten ,EPS und Fassadenlattung



Demontage der Lattung

Einsetzen der neuen Paneele

Abbildung 27: Austausch von VIP

5.7 Wärmebrückenfreie Bauteilanschlüsse

5.7.1 Wandelemente – Fuge VIP

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

Dabei gab es grundsätzlich folgende Frage zu klären:

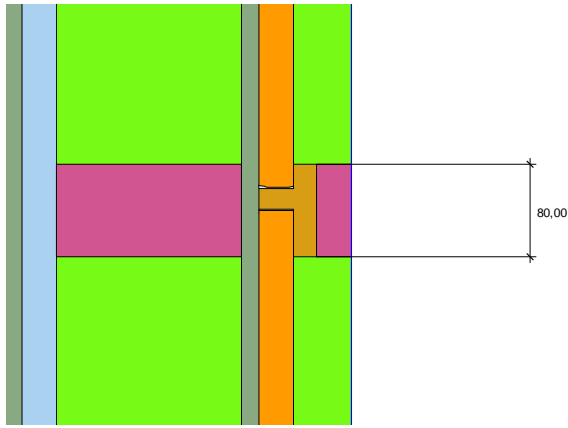
- Macht es einen Unterschied ob die Fugen mit 5 oder 8 cm breiten Dämmstreifen überdämmt werden?
- Wie groß ist der Unterschied ob die Fugenzwischenräume mit PUR-Dämmung versehen werden?
- Wie groß ist der Unterschied wenn die Klemmleiste 5 oder 8 cm breit ist?

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	

Abbildung 28: Fuge VIP

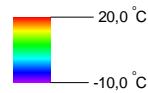
Die Berechnungen ergaben, dass es sehr wohl Sinn macht die einzelnen Varianten durchzurechnen. Bezogen auf die Gesamtfläche und über einen Zeitraum von 30 Jahren ergibt sich eine Energieersparnis von ca. 1800 kWh.



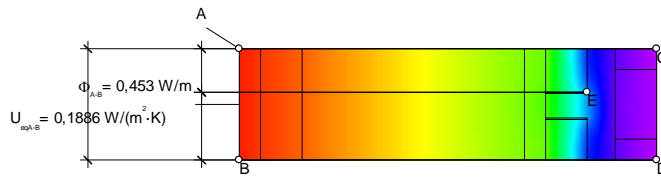
Wandaufbau:

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

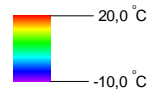
Name	λ [W/(m·K)]	θ [°C]	h [W/(m ² ·K)]
Luftschicht, ruhend, horizontal, Dicke: 2 mm	0,0455	-10,000	25,000
Luftschicht, ruhend, horizontal, Dicke: 30 mm	0,1667	20,000	7,69231
Nutzholz 500	0,130		
OSB-Platten	0,130		
Polyurethan (PUR)-Hartschaum WLG 025	0,025		
Polyurethanschaum (PU)	0,050		
Taurox-C	0,040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



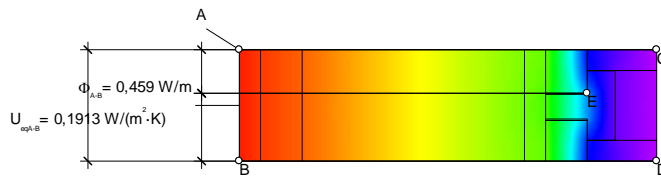
Überdämmung der Fuge mit 8 cm breiten PUR-Streifen



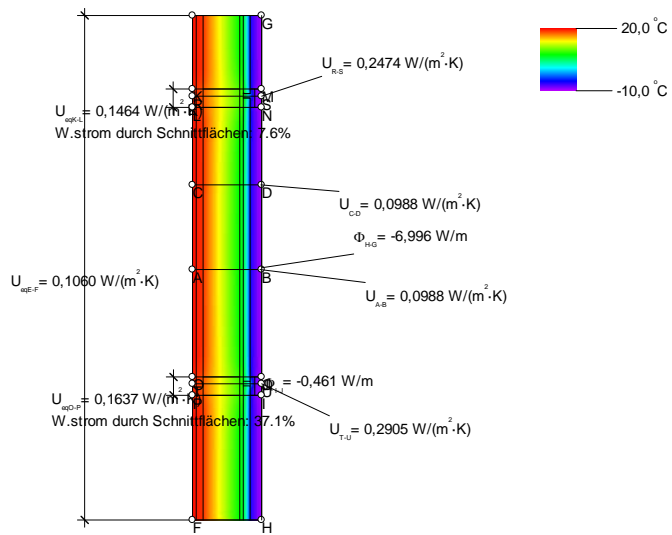
$$\psi_{B-EA} = 4,62e-3 \text{ W/(m·K)}$$



Überdämmung der Fuge mit 5 cm breiten PUR-Streifen



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



Fugenabstand mit oder ohne PUR Dämmung

Abbildung 29: WBR-Fuge

5.7.2 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, $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Einbau-Psiwert $\Psi = 0,023 \text{ W/mK}$

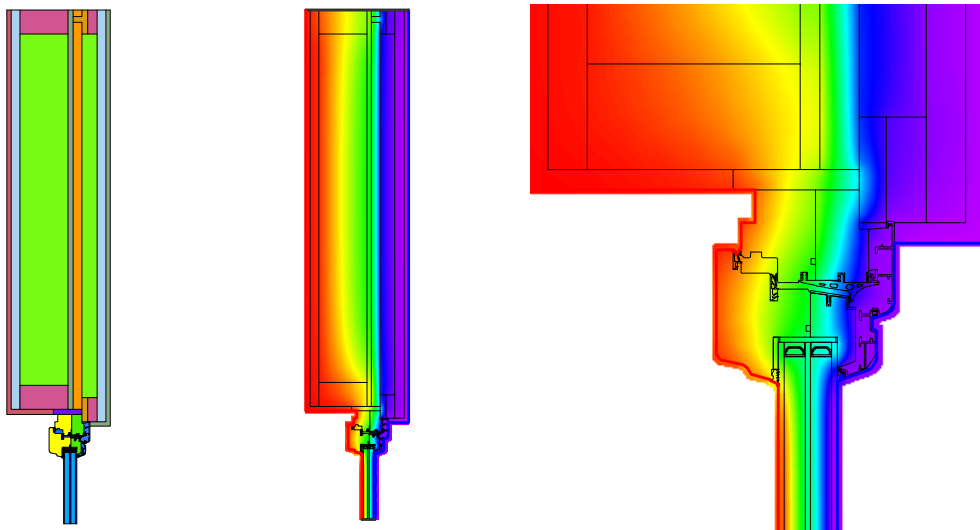


Abbildung 30: WBR-Fensteranschluss

5.7.3 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.

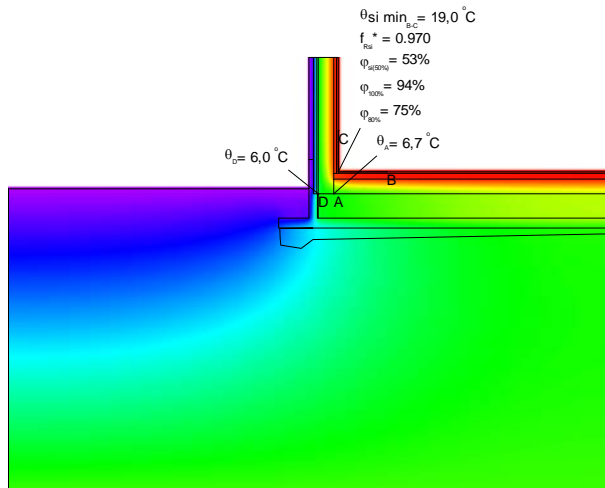
Die innere Oberflächentemperatur liegt mit mind. 19°C immer über der Schimmelbildungsgrenze.

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 Tauwassersgrenze.

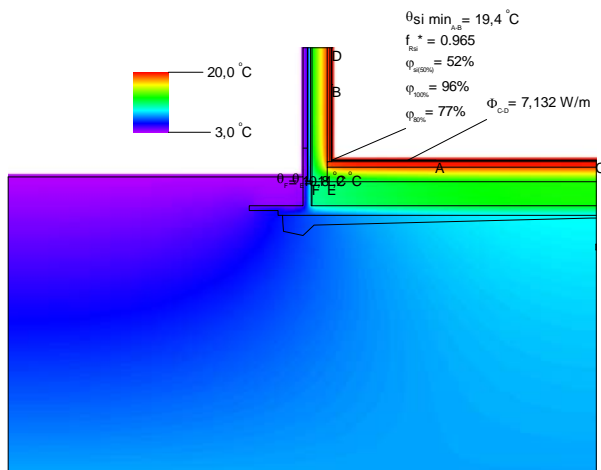
Ob es hier zu Schimmelbildung kommt oder nicht wird im Kapitel 6. behandelt.

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



Isothermenverlauf bei -12°C Außentemperatur.

Abbildung 31: WBR-Sockel



Isothermenverlauf bei Jahresheizmitteltemperatur von -3°C

Abbildung 32: WBR Sockel

5.7.4 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.

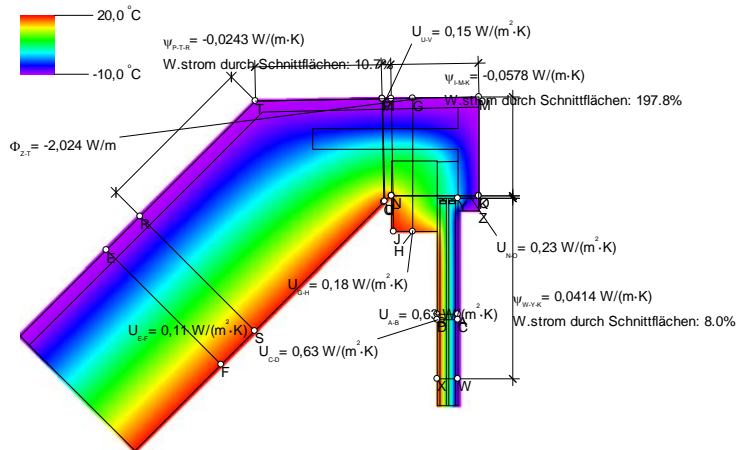
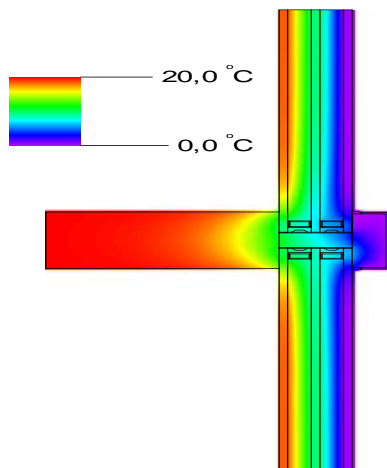


Abbildung 33: WBR-Dachträger

5.7.5 Südverglasung – Wintergarten

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



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

$U_i =$ Nicht definiert

Abbildung 34: WBR-Wintergarten

5.7.6 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 war aus Kostengründen nicht sinnvoll.

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

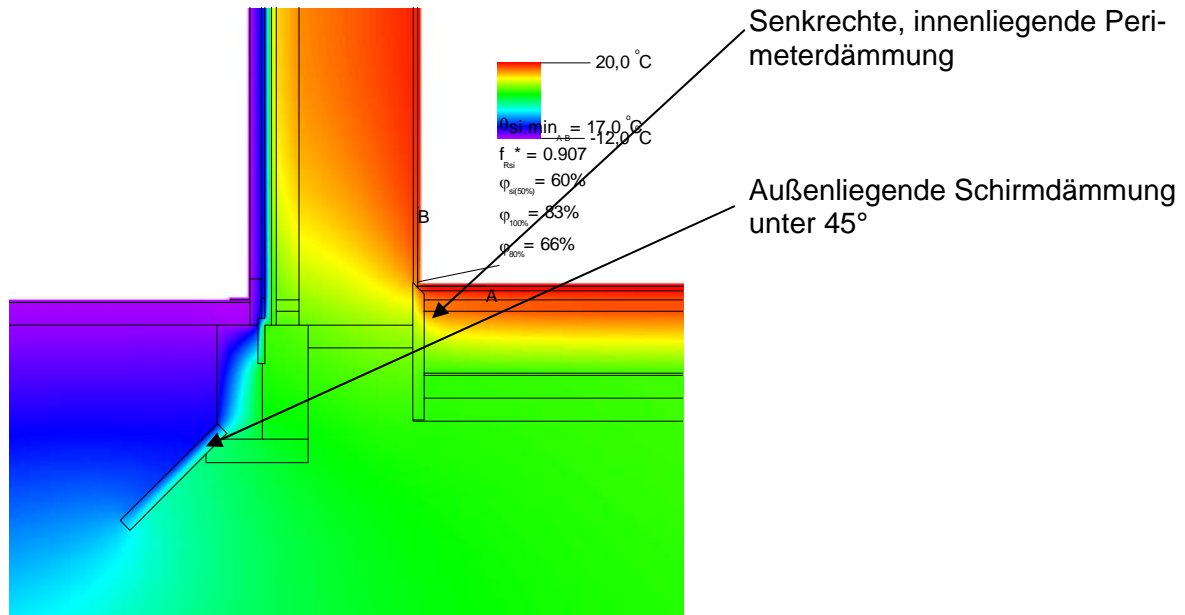


Abbildung 35: WBR-Sockel Altbau

5.7.7 Tragende Wände Altbau

Auch die tragenden Wände wurden thermisch nicht vom Untergrund getrennt und es waren 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.

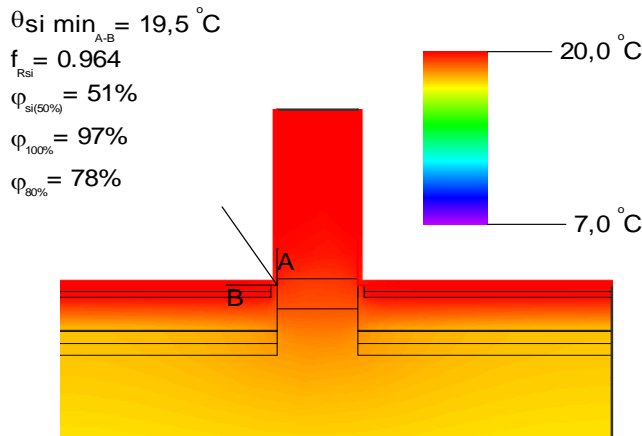


Abbildung 36: WBR-Tragende Wände

5.8 WUFI – Wärme und Feuchte instationär

Die Überprüfung von Bauteilkonstruktionen hinsichtlich Wasserdampftransport 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, Feuchtespeicherfähigkeit, feuchtigkeitsabhängiger Wärmeleitwert und Diffusionswiderstand können und werden nicht berücksichtigt.

Im Bereich der Altbausanierung ist es von besonderer Bedeutung, die Auswirkungen von evtl. eindringender Feuchtigkeit aus der Altbausubstanz bzw. dauerfeuchtem Untergrund 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 wurden 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.

5.8.1 Wand Neubau

Bei der Verwendung von Vakuumdämmung stellt die Vakuumdämmung für sich gleichzeitig die Dampfbremse sicher. Um jedoch eine Konvektion zwischen den VIPs 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>
		<p>OSB- Feuchte außen Auf der VIP-seitigen Fläche der OSB-Platte bleiben auch bei defektem VIP die relativen Feuchtigkeitswerte unter 80 %. Mit Schimmelbildung ist nicht zu rechnen.</p>
		<p>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</p>
		<p>OSB-Feuchte innen Wird an der Innenseite eine feuchtevariable Dampfbremse montiert, besteht auch bei defekter VIP keine Schimmelgefahr.</p>

Abbildung 37: WUFI – Wand Neubau

5.8.2 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.

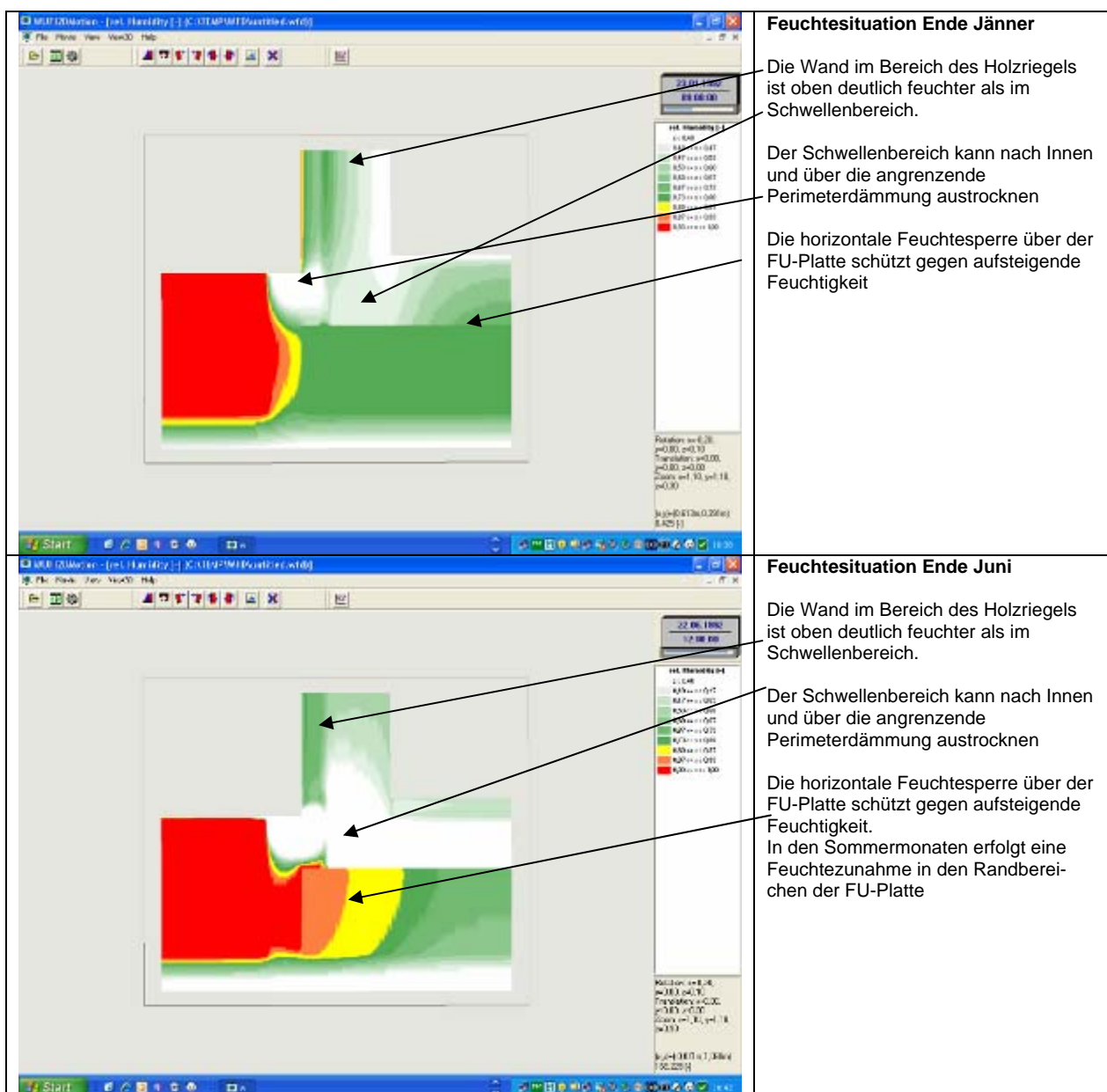


Abbildung 38: WUFI – Sockel Neubau

5.8.3 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 μ -Wert von ca. 5000000 aufgebracht. Das heißt, dass evtl. Feuchtigkeiten nur nach Innen austrocknen können.

Weiters stellte 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 nach Anbringung der Vakuumdämmung nur nach Innen abtrocknen.

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

Um diese Problematik abzuklären wurden unterschiedliche Varianten simuliert. Nach Errichtung werden mittels hygrischer 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:

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

Baustofffeuchte 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.

Ergebnisse:

	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%	-

Abbildung 39: Wandfeuchte Altbau

Zur sicheren Beurteilung wurden im September 2007 aus einer ca. 20 cm tiefen Schicht Ziegel- und Lehmproben entnommen und mittels Darrprobe der Feuchtegehalt ermittelt.

Da die mittels Simulation gerechneten und die mittels Messfühler gemessenen Werte weit unter den Werten der Darrprobe lagen, wurden die Werte der Darrprobe für den Baustoff Ziegel für die Ausgangssituation herangezogen.

Messung der Bauteilfeuchte Altbau
Panic

Probe Nr.	Tara g	Gewicht vor Trocknung			Gewicht nach Trocknung	Trockenmasse g	Wassergehalt g	M% ¹
		17:30 g	19:30 g	19:57 g	20:40 g			
1 Lehm	2,1	11,2	9,65	9,75	9,7	7,6	1,5	19,74
2 Lehm	2,1	9,65	8,55	8,55	8,5	6,4	1,15	17,97
3 Lehm	2,1	7,05	6,3	6,35	6,35	4,25	0,7	16,47
4 Ziegel	2,1	6,7	6,4	6,4	6,4	4,3	0,3	6,98
5 Ziegel	2,2	6,35	6,15	6,15	6,15	3,95	0,2	5,06
6 Ziegel	2,05	8,83	8,5	8,4	8,45	6,4	0,38	5,94
7 Lehm	2,3	15	13,2	13,05	13,1	10,8	1,9	17,59

¹Dichte: Lehm = 2100 kg/m³; Ziegel =
1800 kg/m³

Abbildung 40: Darrprobe Wand Altbau

Wie die Berechnungen verdeutlichen ist die Berücksichtigung des Unterschiedes zwischen der Annahme mit Baufeuchte und der Annahme einer abgetrockneten Oberfläche nicht von Relevanz, da die Inneren Feuchten so hoch sind, dass die Oberflächenfeuchten eine eher geringe Rolle spielen.

Als Innenraumklima wurde trotz kontrollierter Wohnraumlüftung mit normaler Luftfeuchte gerechnet, da wie die Erfahrung im Bereich der Stallsanierung gezeigt hat, hier durch die Abtrocknung der Wände verhältnismäßig hohe Luftfeuchten im Bereich von 50 bis 60 %rH vorhanden sind und nur durch zusätzliches aktives Stoßlüften die Luftfeuchten niedrig gehalten werden können.

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, ob die Raumlufffeuchte einen wesentlichen Einfluss auf das Abtrocknungsverhalten der Altbauwand ausübt.

Dazu wurde eine Konstante Raumlufffeuchte von 30 % von November bis Ende März angenommen.

Aus den Simulationen sind eindeutige Ableitungen möglich:

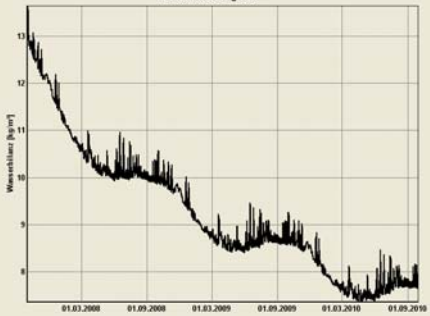
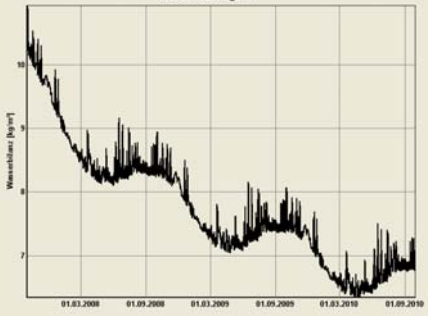
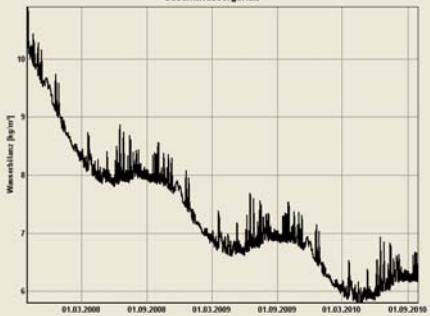
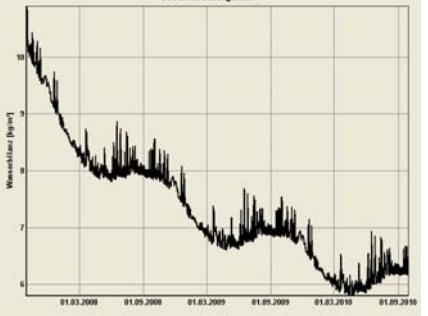
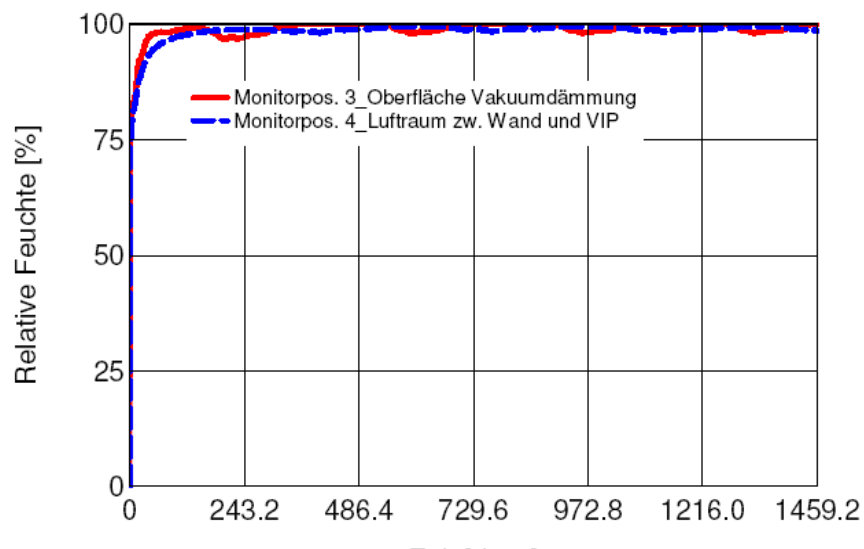
- Bei der Sanierung von Altbauten mit Vakuumdämmung kommt es in den ersten Jahren zu einer Feuchtigkeitszunahme zwischen Mauerwerkaußenseite und Vakuumdämmung, mit möglicher Tauwasserbildung an der Oberfläche der Vakuumdämmung und evtl. möglicher Schimmelbildung.

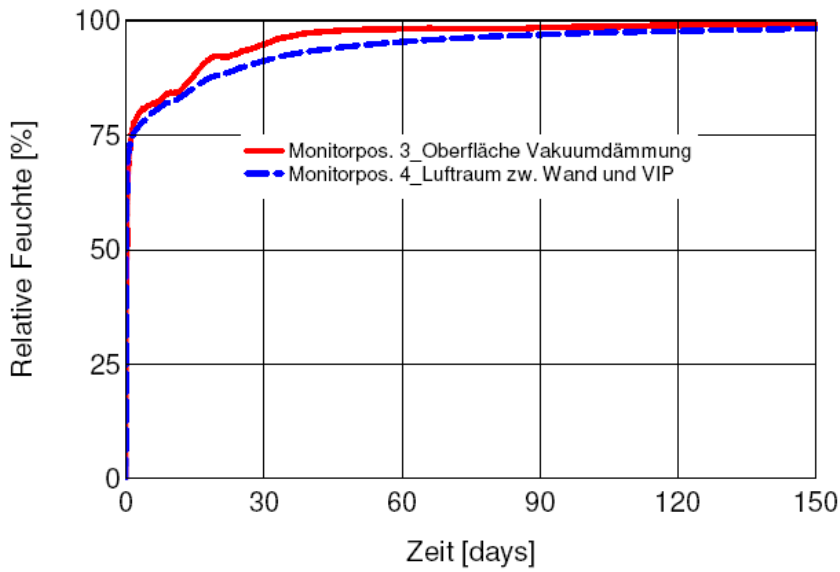
Nach ca. 3–5 Jahren sinkt die Feuchte in diesem Bereich ganzjährig unter die Taupunktgrenze und nach ca. 20 Jahren unter die Schimmelbildungsgrenze.

- Die Verminderung der inneren Raumlufffeuchte ist nur bei feuchtem Mauerwerk sinnvoll. Es werden in etwa jene Austrocknungsraten erreicht, die auch bei an der Innenseite abgetrocknetem Mauerwerk vorhanden sind.

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

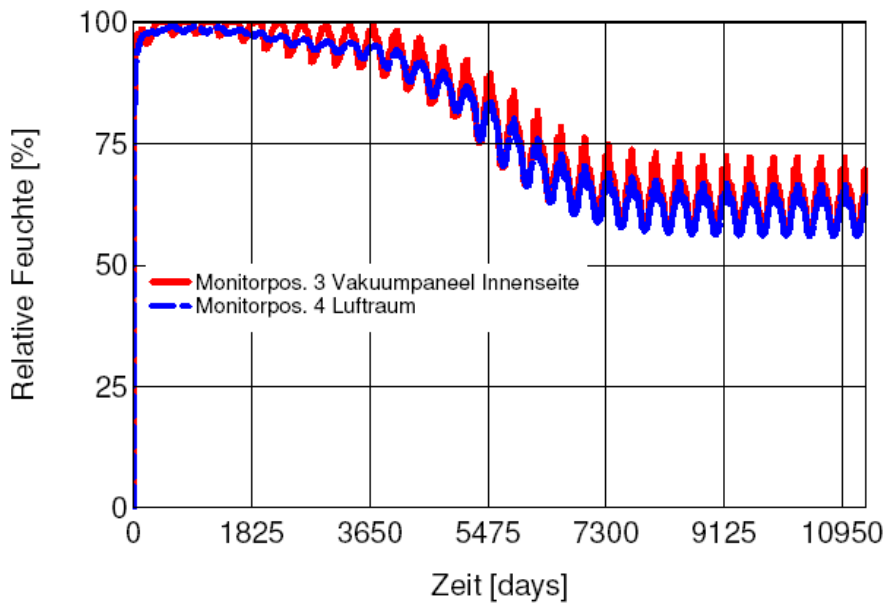
Als mögliche Lösung zur Vermeidung von Schimmelbildung in den ersten Jahren kann evtl. eine Reinigung der Fassade und Anstrich mit fungiziden Mittel sein.

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>
		<p>VIP und Luftraum Sehr gut erkennbar der Feuchteanstieg im Zeitraum von ca. 4 Monaten nach Montage im Luftraum zw. Wand und Vakuumdämmung</p>



VIP und Luftraum
 Detailausschnitt zu vor.

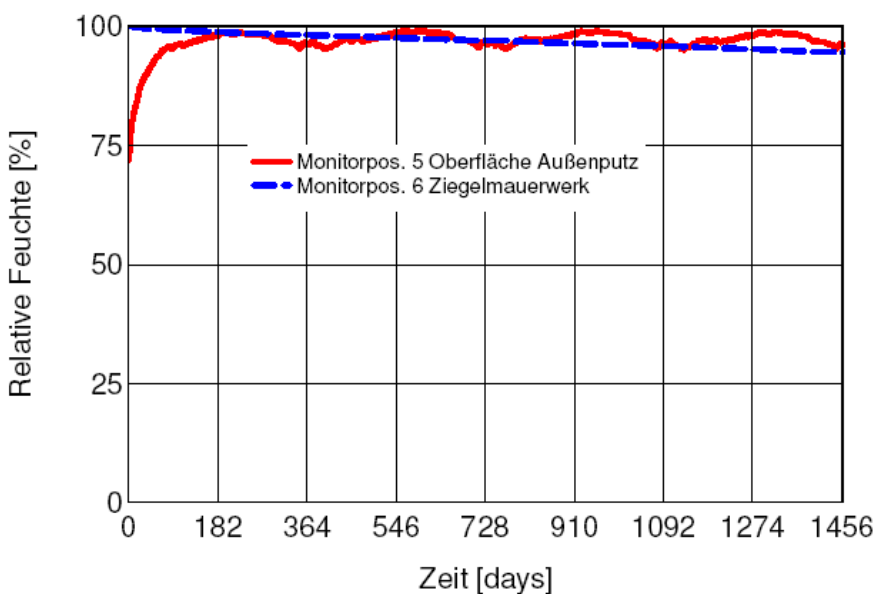
Die simulierten Ergebnisse stimmen in der Tendenz mit den gemessenen Werten überein



VIP und Luftraum über 30 Jahre

Deutlich erkennbar dass es in den ersten Jahren an der Oberfläche der Vakuumdämmung evtl. zu Oberflächenkondensat kommen kann.

Parallel zur Abtrocknung der Gesamtwand kommt es auch zu einer Rücktrocknung im Zwischenraum



Feuchtegehalt Mauer

Die Bestimmung der Feuchte des bestehenden Mauerwerkes ergab einen vollständig mit Wasser gesättigten Baustoff.

Während im Bereich der ehemaligen Außenseite eine anfängliche Zunahme zu erkennen ist, trocknet die Wandmitte gleichmäßig nach innen ab.

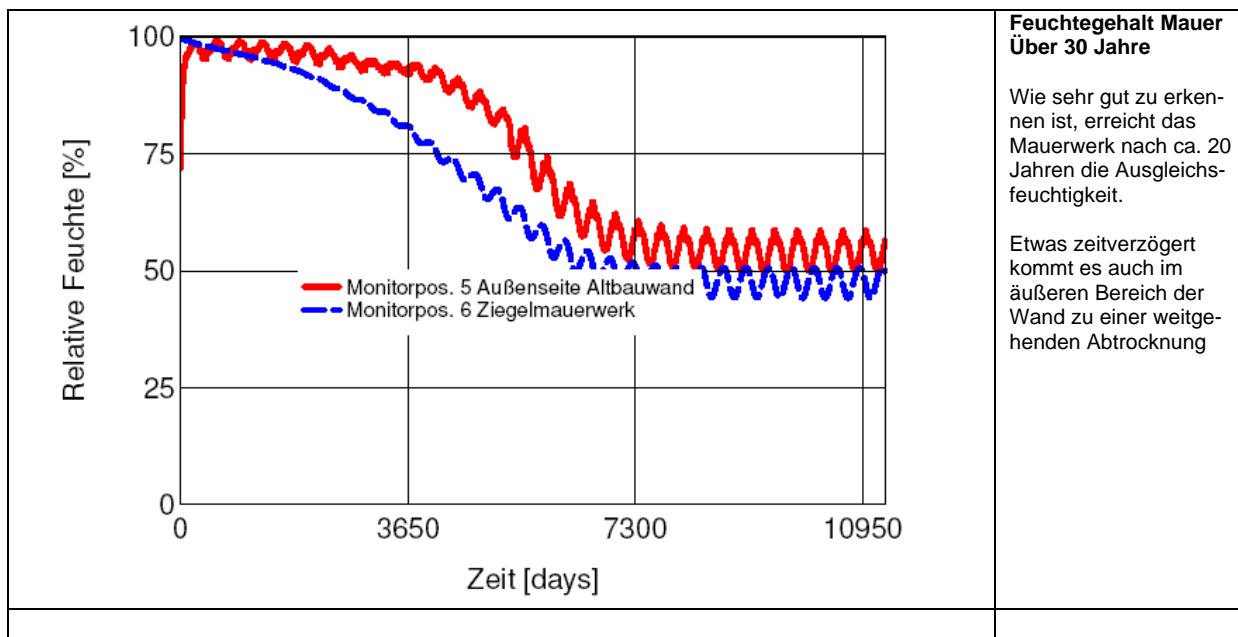


Abbildung 41: Wufi Wand Altbau

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die wahrscheinliche Zunahme der Feuchtigkeit im Bereich zwischen Vakuumdämmung und Mauerwerk unbedingt zu berücksichtigen ist um einerseits evtl. Korrosion von Befestigungsmitteln und andererseits evtl. Fäule von organischen Substanzen zu vermeiden, die evtl. zu einer statischen Beeinträchtigung der Fassade führen könnten.

Zur genauen Bewertung sind die Messergebnisse abzuwarten und erst dann kann auch der Vergleich zwischen Simulation und Praxis hergestellt werden.

5.8.4 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.

Voraussetzung 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 Wandbereichen die Ursache.

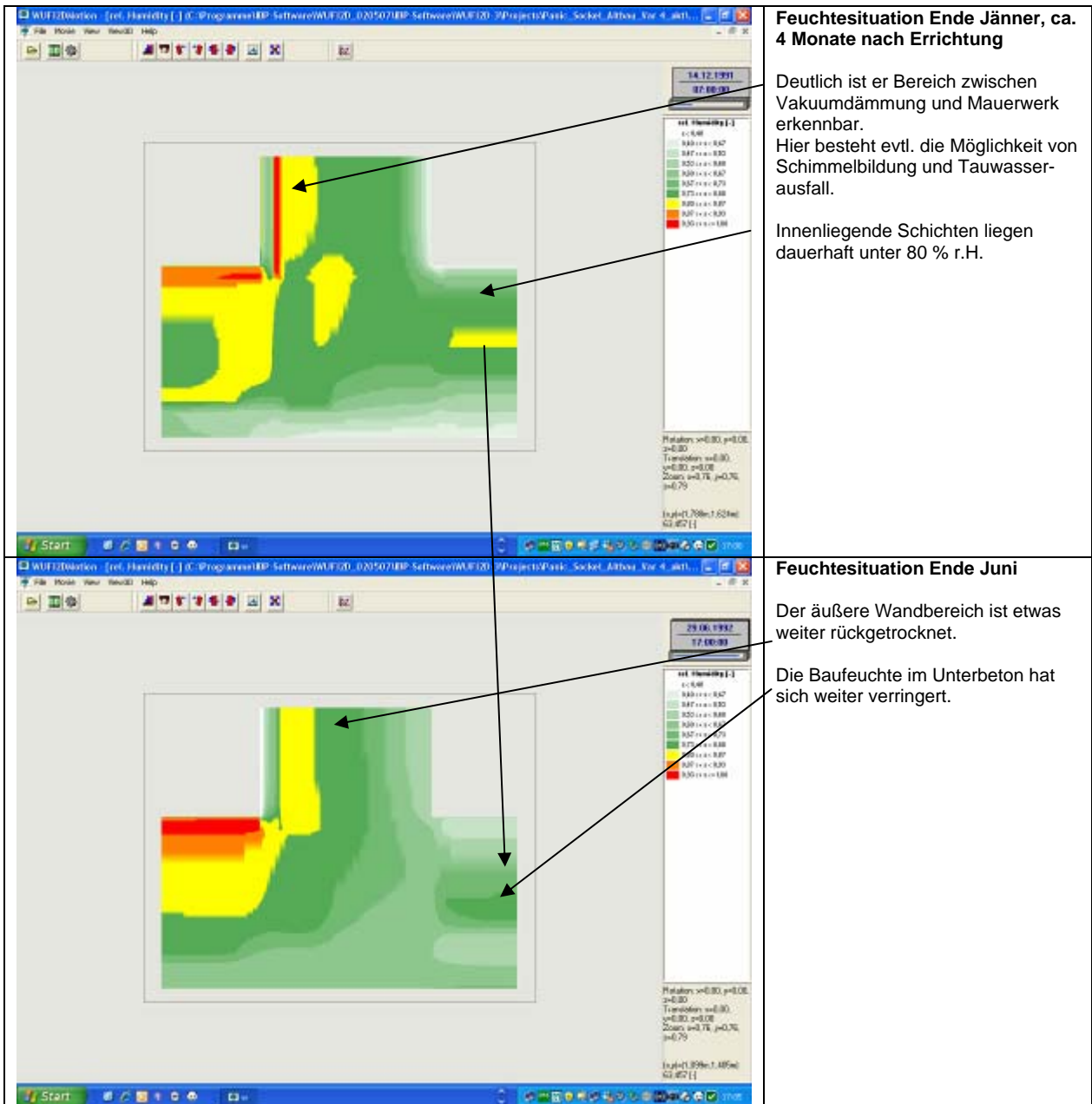
Wie die durchgeführten Berechnungen zeigen, ist ohne dem Einbau einer horizontalen Sperre eine trockene Ausführung möglich.

Um dies sicherzustellen ist

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

oder, wie andere Berechnungen zeigen, es wird ein komplett diffusionsoffener Aufbau entwickelt.

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



Feuchtesituation Ende Jänner, ca. 4 Monate nach Errichtung

Deutlich ist er Bereich zwischen Vakuumdämmung und Mauerwerk erkennbar. Hier besteht evtl. die Möglichkeit von Schimmelbildung und Tauwasser-ausfall.

Innenliegende Schichten liegen dauerhaft unter 80 % r.H.

Feuchtesituation Ende Juni

Der äußere Wandbereich ist etwas weiter rückgetrocknet.

Die Baufeuchte im Unterbeton hat sich weiter verringert.

Abbildung 42: Wufi Sockel Altbau

5.8.5 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 verfügt



Situation im Eingangsbereich vor Befestigung der vertikalen Perimeterdämmung

Abbildung 43: Arbeitsablauf Sockeldämmung

5.9 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. VIPs 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 eine Fotodokumentation erstellt werden.
- 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

5.9.1 Luftdichtheitsmessung

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

Vor Fertigstellung des Altbaues wurde ein Luftwechselrate n50 von 1,6 1/h gemessen.

Die Leckagen umfassten neben Fehlern im Bereich des Zubaues vor allem Undichtheiten durch Fugen im Bereich der Altbauwand (Putzrisse) sowie Undichtheiten über das Erdreich.

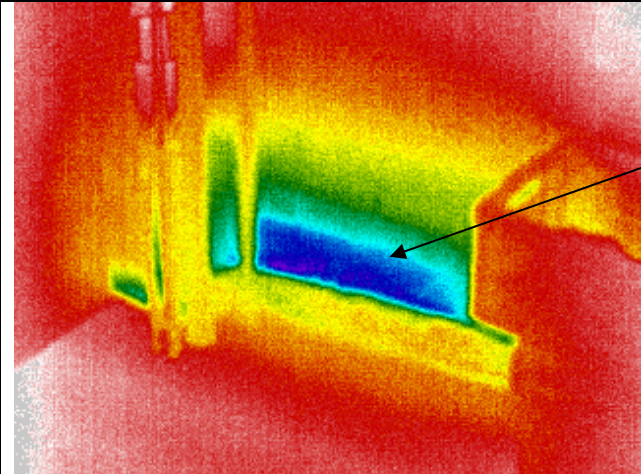
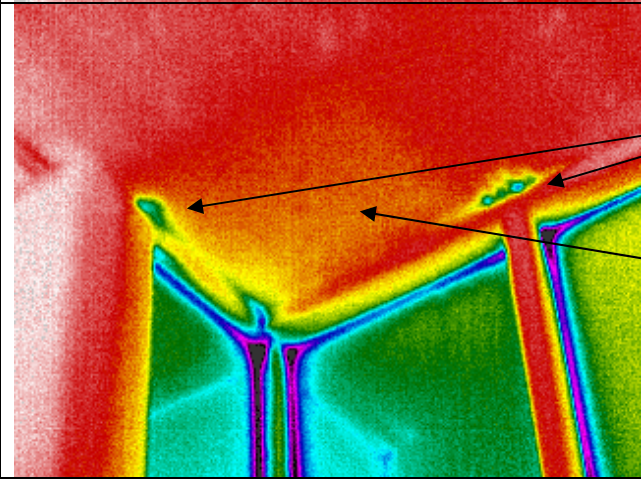
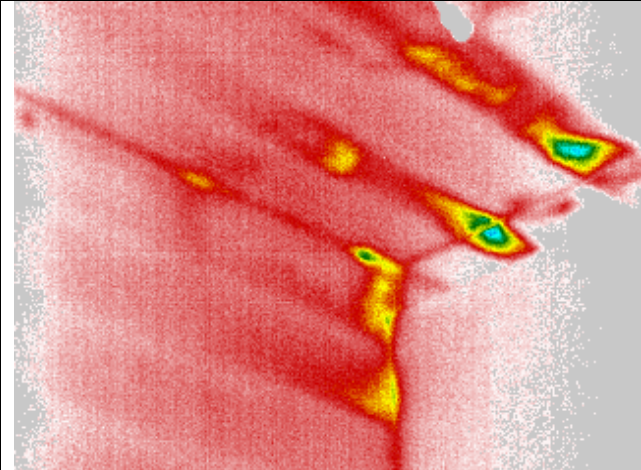
Nach Fertigstellung der luft- und winddichten Hülle, unter anderem dem Abdichten der Putzrisse wurde bei einer Zwischenmessung ein n50-Wert von bereits 0,82 1/h gemessen.

Die wesentlichen Undichtheiten zu diesem Zeitpunkt waren:

- Vereinzelt Übergänge ins Erdreich im Bereich der Altbauwände
- Schiebetür
- Div. Fehler bei Dampfbremsen, u. ä.
- Durchführung der Leitungen für die Sattelitenanlage
- Auflager Dachbinder bzw. Anschluss der Windbremse
- mangelhafte Anschlüsse bei Fenstern
- usw.

Nach Durchführung einer Mängelbehebung, bei der teilweise Gipskartonplatten wieder entfernt wurden, konnte nun zuletzt eine Luftwechselrate von 0,45 1/h gemessen werden.

Gefundene Leckagen

	<p>Sockelanschluss ehemaliger Stall</p> <p>Außenlufteintritt durch noch nicht vergossene Fuge zw. Boden und bestehender Ziegelwand</p>
	<p>Wintergarten Südosteck</p> <p>Fehlstellen im Dachanschlussbereich – Glasanschluss war mangelhaft.</p> <p>Evtl. defektes Paneel oder Kaltlufteintritt unter die Wärmedämmung durch die Fehlstellen</p>
	<p>Nordwand – Kinderzimmer</p> <p>Undichtheiten durch Fehler im Anschluß der Wind- und Dampfbremse</p>

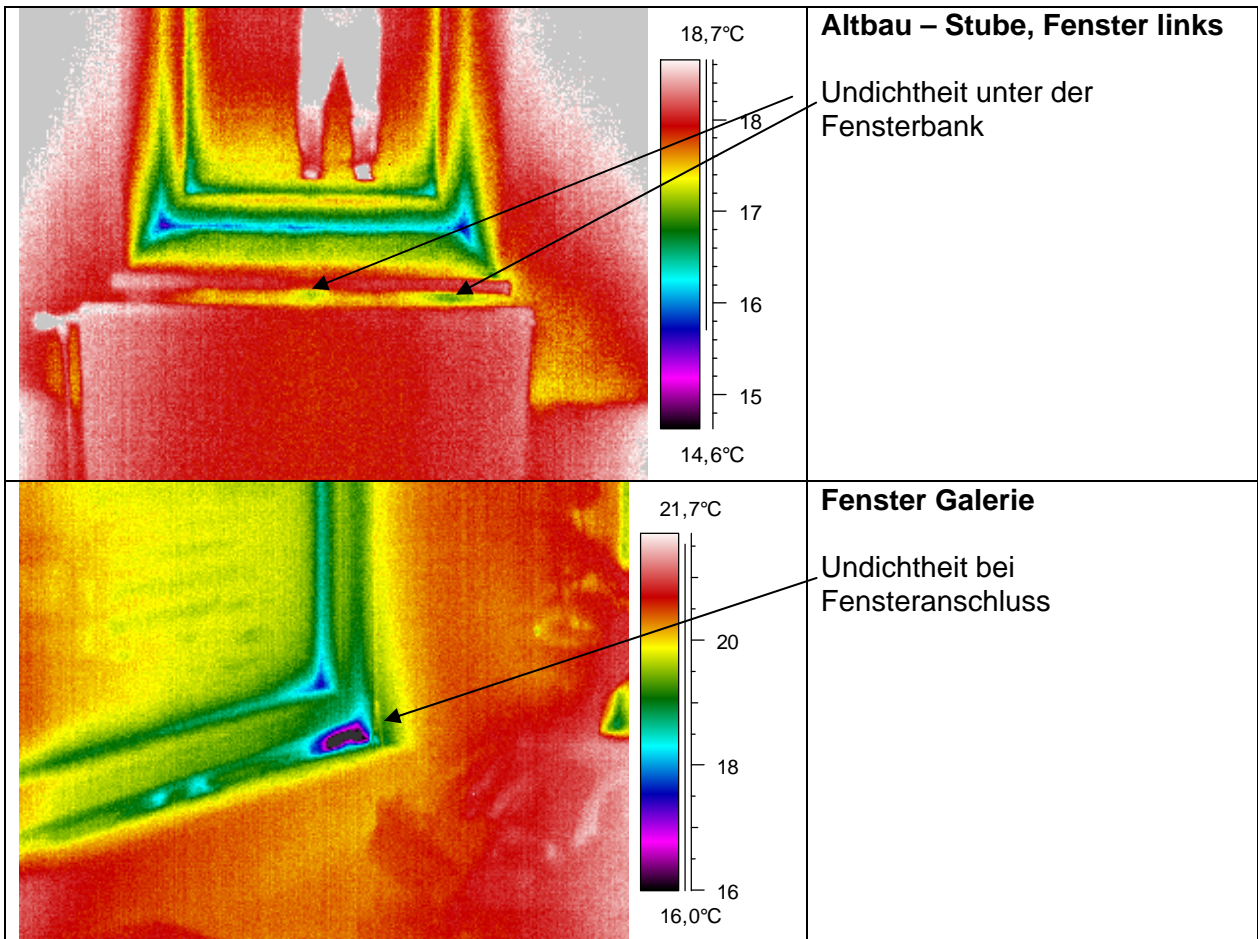


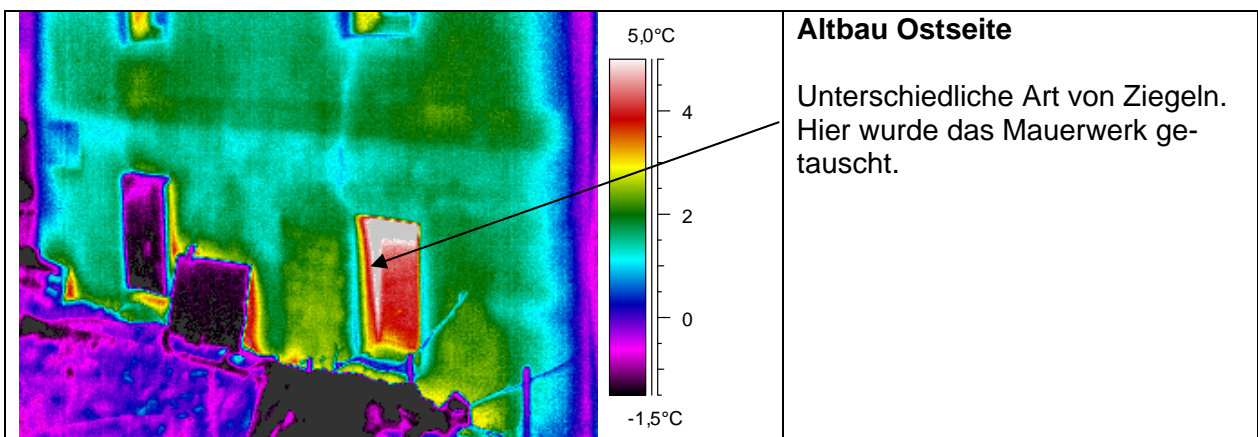
Abbildung 44: Leckagenortung

5.9.2 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.



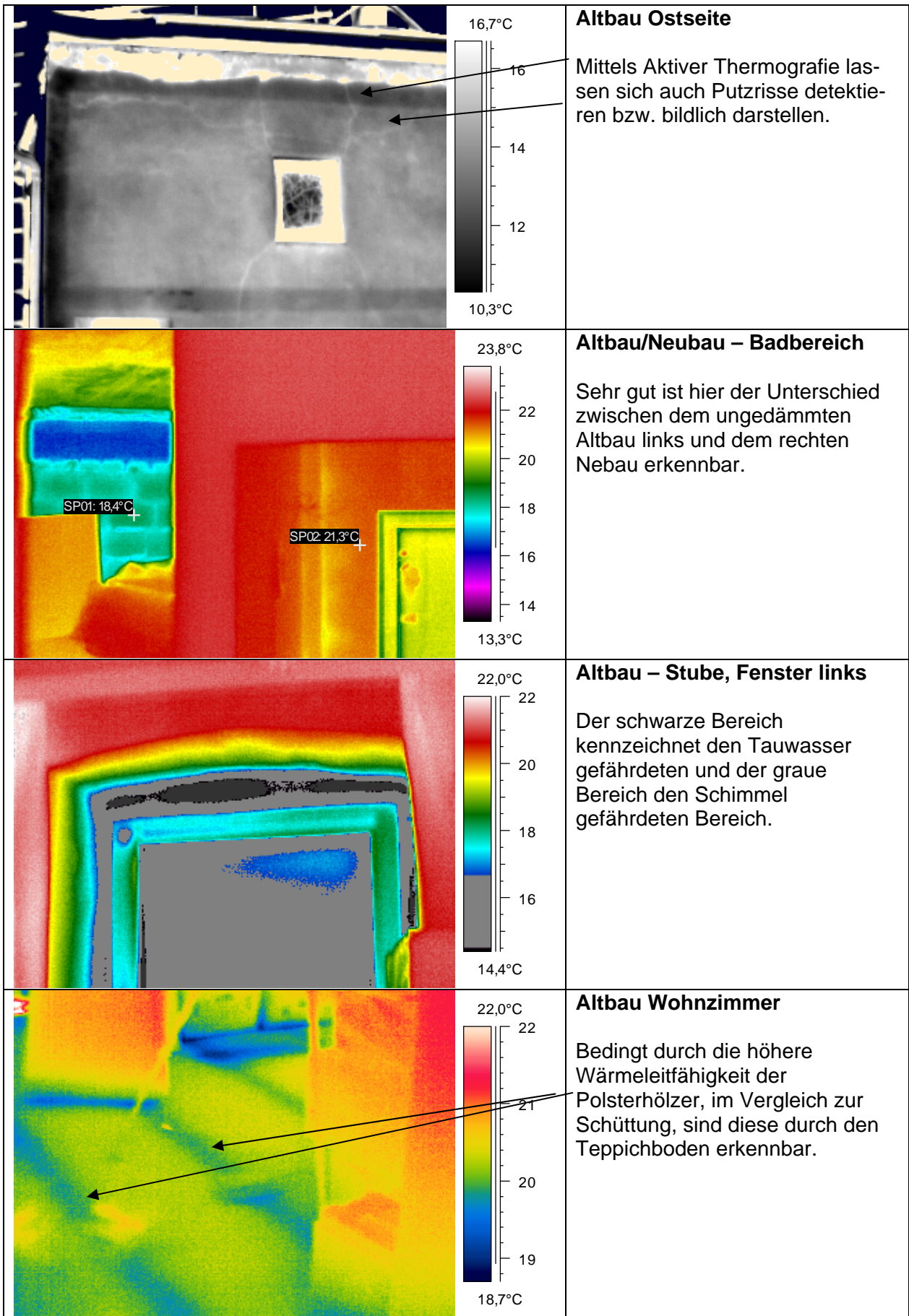


Abbildung 45: Thermografie Altbau

5.9.3 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 VIPs 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 VIPs 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, 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

Abbildung 46: Temperaturdifferenzen VIP/VIP-defekt

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 erkennbar, 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.

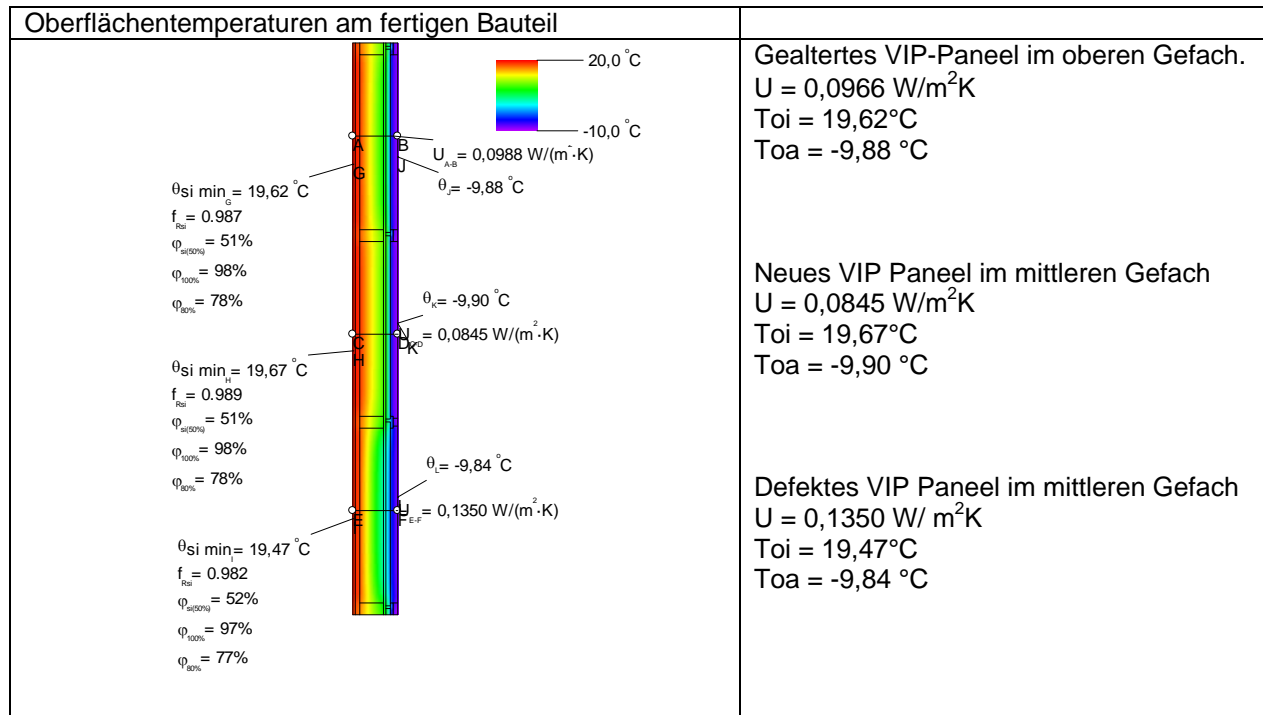
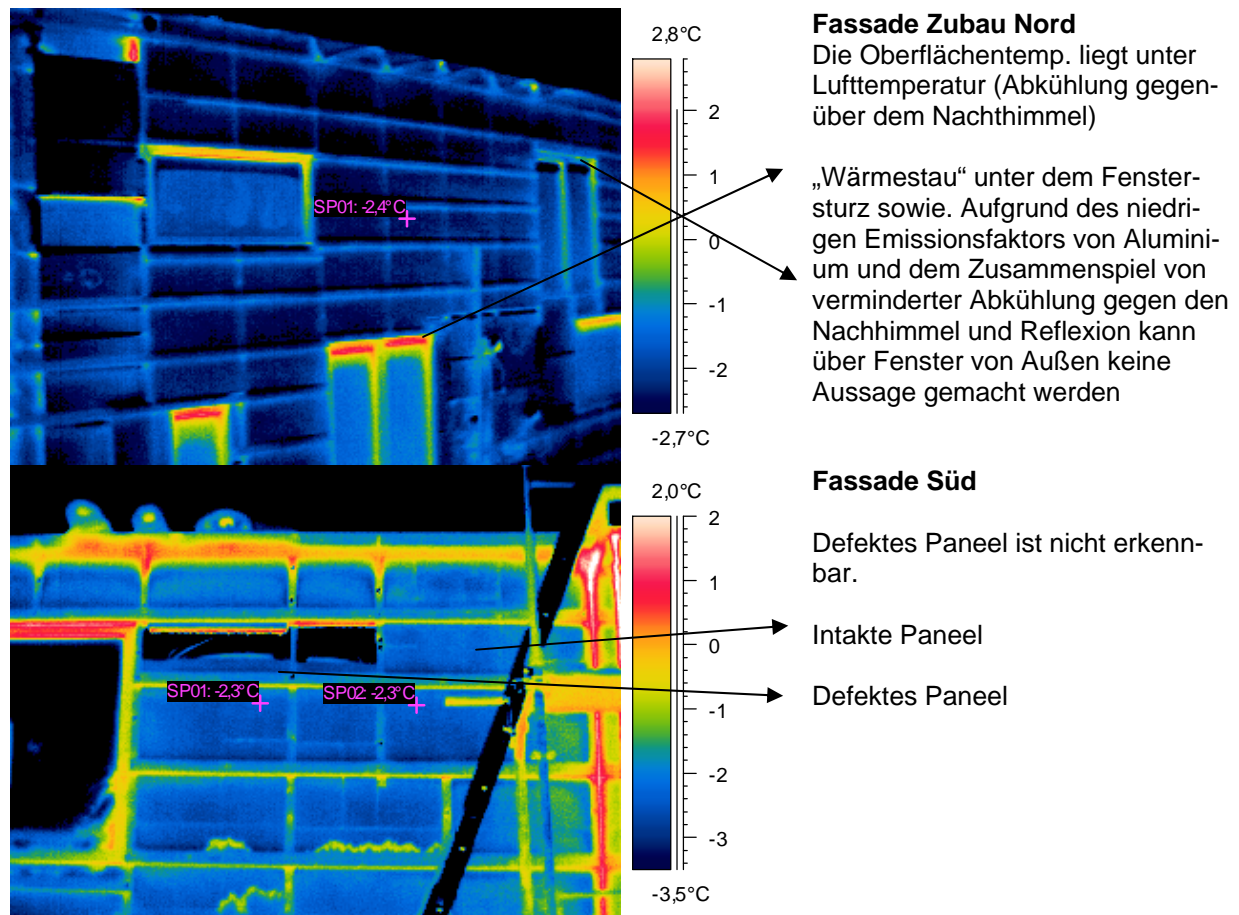
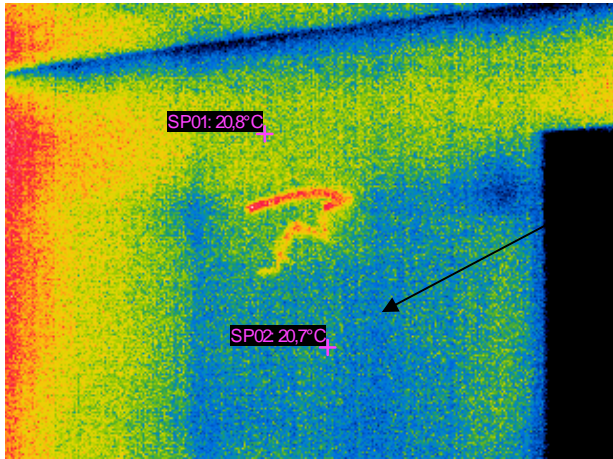


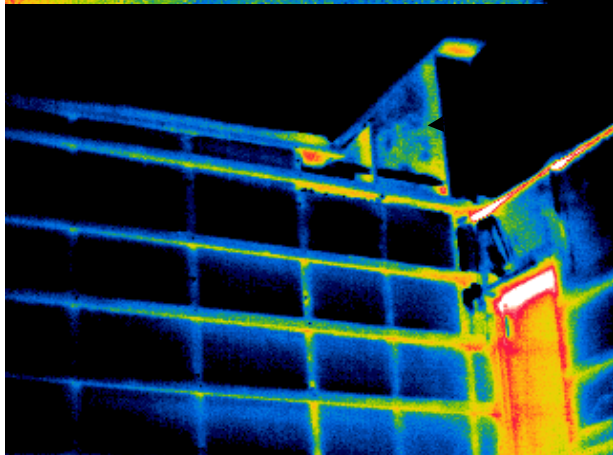
Abbildung 47: Oberflächentemperatur





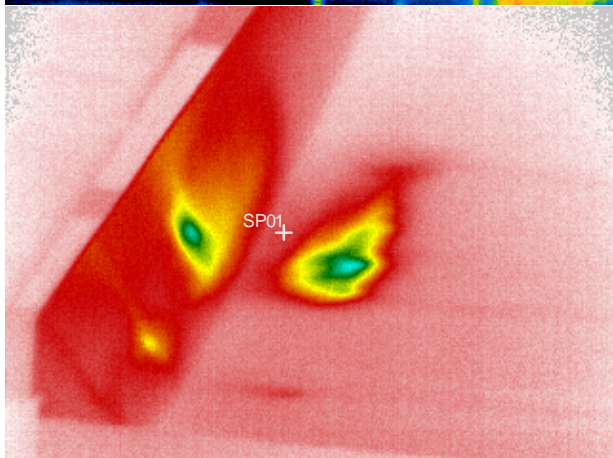
Fassade Süd Innenaufnahme

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



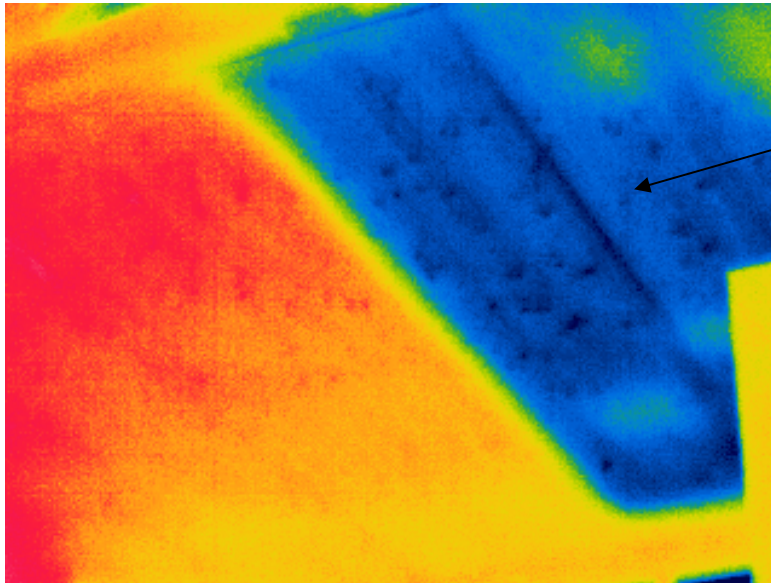
Westseite Dachträger

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



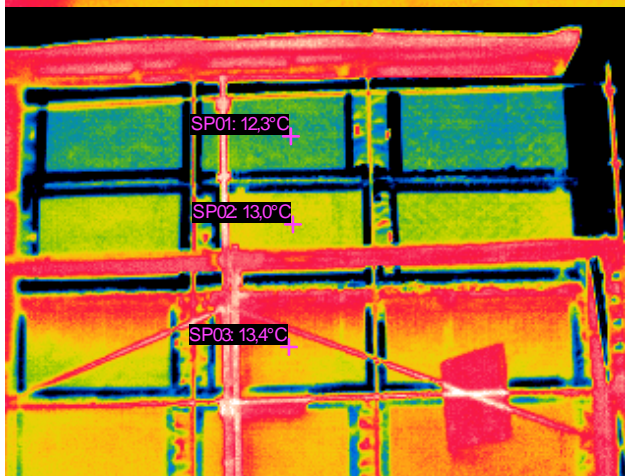
Dachträger Innen

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 VIPs ist eine Temperaturmessung ohne Korrektur der Umgebungsstrahlung (für jeden Aufnahmewinkel) und des Emissionsfaktor nicht möglich.

Dadurch ergeben sich scheinbare Temperaturunterschiede.

Abbildung 48: Thermografie Zubau

5.10 Fassaden

Wie geplant wurde die Fassade mit beschichteten OSB-Platten verkleidet. Die Beschichtung wird mittels des Produkts Thermoshield bzw. Energyguard 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) Normale Anforderungen an die Optik

Hier ist es zweckmäßig die Platten im Rohformat werkseitig zu beschichten, den Zuschnitt und die Kantenbearbeitung auf der Baustelle durchzuführen und nach erfolgter Montage nachzuarbeiten oder aber es besteht die Möglichkeit die Platten auch mittels Pinsel oder Walze vor Ort zu beschichten. Damit ist jeder Handwerker oder Bauherr in der Lage die Gestaltung vorzunehmen.

Zur Untersuchung der Dauerhaftigkeit werden verschiedene Paneele einer Freilandbewitterung bei der Holzforschung Austria ausgesetzt.

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 zwei Jahren Freilandbewitterung eine einheitliche Färbung der bewitterten Oberflächen im Ausgangsfarbtönen der Beschichtung. Es waren keine Abwitterungserscheinungen, Risse oder Ablätterungen der Beschichtung aufgetreten.

Aufgrund der hervorragenden Materialeigenschaften bescheinigt die Holzforschung Austria dem Produkt die bis dato beste Haltbarkeit auf OSB-Platten.



20.3.2007, 11 Monate nach Bewitterung keine Mängel erkennbar



14.2.2008, 22 Monate, Außer Verschmutzungen keine Mängel erkennbar

Abbildung 49: Freilandversuch HFA

5.11 PHPP

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

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

Dieser Durchschnittswert ergibt sich aus den Werten eines neuen Paneels, max. 0,005 W/mK und dem Wert eines gealterten Paneels von ca. 0,008 bis 0,009 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 Lambda-Wertes von 0,005 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 Vakuumpaneele 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 um ca. 80 %.

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

Die 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: <input type="text" value="Linz"/> Objekt: <input type="text" value="LuftAIRleben"/> Standort: <input type="text" value="Österreich"/>	Innentemperatur: <input type="text" value="20,0"/> °C Gebäudetyp/Nutzung: <input type="text" value="Einfamilienhaus"/> Energiebezugsfläche A _{EB} : <input type="text" value="349,5"/> m ² Standard-Personenbelegung: <input type="text" value="5,0"/> Pers pro m ²
--	---

Bauteile	Temperaturzone	Fläche m ²	U-Wert W/(m ² K)	Temp.-faktor f _t	G _t kWh/a	Summe kWh/a	Energiebezugsfläche
1. Außenwand Außenluft	A	395,8	0,122	1,00	80,2	3879	
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					

Transmissionswärmeverluste Q_T Summe kWh/a kWh/(m²a)

Lüftungsanlage: effektiver Wärmebereitstellungsgrad der Wärmerückgewinnung η _{eff} <input type="text" value="84%"/> Wärmebereitstellungsgrad des Erdreichwärmeübertr. η _{EW T} <input type="text" value="0%"/> energetisch wirksamer Luftwechsel n _L <input type="text" value="0,220"/> (1	wirksames Luftvolumen V _L m ³ <input type="text" value="874"/>	A _{EB} m ² <input type="text" value="349,5"/>	lichte Raumhöhe m <input type="text" value="2,50"/>	m ³ <input type="text" value="873,8"/>	n _{L,Anlage} 1/h <input type="text" value="0,220"/>	φ _{WRG} <input type="text" value="0,84"/>	n _{L,Rest} 1/h <input type="text" value="0,046"/>	t/h <input type="text" value="0,082"/>
--	--	---	---	---	--	--	--	--

Lüftungswärmeverluste Q_L m³ * 1/h * kWh/(m³K) * kWh/a = kWh/a kWh/(m²a)

Summe Wärmeverluste Q_V	Q _T kWh/a <input type="text" value="13607"/>	Q _L kWh/a <input type="text" value="1889"/>	Reduktionsfaktor Nacht-/Wochenendaussenkung <input type="text" value="1,0"/>	kWh/a <input type="text" value="15495"/>	kWh/(m ² a) <input type="text" value="44,3"/>
--	---	--	--	--	--

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

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

kh/d <input type="text" value="0,024"/>	Länge Heizzeit da <input type="text" value="205"/>	spezif. Leistung q _f W/m ² <input type="text" value="2,10"/>	A _{EB} m ² <input type="text" value="349,5"/>	kWh/a <input type="text" value="3603"/>	kWh/(m ² a) <input type="text" value="10,3"/>
---	--	--	---	---	--

Interne Wärmequellen Q_I kWh/a kWh/(m²a)

Freie Wärme Q _F	Q _S + Q _I	kWh/a <input type="text" value="11242"/>	kWh/(m ² a) <input type="text" value="32,2"/>
Verhältnis Freie Wärme zu Verlusten	Q _F / Q _V	<input type="text" value="0,73"/>	
Nutzungsgrad Wärmegewinne η _G	(1 - (Q _F / Q _V) ^ε) / (1 - (Q _F / Q _V) ^ε)	<input type="text" value="94%"/>	
Wärmegewinne Q _G	η _G * Q _F	<input type="text" value="10516"/> kWh/a	<input type="text" value="30,1"/> kWh/(m ² a)
Heizwärmebedarf Q _H	Q _V - Q _G	<input type="text" value="4979"/> kWh/a	<input type="text" value="14"/> kWh/(m ² a)

Grenzwert <input type="text" value="15"/> kWh/(m ² a)	Anforderung erfüllt? <input type="text" value="ja"/>
--	--

Abbildung 50: PHPP_Heizwärme

5.11.1 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 VIPs

5.12 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 bzw. dem Autor nicht bekannt.

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 wurde, 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

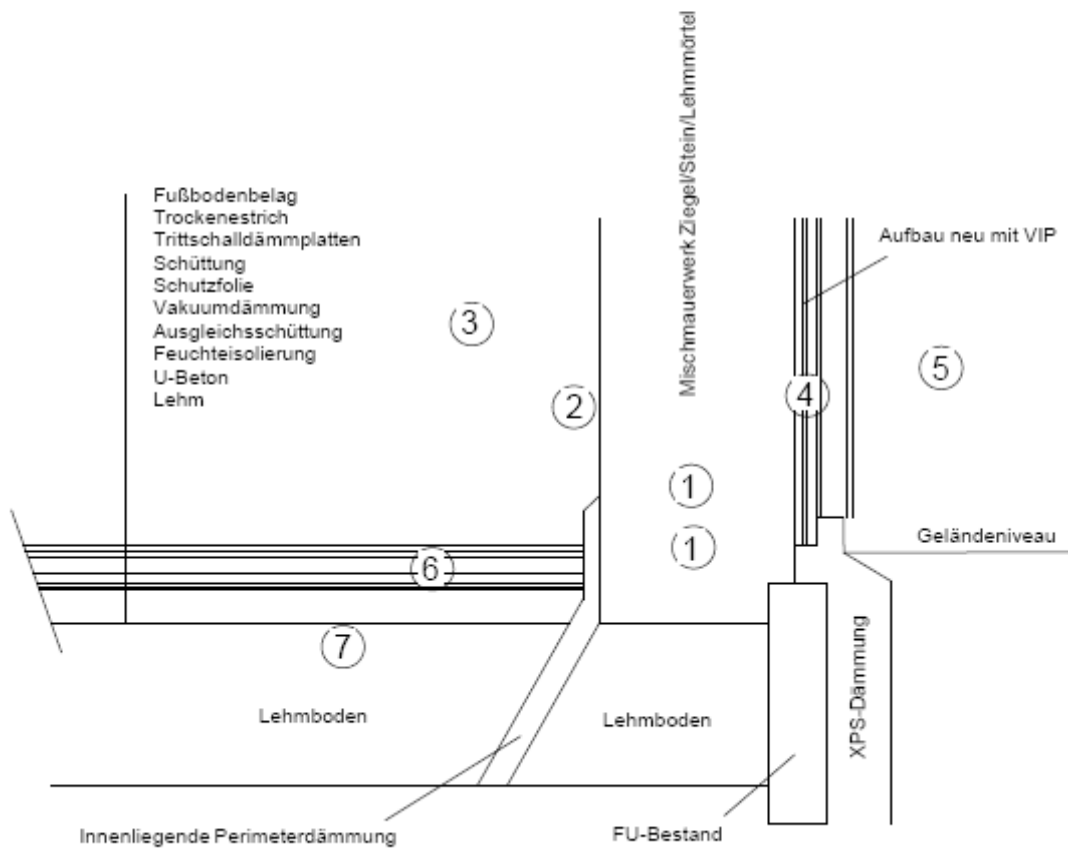


Abbildung 51: Fühleranordnung

5.12.1 Vorläufige Ergebnisse

Die Datenaufzeichnung wurde nach vorherigen durchgeführten Vergleichsmessungen am 25.2.2008 begonnen.

Durch Schwierigkeiten mit der Haltbarkeit von Sensoren konnten einige Zeiträume einzelner Messpunkte nicht aufgezeichnet werden, was jedoch aufgrund der sehr langsamen Änderungen durch Interpolation der fehlenden Messpunkte behoben werden kann.

Innenraum

Wie aus unten dargestellter Graphik ersichtlich ist, beträgt die Innenraumfeuchte ca. 50 bis 65 %rH im Zeitraum der Heizperiode bis ca. Anfang April.

Da die Messfühler im Archiv angeordnet wurden, herrscht hier eine ziemlich gleiche Innenraumtemperatur im Bereich um 10°C.

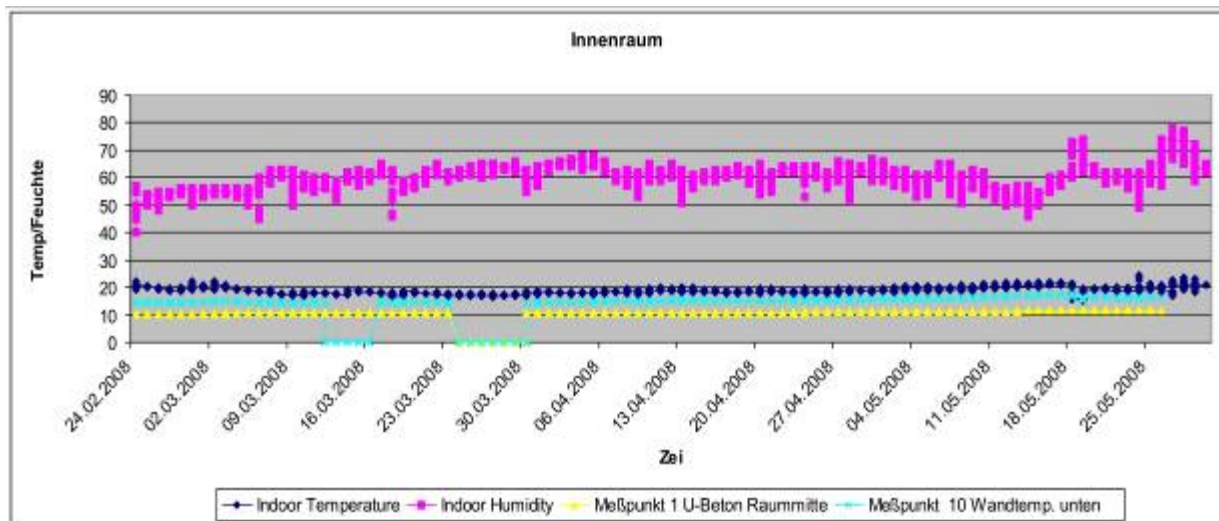


Abbildung 52: Temperaturverlauf Innenraum

Erdreichtemperaturen

Beginnend bei ca. +10°C entwickeln sich die Temperaturen unterhalb des Bodens bzw. Schirmdämmung stetig nach oben und liegen zurzeit im Bereich von 13,6°C.

Im März lagen die Erdtemperaturen unter der dämmenden Hülle im Bereich von ca. 11°C, was bereits sehr gut mit der Annahme im PHPP von 11,2°C zusammen passt.

Deutlich erkennbar ist auch ein Anstieg der Erdreichtemperatur, entsprechend der Entwicklung der Außenlufttemperatur, außerhalb der gedämmten Hülle. Ebenso gut erkennbar die Phasenverzögerung ca. 50 cm unter Niveau.

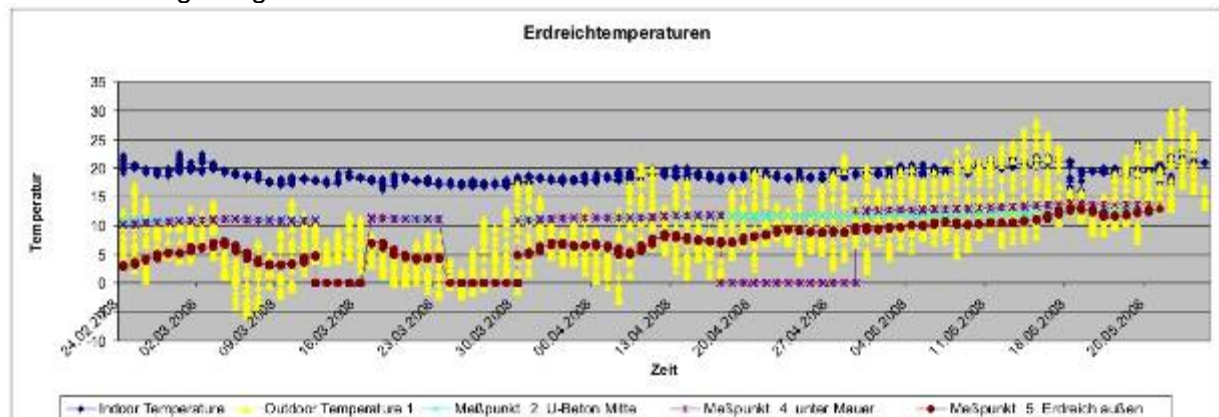


Abbildung 53: Temperaturverlauf Erdreich

Mauer Altbau

Der Feuchtegehalt im Bereich der Altbauwand bleibt seit 3 Monaten ziemlich konstant bei 100 % rH.

Mögliche Ursache ist die relativ hohe Raumluftfeuchte von ca. 60% rH.

Mit Zunahme der Innenraumtemperatur hat auch eine geringe Rücktrocknung um ca. 2–3 % stattgefunden.

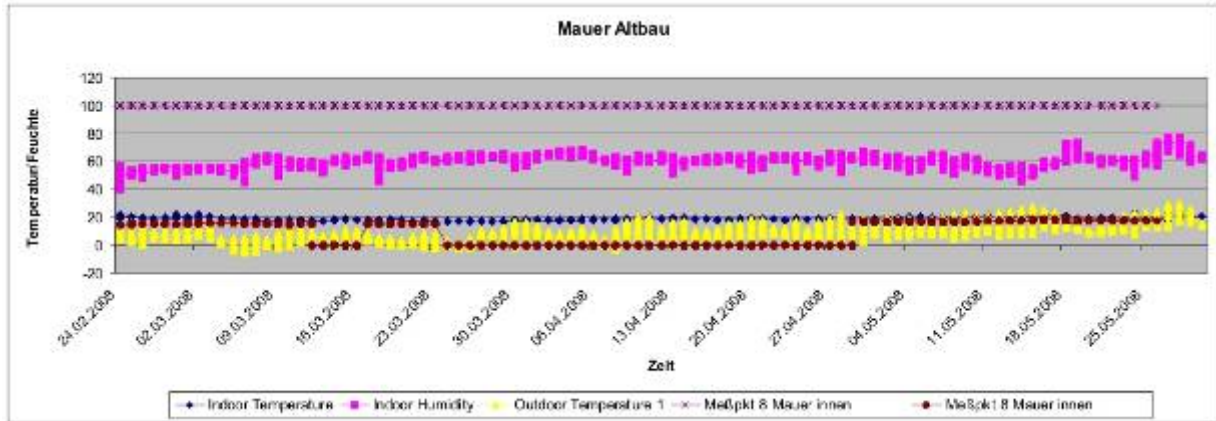


Abbildung 54: Temperaturverlauf Mauer Altbau

Zwischenraum Vakuumdämmung – Wand

Gut erkennbar ist die Tendenz im Bereich des Luftzwischenraumes zu einer höheren relativen Feuchtigkeit. Ähnlich entsprechend der Wärme-Feuchte-Simulation liegt die Feuchtigkeit ca. im Bereich von 85 %.

Erkennbar auch, dass sich der Feuchtegehalt mit den Schwankungen der Außenlufttemperatur ändert.

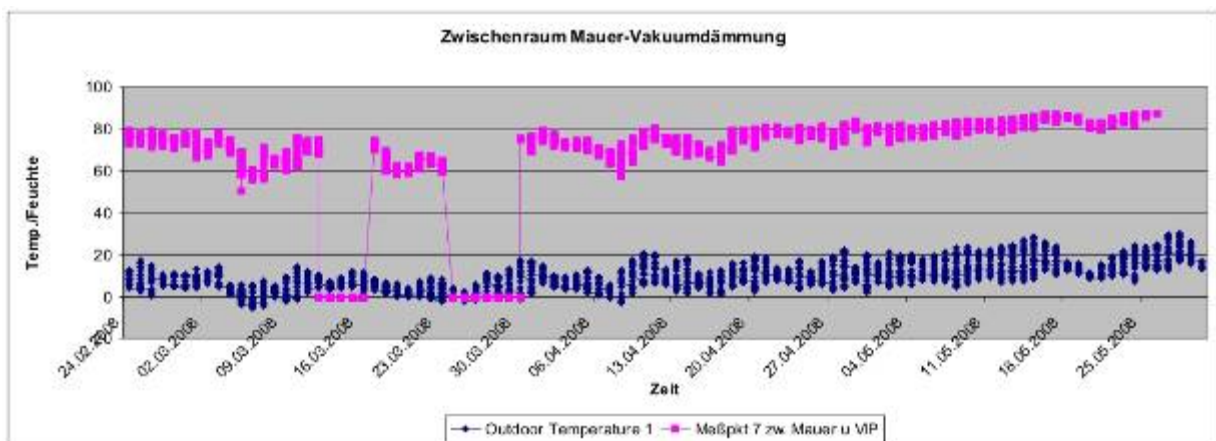


Abbildung 55: Temperaturverlauf Luftraum

6 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

6.1 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 -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 WDV-System befestigt werden.

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

1: VIPs sollten im Herstellerwerk nach fortlaufenden Positionen verpackt werden.

2: Vakuumpaneele sind baustellengeeignet.

3: Die Befestigung von VIP-Paneelen 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.

6.2 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 wurden.

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, im hoch dämmenden Bereich oder wenn andere bauliche Maßnahmen teurer kämen, gegeben.

6.3 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 oder Putzoberflächen bei der vorgestellten Klemmleistechnik und dem zukünftigen „2-Mann-Vakuum-Element“ leicht möglich.

6.4 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.

6.5 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.

6.6 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 VIPs 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.

6.7 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.

6.8 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 Panels und dem Wert eines gealterten Panels.

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. $16 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

6.9 Hygrische Messung

Von den durchzuführenden Datenaufzeichnungen werden neue Erkenntnisse im Bereich der Vorgänge unter altem Mauerwerk, hoch gedämmten FU-Platten und in der Auswirkung der Dämmung mit Vakuumpaneelen erhofft.

Trotz der erst seit ca. 4 Monaten laufenden Datenaufzeichnung können folgende Tendenzen abgelesen werden:

- Die Innenraumfeuchte liegt mit ca. 50 bis 65 %rH im Zeitraum der Heizperiode verhältnismäßig hoch. Zurückzuführen ist dies mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die stattfindende Rücktrocknung der Außenwände nach Innen.
- Die gemessenen Erdreichtemperaturen liegen sehr nahe bei der Annahme lt. PHPP.
- Deutlich erkennbar ist auch ein Anstieg der Erdreichtemperatur sowie die Phasenverzögerung, entsprechend der Entwicklung der Außenlufttemperatur.
- Der Feuchtegehalt der bestehenden Außenwand bleibt seit 4 Monaten ziemlich konstant bei 100 %rH. Mögliche Ursache ist die relativ hohe Raumluftfeuchte von ca. 60 %rH, die evtl. eine schnellere Austrocknung verzögert.
- Tendenz im Bereich des Luftzwischenraumes zu einer höheren relativen Feuchtigkeit entspricht der Wärme-Feuchte-Simulation

6.10 Projektkosten

Die Gesamtbaukosten, incl. noch zu errichtender Innentreppe, Böden und Innentüren, betragen € 1.280,-/m² netto.

Wobei sich die Verwendung von Vakuumdämmung mit ca. 14 % zu Buche schlägt.

Hätte man anstelle der Vakuumdämmung eine konventionell gedämmte Holzfassade errichtet so wäre es durch eine Kostenersparnis von ca. € 162,-/m² auf einen m²-Preis von ca. € 1.118,-/m² netto gekommen.

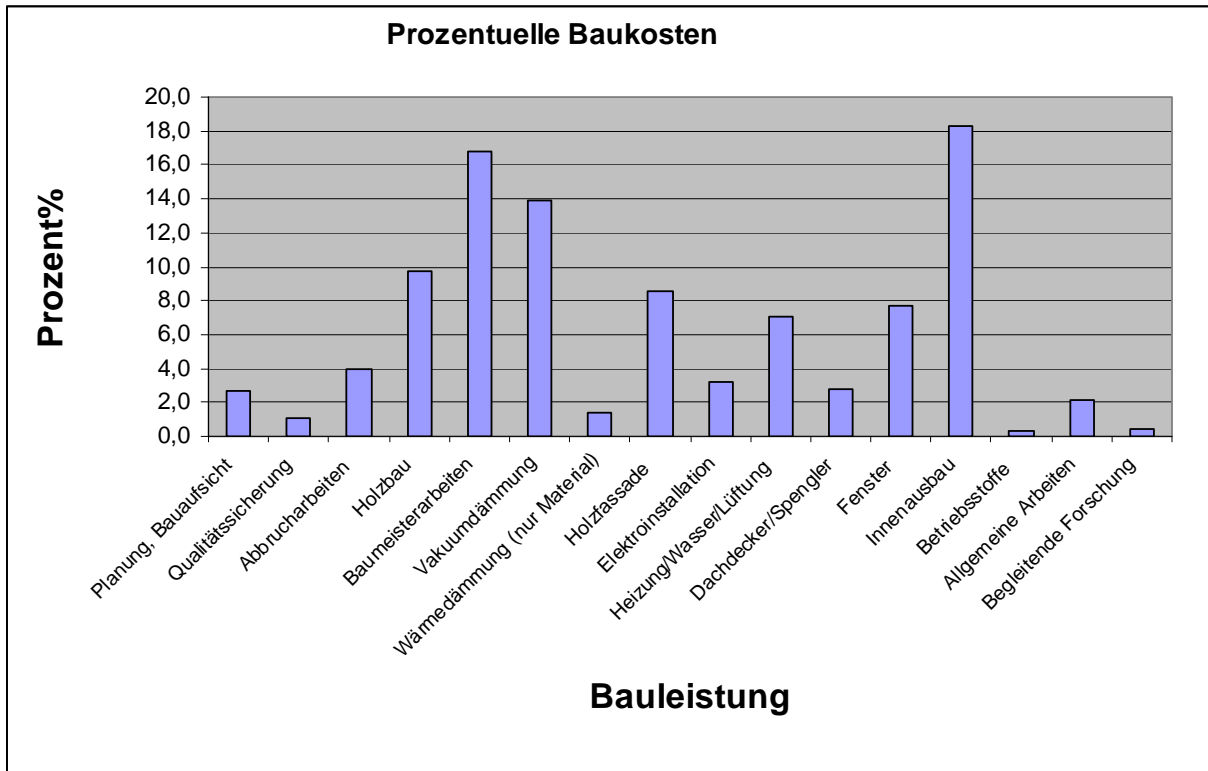


Abbildung 56: Projektkosten

Vergleicht man die zukünftige Energieersparnis der nächsten 40 Jahre (statistischen Lebensende der Bauherren) im Vergleich einer Standardsanierung auf ca. 50 kWh/m²a mit dem errichteten Passivhaus so sind bei entsprechender Energiekostensteigerung sogar die Mehrkosten für die Vakuumdämmung abgedeckt.

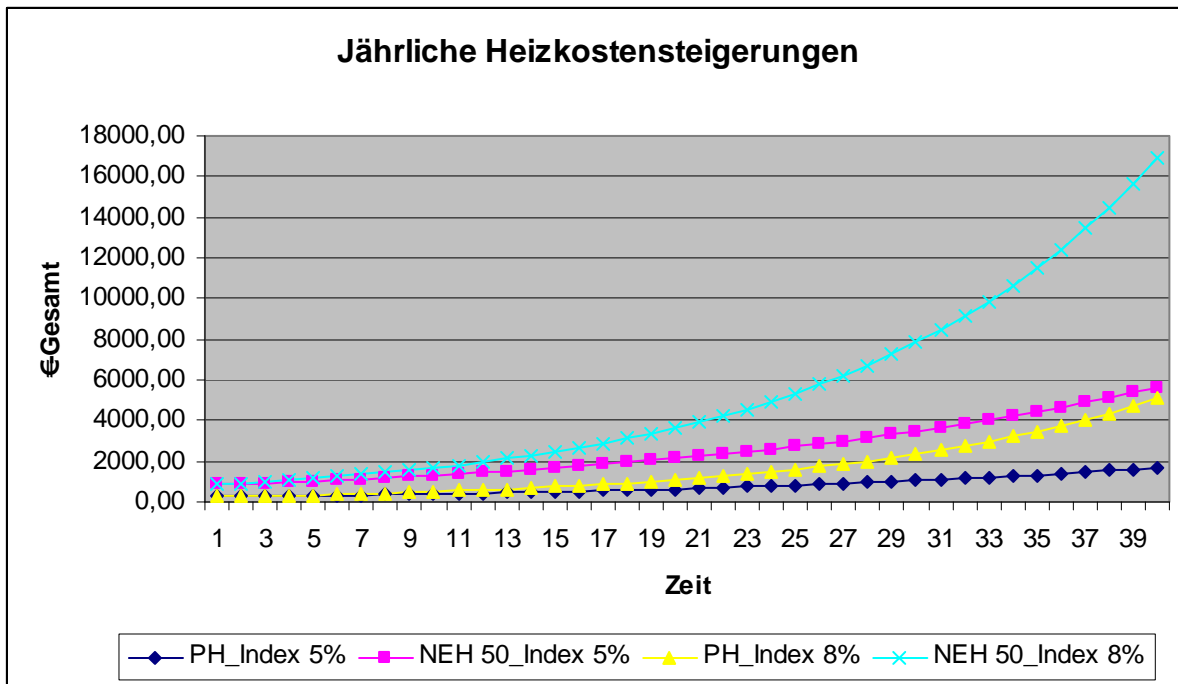


Abbildung 57: Heizkostensteigerung

Während sich bei einem zurzeit eher niedrigen Energiekostenindex von 5 % keine Amortisation erfolgt so sind bei einem durchschnittlichen Energiekostenindex von 8 % bereits beträchtliche Einsparungen möglich.

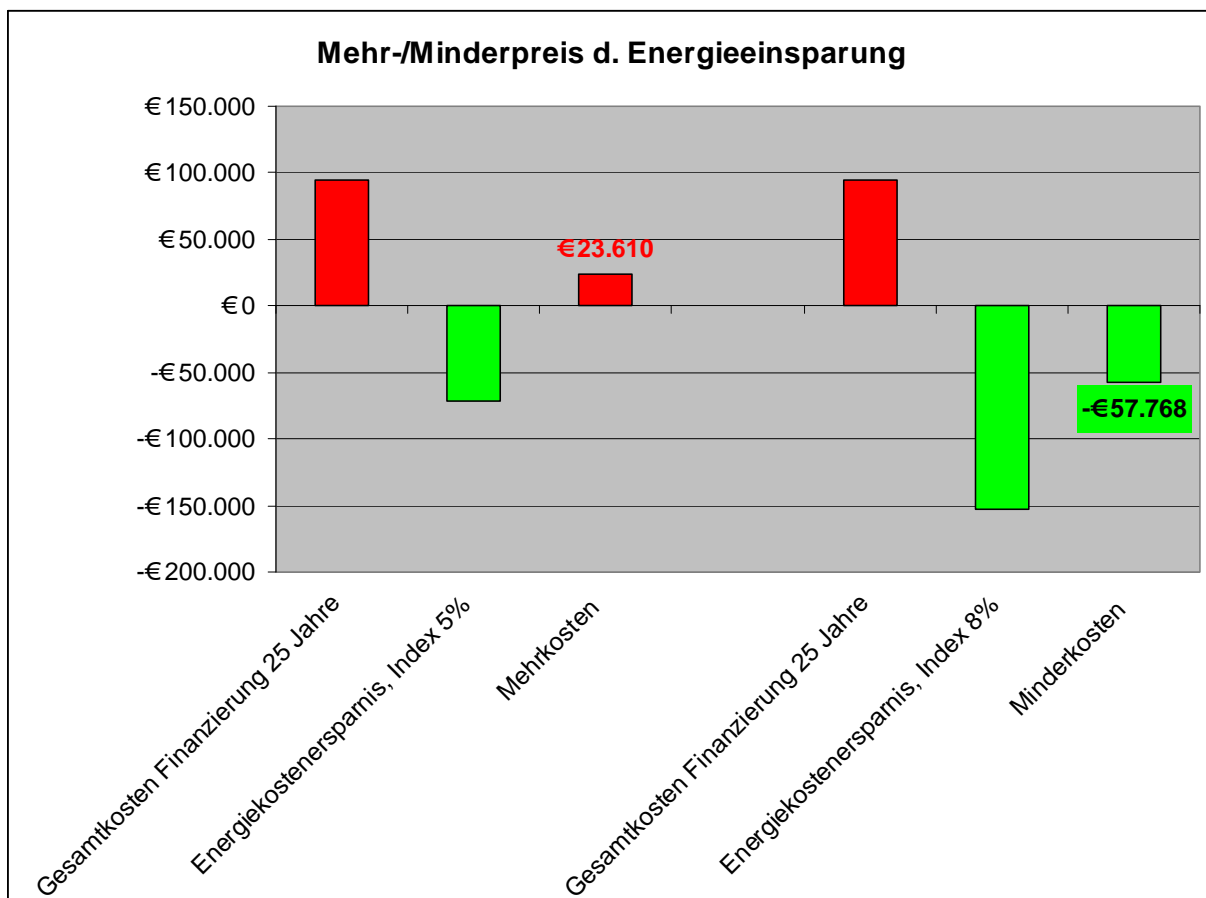


Abbildung 58: Energieeinsparung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der großflächige Einsatz von Vakuumdämmung, als Mittelung über unterschiedliche Verlegevarianten, nicht nur Platzprobleme löst, sondern bei entsprechender Energiepreissteigerung, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in naher Zukunft zu erwarten ist, auch der Einsatz aus wirtschaftlicher Sicht möglich ist. Vor allem wenn zusätzlicher Nutzflächengewinn möglich ist.

6.11 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.

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 Neu- und Altbaubereich demonstriert werden.

Wie die Freilandversuche zeigen sind OSB-Platten mit endokeramischer Beschichtung eine sehr 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.

Je nach Art der Befestigung hält der Einsatz von Vakuumdämmung auch einem wirtschaftlichen Vergleich stand und kann gerade in Kombination von Nutzflächensparnis und hohen Energiepreissteigerungen ein zukunftssträchtiger Dämmstoff werden.

7 Ausblick

Durch die Fertigstellung des Demonstrationsprojektes, insbesondere der Aufbereitung der Simulations- und Messergebnisse des Freilandversuches, werden 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 von Altbauten ohne feuchttechnische Trennung der Fundamente darstellen.

Aus heutiger Sicht führt die Beabsichtigte Auswertung der Ergebnisse in Form von Darstellung der Befestigungstechnik, der Detaillösungen von VIP- Bauanschlüssen, den Ergebnisse aus dem Freilandversuch mit endokeramischer Beschichtung, der Kostenkalkulation und der möglichen Meßmethoden für hochgedämmte Bauteile zu einer weiteren Wissenssteigerung im Bereich innovativer Baustoffe.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wohnbau in Österreich.....	17
Abbildung 2: Gebäude- und Wohnungszählung 2001; Grafik Lang 2006.....	18
Abbildung 3: Bildleiste HDZ-Projekte	21
Abbildung 4: Standort Haus Panic vor Sanierung.....	29
Abbildung 5: Geschichte Haus Panic	31
Abbildung 6: Erste Bauphase	33
Abbildung 7: Beheizte Hülle Nordansicht mit Gastank.....	34
Abbildung 8: Erkennbar die beheizte Hülle mit zugemauerter Tür links	34
Abbildung 9: Türschwelle zum Wohnzimmer	34
Abbildung 10: Graphik Wirtschaftlichkeit.....	36
Abbildung 11: Arbeits- und Zeitplan	38
Abbildung 12: Bauablauf	42
Abbildung 13: Befestigung VIP-Klemmleisten.....	43
Abbildung 14: VIP-Verlegung Flachdach	44
Abbildung 15: Verlegung VIP als WDVS.....	45
Abbildung 16: Kleberhaftung	46
Abbildung 17: Übersicht Klebstoffe	46
Abbildung 18: Kostenunterschied Kleber	47
Abbildung 19: Anwendungsmöglichkeiten Kleber	48
Abbildung 20: Ausgeführter Wandaufbau Neubau.....	51
Abbildung 21: Materialkosten "2-Mann-Platte"	53
Abbildung 22: Mehrkosten "2-Mann-Platte"	54
Abbildung 23: Energieersparnis "2-Mann-Platte"	55
Abbildung 24: "2-Mann-Platte"	56
Abbildung 25: Fertigung "2-Mann-Platte"	59
Abbildung 26: Detail Altbau	60
Abbildung 27: Austausch von VIP	62
Abbildung 28: Fuge VIP.....	63
Abbildung 29: WBR-Fuge.....	65
Abbildung 30: WBR-Fensteranschluss.....	66
Abbildung 34: WBR-Wintergarten	69
Abbildung 35: WBR-Sockel Altbau.....	70
Abbildung 36: WBR-Tragende Wände	71
Abbildung 37: WUFI - Wand Neubau	72
Abbildung 38: WUFI - Sockel Neubau.....	73
Abbildung 39: Wandfeuchte Altbau	74
Abbildung 40: Darrprobe Wand Altbau.....	75
Abbildung 41: Wufi Wand Altbau.....	78
Abbildung 42: Wufi Sockel Altbau	79
Abbildung 43: Arbeitsablauf Sockeldämmung.....	80
Abbildung 44: Leckagenortung.....	83
Abbildung 45: Thermografie Altbau	84
Abbildung 46: Temperaturdifferenzen VIP/VIP-defekt	85
Abbildung 47: Oberflächentemperatur	86
Abbildung 48: Thermografie Zubau	88
Abbildung 50: PHPP_Heizwärme.....	92
Abbildung 51: Fühleranordnung	94
Abbildung 52: Temperaturverlauf Innenraum.....	95
Abbildung 53: Temperaturverlauf Erdreich.....	95
Abbildung 54: Temperaturverlauf Mauer Altbau.....	96
Abbildung 55: Temperaturverlauf Luftraum.....	96
Abbildung 56: Projektkosten.....	101
Abbildung 57: Heizkostensteigerung.....	102
Abbildung 58: Energieeinsparung	102