

**Dokumentation -
Fassadendämmung mit
Vakuum-Isolationspaneelen bei
Baudenkmal der „Neuen Sachlichkeit“
in Frankfurt am Main**



**Dokumentation -
Modellvorhaben Fassadendämmung mit Vakuum-Isolationspaneelen (VIP) an
denkmalgeschütztem Ernst-May-Gebäude in Frankfurt am Main**

Herausgeber: Stadt Frankfurt am Main
Energierreferat
Galvanistraße 28
60486 Frankfurt am Main
Tel. 069 212-39193
www.energiereferat.stadt-frankfurt.de

Inhalt: WK.concept
Architekten + Energieberater
Dipl.-Ing. Architekt
Zert. Gebäude-Energieberater
Jürgen Werner
Rotlintstraße 51
60316 Frankfurt am Main
Tel. 069 59797741
werner@wk-concept.de
www.wk-concept.de

Projektbeteiligte:

Projektleitung: Energierreferat der Stadt Frankfurt am Main
Herr Peter Tschakert

Denkmalschutz: Denkmalamt der Stadt Frankfurt am Main
Frau Heike Kaiser

**Fotogrammetrische
Bestandsaufnahme:** Fachhochschule Mainz
Herr Sönke Skär

**Wärmebrücken-
berechnung:** Institut Wohnen und Umwelt/ IWU
Herr Marc Großglos

**Systemanbieter/
Hersteller VIP:** Systemanbieter VIP- Fa. Sto AG
Herr Marcus Zwinger
Hersteller VIP - Fa. Porextherm

**Fachliche
Projektbegleitung:** WK.concept - Architekten + Energieberater
Herr Jürgen Werner

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	
1.	Einleitung	4
2.	Gebäudedaten/ Objektbeschreibung	4
3.	Informationen zur Vakuumdämmung	5
4.	Projektkonzeption	7
4.1	Rahmenbedingungen	7
4.2	Zielstellungen	7
4.3	Planungsschritte, Planungsdetails	8
5.	Bauprozess	10
5.1	Fotodokumentation Bauprozess	10
5.2	Ermittlung Flächenanteile Dämmstoffe, Feststellung mittlerer U-Wert	13
6.	Kosten und Wirtschaftlichkeit	14
7.	Resümee	15
8.	Anhang 1/ Ausführungsdetails Fassadendämmung	16
9.	Anhang 2/ Berechnung der U-Werte Außenwand	18
10.	Anhang 3/ Betrachtung Wärmebrücke Vordach- Hauseingang	22

1. Einleitung

Die Ernst-May Siedlungen aus den 1920er Jahren stellen mit ca. 12.000 Wohneinheiten einen bedeutenden Anteil am denkmalgeschützten Frankfurter Wohngebäudebestand dar. Die Häuser mit schlichter Fassade erfüllen nicht mehr die heutigen Anforderungen an Wärmeschutz und Wohnkomfort. Die Gebäude, damals geprägt durch die Tradition der „Neuen Sachlichkeit“, sind als kubische Baukörper mit glatten Fassadenflächen und flachgeneigten Dachflächen ausgeführt.

Bedingt durch den großen Gebäudebestand der 1920er Jahre, entstand im Energierreferat der Stadt Frankfurt die Idee, innovative Dämmmethoden an diesem Gebäudetyp zu erproben. Durch die schlichte Ausführung der Fassadenflächen bot sich der Einsatz von Vakuum-Isolierpaneelen (VIP) an.

Innerhalb des dokumentierten Modellvorhabens wurde dieser hoch effiziente Dämmstoff im Bereich der Fassadendämmung an einem denkmalgeschützten Reihenhaus erprobt.

Primäres Ziel des Modellvorhabens war es, hohe Energieeffizienz mit den Anforderungen des Denkmalschutzes zu verbinden. Auch Erfahrungen in der praktischen Umsetzung mit dem innovativen Dämmsystem sollten gesammelt werden.

Nachfolgend erhalten Sie detaillierte Informationen über die Ziele und Ablauf des Modellvorhabens.

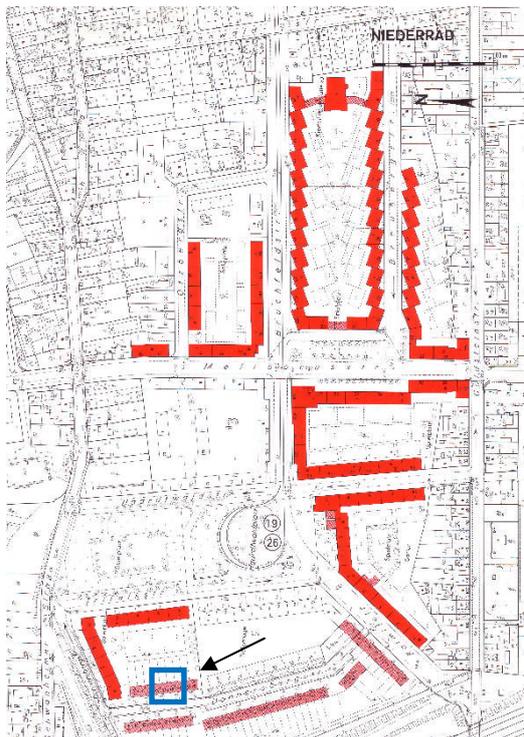
2. Objektbeschreibung/ Gebäudedaten

Bei dem Modellobjekt handelt es sich um ein Reihenmittelhaus in der denkmalgeschützten Ernst-May-Siedlung Frankfurt- Niederrad. Die Siedlung mit 654 Wohnungen wurde innerhalb des Wohnungsbauprogramms „Neues Frankfurt“ im Jahre 1926 -1927 erbaut.

Gebäudedaten

Gebäudetyp	Reihenhaus, Reihenmittelhaus
Standort	60528 Frankfurt am Main, Stadtteil: Niederrad, Donnersbergstraße 19, Gebäude innerhalb der denkmalgeschützten Ernst-May Siedlung Frankfurt- Niederrad
Baujahr	1926 - 1927
Vollgeschosse	3, + Kellergeschoss unbeheizt
Beheizbare Nutzflächen	ca. 150 m ²
Bauteil Dach	Holzkonstruktion, flach geneigt, Teilbereich m. Mineralwolle gedämmt
Bauteil Außenwand	Kleinformatische Ziegel, verputzt
Bauteil Fenster	Kunststofffenster m. Wärmeschutzverglasung

Lage Gebäude



Lageplan Ernst-May Siedlung Frankfurt- Niederrad
(Quellen: Lageplan, Dreysse, Dietrich W., May-Siedlungen, 1994)



Luftbild Reihenhauszeile Donnersbergstraße
(Quellen: Luftbild, Google earth, 3/28/2002)

3. Informationen zur Vakuumdämmung

(Quellen: ZAE Bayern, vip-bau.de, Dr. Ulrich Heinemann)

Was ist eine Vakuum-Isolationspaneel/ VIP?

VIP bestehen aus einem porösen, druckbelastbaren, evakuierbaren Füllkern - einem gepressten Pulver, Glasfasern oder einem offenporigen Schaum - welcher in einer Vakuumkammer in eine Hochbarriere-Kunststoff Folie oder in eine Edelstahlhülle eingeschweißt wird. Besonders gut geeignete Füllkerne sind Platten aus pyrogener Kieselsäure, einem Abfallprodukt bei der Siliciumherstellung.



(Quellen: Foto VIP-Paneel, Porextherm Dämmstoffe GmbH)

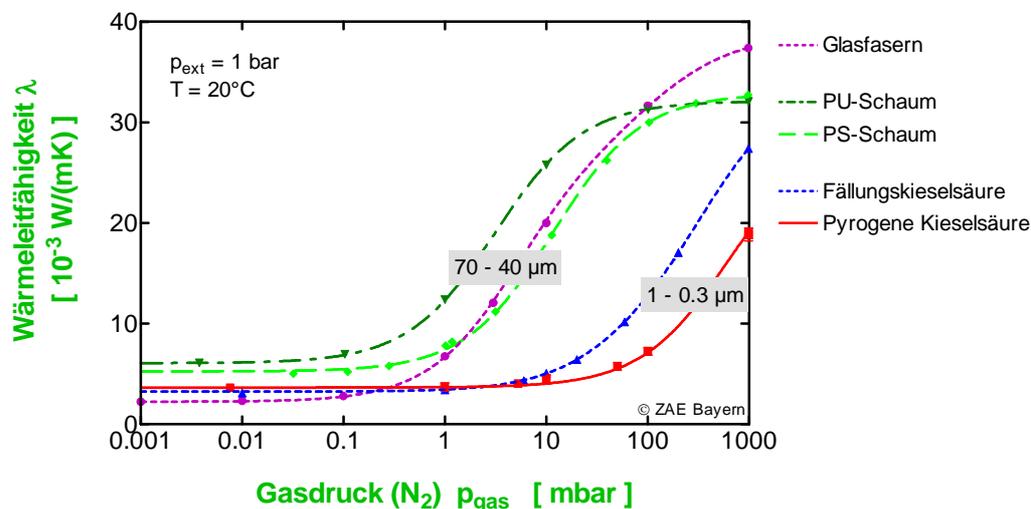
Wie funktioniert ein VIP?

Der Wärmetransport in einem Dämmstoff besteht aus den Anteilen

- Wärmeleitung durch den porösen Feststoff
- Wärmestrahlung durch den Feststoff
- Wärmeleitung über das Gas in den Poren des Feststoffes

Durch Verringerung jeder der Komponenten kann die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes reduziert werden. Die Wärmeleitung durch den Feststoff kann durch spezielle Materialien und durch Verringerung des Feststoffanteils (hohe Porosität) verringert werden. Die Wärmestrahlung kann durch einen Wärmestrahlung absorbierenden Zusatz herabgesetzt werden. Die Wärmeleitung des Gases kann durch die Gasart und den Gasdruck in den Poren beeinflusst werden. Die Wärmeleitung über das Gas wird durch Evakuieren weitgehend ausgeschaltet.

Wie weit der Restgasdruck abgesenkt werden muss, hängt von den Porengrößen des VIP-Kerns ab. Besonders unempfindlich gegen Druckanstiege sind nanoporöse Pulverkerne (siehe Abbildung unten). Erst bei Erreichen von 100 mbar im Kern verdoppelt sich die Wärmeleitfähigkeit des VIPs. Selbst bei einem völligen Versagen der Hülle liegt die Wärmeleitfähigkeit für **pyrogene Kieselsäure** noch unter $20 \cdot 10^{-3} \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Bei gröber strukturierten porösen Kernen erfolgt der Anstieg der Wärmeleitfähigkeit schon bei Restgasdrücken von 0,1 bis 1 mbar; daher muss die Hülle besonders dicht sein und somit z.B. aus Edelstahlblech bestehen.



(Quellen: Grafik ZAE Bayern, vip-bau.de, Dr. Ulrich Heinemann)

Die Grafik zeigt die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit vom Anstieg des Gasdruckes in den verschiedenen Dämmmaterialien.

Vorteilhafte Eigenschaften von Vakuum-Isolationspaneelen

Im Vergleich zu herkömmlichen, nicht evakuierten Dämmmaterialien wie Mineral- und Glasfasern oder Polystyrol- und Polyurethan-Schäumen ist die Wärmeleitfähigkeit in Vakuum-Isolationspaneelen (VIPs) etwa um einen Faktor 5-10 reduziert. Somit lässt sich bei vorgegebener Dämmstärke die Dämmwirkung erheblich verbessern oder es kann bei gleicher

Dämmwirkung die Dämmschicht besonders dünn ausgeführt werden.

Vakuum-Isolationspaneele sind teurer als konventionelle, nicht evakuierte Dämmungen.

Vakuum-Isolationspaneele werden daher insbesondere dort eingesetzt werden, wo der Raum für die Dämmung stark eingeschränkt und keine andere technische Lösung verfügbar ist, oder aber der gewonnene Raum besonders wertvoll ist.

Die rechnerische Wärmeleitfähigkeit unter Laborbedingungen eines VIP- Paneels beträgt 0,004 W/mK. In der Praxis wird aufgrund der Wärmebrückeneffekte und Bauteilalterung (Druckverlust) eine Wärmeleitfähigkeit von 0,007-0,008 W/mK angesetzt.

4. Projektkonzeption

4.1 Rahmenbedingungen

Im Jahr 2008 wurde der Etat-Antrag E4 durch die Stadtverordneten der Stadt Frankfurt beschlossen. Grundlage des Etat Antrages E4 war die Finanzierung einer Projektgruppe, die Lösungen für die energetische Sanierung von denkmalgeschützter und erhaltenswerter Gebäudesubstanz erarbeiten sollte.

Ende des Jahres 2008 wurde die Projektgruppe E4 gegründet. In der Projektgruppe arbeiten Vertreter der städtischen Ämter (Denkmalamt, Hochbauamt etc.) mit externen Experten an innovativen Lösungen zur energetischen Sanierung von erhaltenswerten und denkmalgeschützten Gebäuden. Auftrag innerhalb des Etat- Antrages war u.a. die Initiierung von Modellprojekten.

In der Projektgruppe wurde der Einsatz von Vakuumdämmung innerhalb eines Modellvorhabens erwogen. Ein Streitfall des Denkmalamtes Frankfurt bezüglich der Außenwanddämmung eines denkmalgeschützten Gebäudes der zwanziger Jahre eröffnete die innovative Dämmung denkmalgerecht einzusetzen, und den bestehenden Streitfall beizulegen. Die Eigentümerin des denkmalgeschützten Gebäudes konnte für die Ausführung des Modellvorhabens mit Vakuum-Isolationspaneelen gewonnen werden.

4.2 Zielstellungen

Das primäre Ziel des Modellvorhabens war es, den Einsatz von Vakuum-Isolationspaneelen im Bereich der Fassadendämmung zu erproben. Eine beispielhafte energetische Sanierung des denkmalgeschützten Gebäudetyps war nicht Bestandteil des Modellvorhabens. Aufgrund dessen wurde auf die energetische Beurteilung weiterer Hüllflächenbauteile verzichtet.

Nachfolgend werden die wichtigsten Ziele des Modellvorhabens aufgelistet:

- Denkmalschutz und Energieeffizienz verbinden
- Einhaltung Vorgabe Denkmalschutz von 50mm Dämmstärke Dämmpaneel
- Dünne Dämmstärken und hoher Wärmeschutz, Bauteilanforderung EnEV 2009 erfüllen (U- Wert Außenwand $\leq 0,24$ W/m²K)
- Modellvorhaben als Beispiel für weitere energetische Sanierungen von Ernst-May- Gebäuden in Frankfurt
- Pragmatische Projektkonzeption (Fotogrammetrische Bestandsaufnahme, Verwendung VIP-Standardformate) als Grundlage für einfache Umsetzung weiterer Projekte
- Anwendung des Verfahrens durch lokale Handwerksbetriebe
- Erreichung Kostenziel von maximal 200 Euro pro m² Fassadenfläche (ohne Kosten Details Denkmalschutz u. Planungskosten)

4.3 Planungsschritte, Planungsdetails

Folgende Planungsschritte zur Umsetzung des Modellvorhabens wurden durchgeführt:

1. Suche nach einem Modellobjekt
2. Klärung der Projektförderung
3. Auswahl Anbieter VIP- Fassadensystem/ WDVS
4. Festlegung der Dämmstärke in Abstimmung mit dem Denkmalamt Frankfurt
5. Einbeziehung weiterer fachlicher Kompetenzen (IWU, FH Mainz)
6. Klärung Details Fassade, Detailplanung, Ausschreibung
7. Auswahl eines qualifizierten Handwerksbetriebes
8. Fachliche Baubegleitung bei der Bauausführung
9. Dokumentation Modellvorhaben

Aufbau VIP-Sandwichelement

Zur Montage innerhalb eines Wärmedämmverbundsystems wurde ein polystyrol-kaschiertes VIP- Sandwichelement gewählt. Auflage des Denkmalschutzes war es eine Dämmstärke von 50mm nicht zu überschreiten.

Elementaufbau VIP-Sandwichelement

Polystyrolplatte/ EPS, WLZ: 0,040 W/mK	d= 10 mm	
Vakuum-Isolationspaneel , Stützkern aus pyrogener Kieselsäure, WLZ: 0,008 W/mK	d= 30 mm	
Polystyrolplatte/ EPS, WLZ: 0,040 W/mK	d= 10 mm	
Gesamtstärke VIP- Sandwichelement U-Wert: 0,20 W/m²K	d= 50 mm	

(Quellen: Foto VIP-Paneel, Porextherm Dämmstoffe GmbH)

Pragmatische Projektkonzeption

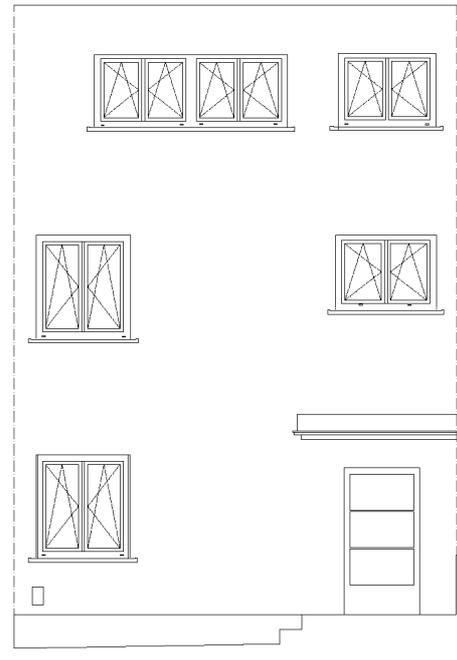
Ein Ziel des Modellvorhabens war es, eine möglichst einfache Umsetzung in der Baupraxis zu erreichen. Der Dämmstoff Vakuumdämmung bedingt eine Vorfertigung der Elemente im Werk, ein Zuschneiden der Elemente auf der Baustelle ist nicht möglich.

Bedingt durch diese Eigenschaft, wurde ein Aufmaß der Fassadenflächen notwendig. Um diesem Arbeitsgang möglich rationell zu gestalten, entschied man sich für das Aufmaß der Fassade durch eine „Fotogrammetrische Aufnahme“. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass zur Bestandsaufnahme keine Zugänglichkeit zum Gebäude gewährleistet sein muss, und die Fotoaufnahme direkt in einen maßstäblichen CAD- Plan umgesetzt werden kann.

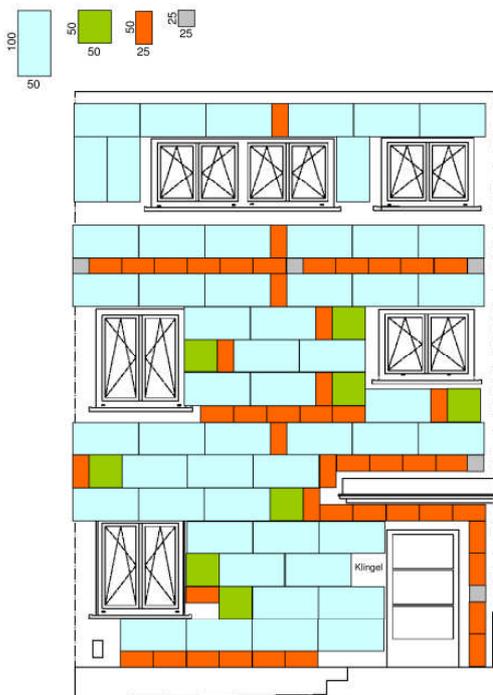
Nachfolgend wird der Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte - Bestandsaufnahme Fassaden - aufgezeigt:



Fotogrammetrische Aufnahme Fassade



Maßstäblicher CAD-Plan



VIP-Verlegeplan mit
VIP- Standardformaten
(50/100cm cyan, 50/50 grün, 25/50 orange,
25/25 grau)

Auf Grundlage des maßstäblichen CAD-Planes wurde der Verlegeplan für die VIP Elemente gefertigt. Um eine Vereinfachung in der Montage der VIP-Elemente zu erreichen, wurden nur VIP- Standardformate verwendet. Die entstehenden Restflächen wurden durch 50mm starke Phenolharzplatten/ Resol (WLZ: 0,022 W/mK) ausgefüllt. Diese pragmatische Herangehensweise umgeht die Notwendigkeit einer Zentimetergenauen Vorfertigung der VIP-Elemente, und lässt die Maßtoleranzen der Fotogrammetrischen Aufnahme zu. Die Ausführungsdetails der Anschlusspunkte sind der Dokumentation im Anhang 1 beigelegt.

5. Bauprozess

5.1 Fotodokumentation Bauprozess

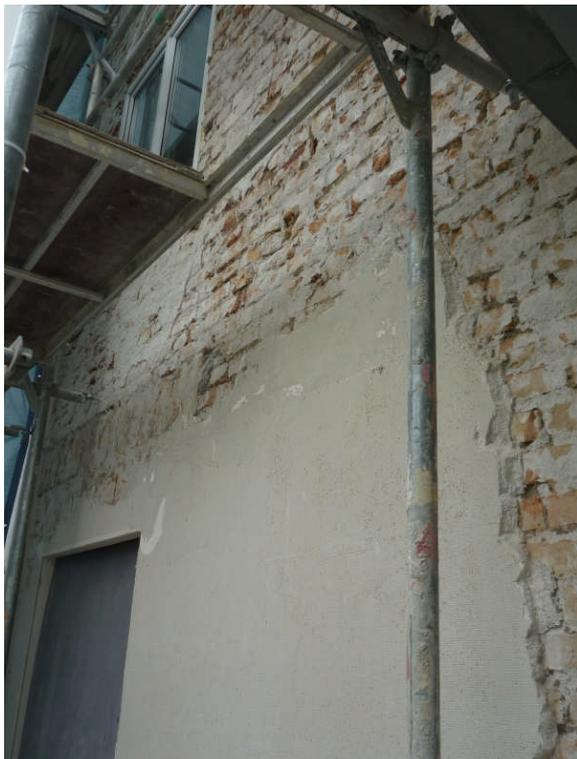
(Quellen: Fotos Bauprozess, WK.concept Jürgen Werner , 2010/11)



Straßenfassade - im Bestand



Gartenfassade - im Bestand



Putz abschlagen



Anlieferung VIP- Paneele



Auftrag Kleber VIP- Paneel



Montage VIP- Paneel



Anschluss VIP/ Phenolharzdämmung im Bereich Fenster



Anschluss angepasste Firstschalung



Anschluss Gerüstanker



Anschluss Dachabdichtung Vordach



Anschluss neues Fensterbankprofil



Garten- u. Straßenfassade gedämmt, vor Putzarbeiten (VIP Paneele= weiß, Phenolharzdämm.= orange)



Garten- u. Straßenfassade nach Fertigstellung

5.2 Ermittlung Flächenanteile Dämmstoffe, Feststellung mittlerer U-Wert

Um den genauen mittleren U-Wert im Bereich der Fassadenflächen zu ermitteln, wurden die Flächenanteile der Dämmstoffe vorort aufgenommen. Das Aufmaß ergibt folgende Flächenverteilung:

Gesamtfläche Dämmung Straßen- u. Gartenfassade (ohne Fensterflächen)	ca. 74,5 m² (100%)
Anteil Dämmung aus Phenolharzschaum/ Resol (Plattenstärke: 50mm, WLZ: 0,022 W/mK, U= 0,34 W/m ² K)	ca. 12,5 m² (17%)
Anteil Sockelplatte aus Polystyrol (PS 30, Plattenstärke: 50mm, WLZ: 0,035 W/mK, U= 0,48 W/m ² K)	ca. 2,0 m² (2%)
Anteil VIP- Sandwichpaneel (Plattenstärke: 50mm, 2*10mm PS + 30 mm VIP, VIP- WLZ: 0,008 W/mK, VIP Sandwich U= 0,20 W/m ² K)	ca. 60,0 m² (81%)
Der mittlere U-Wert der gesamten Fassadenfläche	0,23 W/m²K
Das Ziel des Modellvorhabens, den Bauteilwert Außenwand der gültigen EnEV 2009 von 0,24 W/m²K zu unterschreiten, wird erreicht.	

6. Kosten und Wirtschaftlichkeit

Das Ziel des Modellvorhabens war es den Kostenkennwert von maximal 200 € pro Quadratmeter Fassadenfläche nicht zu überschreiten. Bei dem denkmalgeschützten Objekt wurden die Kosten der VIP- Dämmung, und die Kosten der denkmalgerechten Herstellung der Fassade, separat aufgeführt. Da die Kosten einer denkmalgerechten Herstellung der Fassade, wie z.B. der Einbau von Fensterbankprofilen oder die Anpassung der Traufschalung, auch bei einer konventionellen Dämmung entstanden wären, werden diese zur Berechnung des tatsächlich erreichten Kostenkennwertes VIP- Dämmung nicht berücksichtigt. Die Umsetzung des Modellvorhabens wurde durch eine Förderung der Stadt Frankfurt ermöglicht.

Aufstellung der Kosten und Kostenkennwerte

Kosten VIP- Dämmung als Wärmedämmverbundsystem Leistungen: Baustelleneinrichtung, Gerüst, Ausgleichsputz, Grundierung, Montage VIP-Sandwichelemente, Dämmung Restflächen mit Phenolharzplatten u. EPS-Sockelplatten, Armierung, Kantenschutz, Zwischen- u. Oberputz, Herstellen Bauteilanschlüsse/ z.B. Spenglerarbeiten Vordach, Elektroarbeiten Fassade	26.009 €/ brutto
Zusätzliche Kosten denkmalgerechte Herstellung Fassade Leistungen: Putz abschlagen, Montage Fensterbankprofile, Holzschalung Firstanschluss anpassen, Herstellung Anschlusspunkte Teppichstange/ Treppengeländer	3.600 €/ brutto
Gesamtkosten Dämmmaßnahme Fassade ohne Planungskosten	29.609 €/ brutto
Kostenkennwert Dämmmaßnahme Fassade Fassadenfläche: 94,8 m ² (inkl. Fensterflächen)	29.609 € : 94,8 m²
Kostenkennwert Dämmmaßnahme Fassade	= 312 €/m²
Kostenkennwert VIP-Dämmung ohne Kosten denkmalgerechte Herstellung Fassade Fassadenfläche: 94,8 m ² (inkl. Fensterflächen)	26.009 € : 94,8 m²
Kostenkennwert Dämmmaßnahme Fassade	= 274 €/m²

Der erreichte Kostenkennwert für die VIP-Fassadendämmung (ohne Kosten Denkmalschutz) liegt mit **274 €/m²** höher als der Zielwert des Modellvorhabens von **200 €/m²**. Die Kosten liegen um ca. 100% über den Kosten eines konventionellen Dämmsystems. Eine Amortisation der Investition innerhalb der Lebensdauer von Dämmsystemen (ca. 30 Jahre) wird durch die erzielte Energieeinsparung nicht erreicht. Eine Studie zur Wirtschaftlichkeit von Dämmmaßnahmen mit verschiedenen Dämmstoffen bei diesem Gebäudetyp wird zusätzlich zu dieser Dokumentation erarbeitet.

7. Resümee

Die Ziele des Modellvorhabens wurden, bis auf die Einhaltung des Kosten-Zielwertes erreicht. Die baupraktische Umsetzung, wie der Umgang mit hochsensiblen VIP- Paneelen, konnte zufriedenstellend auf der Baustelle umgesetzt werden. Bei der Qualitätsüberprüfung der VIP-Elemente vor den Putzarbeiten musste nur ein sehr geringer Teil der Elemente ausgetauscht werden.

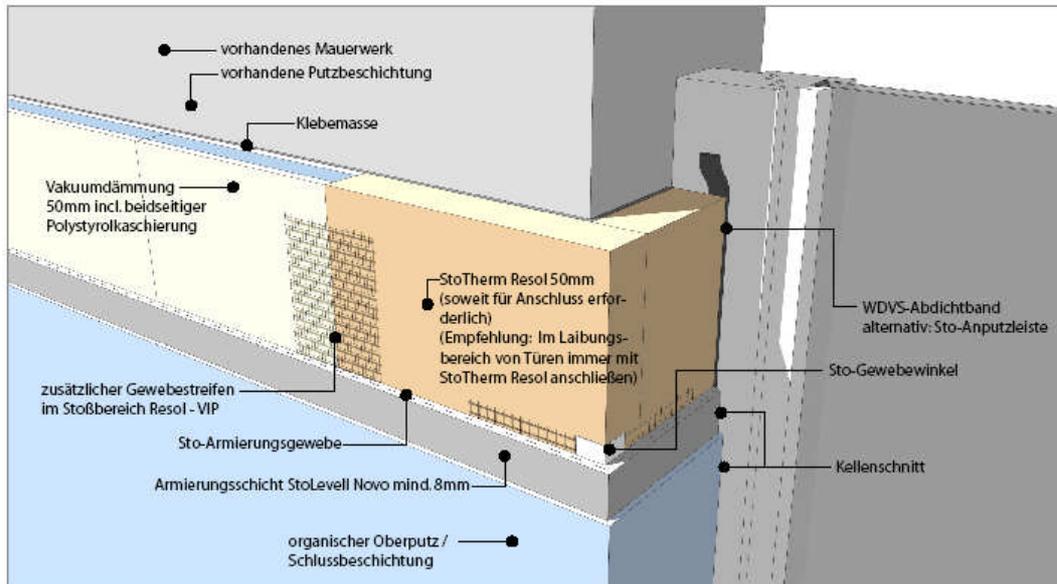
Bei einer Zusammenarbeit von erfahrenen Planern mit fachlich geschulten Firmen können derartige Projekte in guter Qualität ausgeführt werden. Ohne eine finanzielle Förderung wird die Umsetzung weiterer Projekte in naher Zukunft nicht wirtschaftlich darstellbar sein. Das innovative Fassadensystem verbindet einen zeitgemäßen Wärmeschutz mit den Anforderungen des Denkmalschutzes.

In der energiepolitischen Diskussion mit den formulierten Klimazielen kann auf die energieeffiziente Sanierung von Baudenkmalen und erhaltenswerter Bausubstanz nicht verzichtet werden.

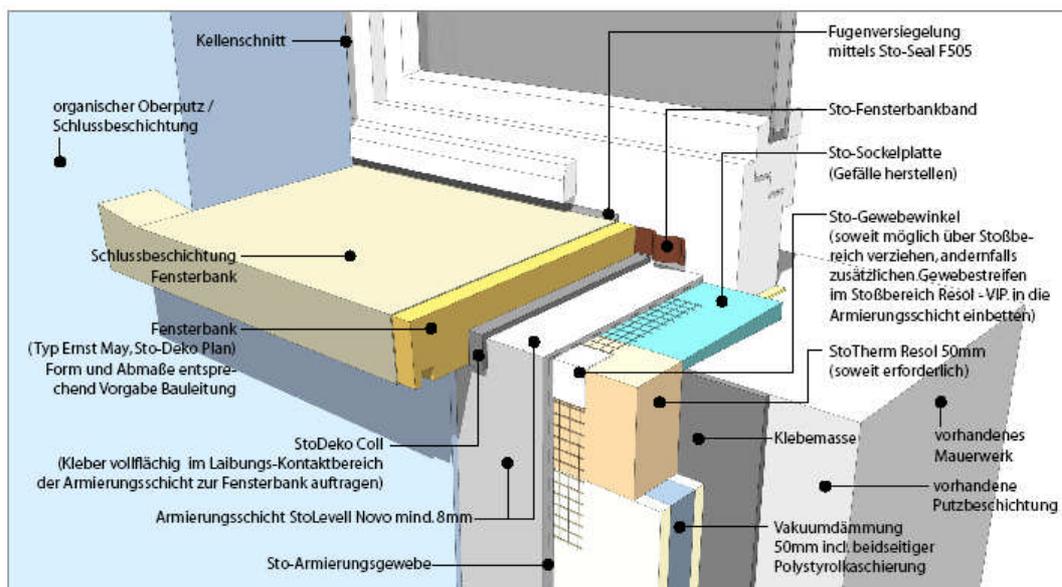
8. Anhang 1/ Ausführungsdetails Fassadendämmung

(Quellen: Fassadendetails, StoDesign , E. Gieg, 02/2011)

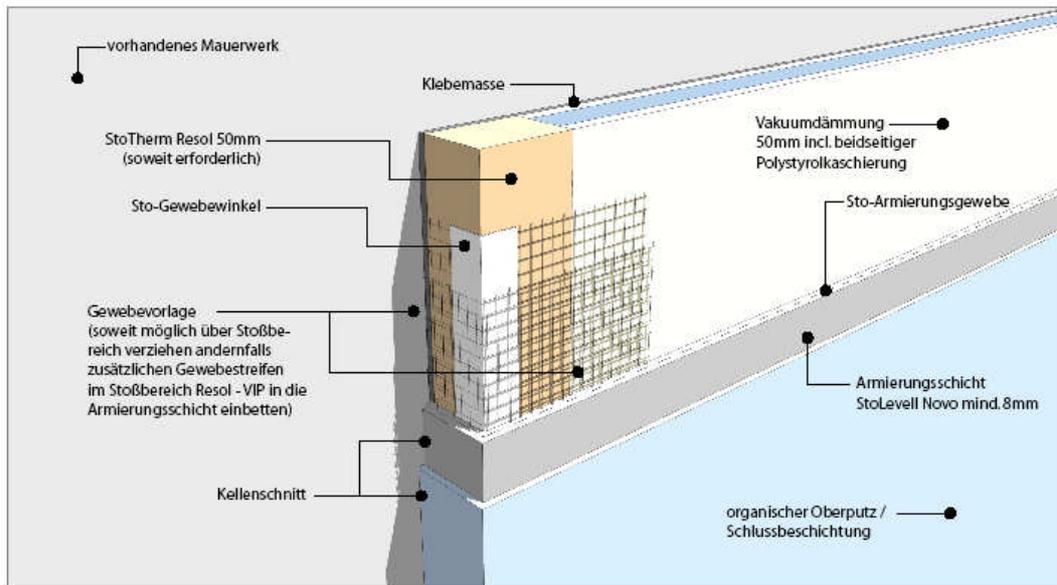
Anschlussdetail Fenster bzw.Tür (& Systemübergang VIP - Resol)



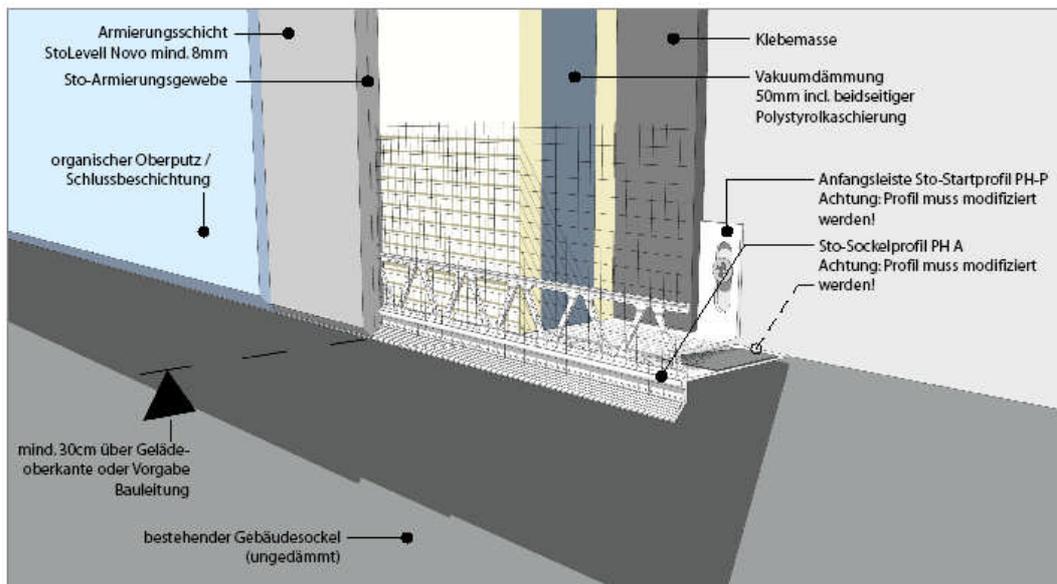
Anschlussdetail Sto-Deco-Fensterbank (& Systemübergang VIP - Resol)



seitlicher Systemabschluss mittels Gewebevorlage (& Systemübergang StoThermResol - VIP sofern erforderlich)



Anschlussdetail unterer Systemabschluss VIP-Dämmsystem (entsprechend Vorgabe verbleibt bestehender Gebäudesockel ungedämmt)

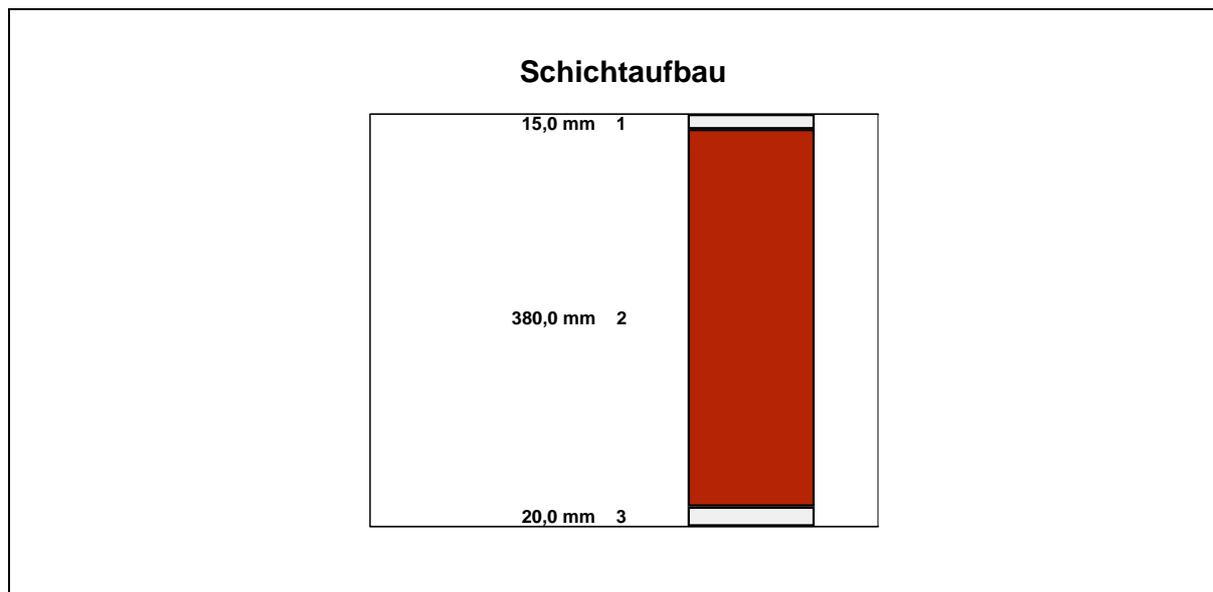


9. Anhang 2/ Berechnung der U-Werte Außenwand

(Quellen: WK.concept, Jürgen Werner, 09/2010)

U-Wert Außenwand, Bestand

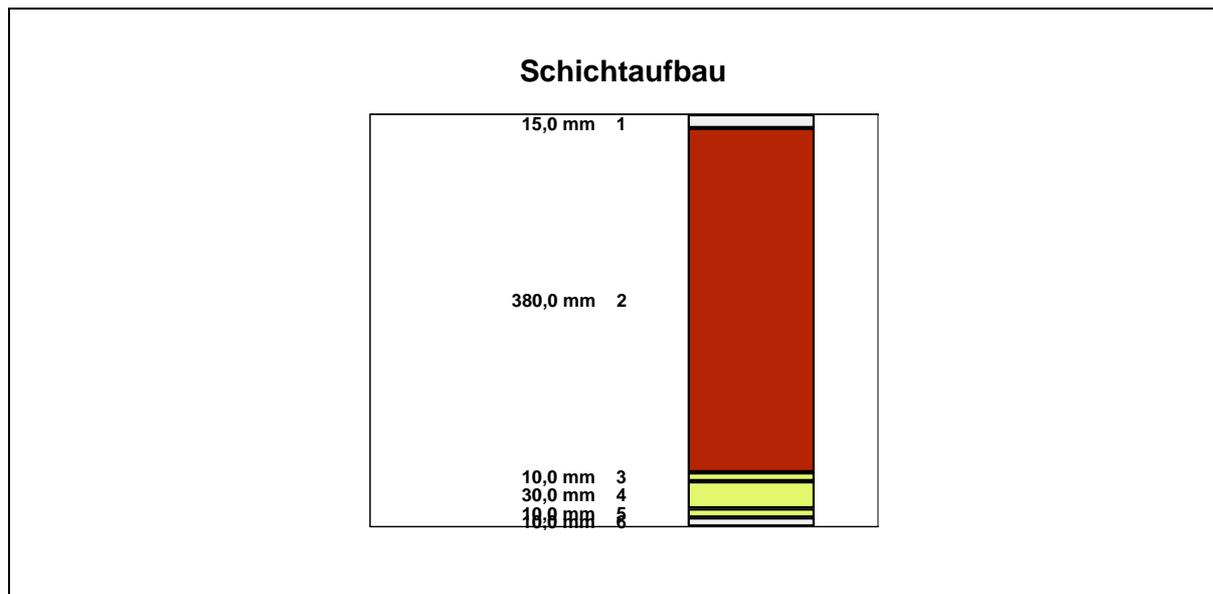
Einbauzustand:	Wand / Außenluft				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
1,472	0,679	-	1,47	1,0	747,0



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz	15,00	0,870	0,0172	100,0
2	Vollziegel, alt-FFM	380,00	0,810	0,4691	100,0
3	Kalkzementputz	20,00	0,870	0,0230	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

U-Wert Außenwand, gedämmt mit VIP-Sandwichpaneel, Aufbau: 10mm Polystyrol + 30mm VIP-Paneel + 10mm Polystyrol

Einbauzustand:	Wand / Außenluft				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
0,203	4,926	-	0,20	1,0	729,4

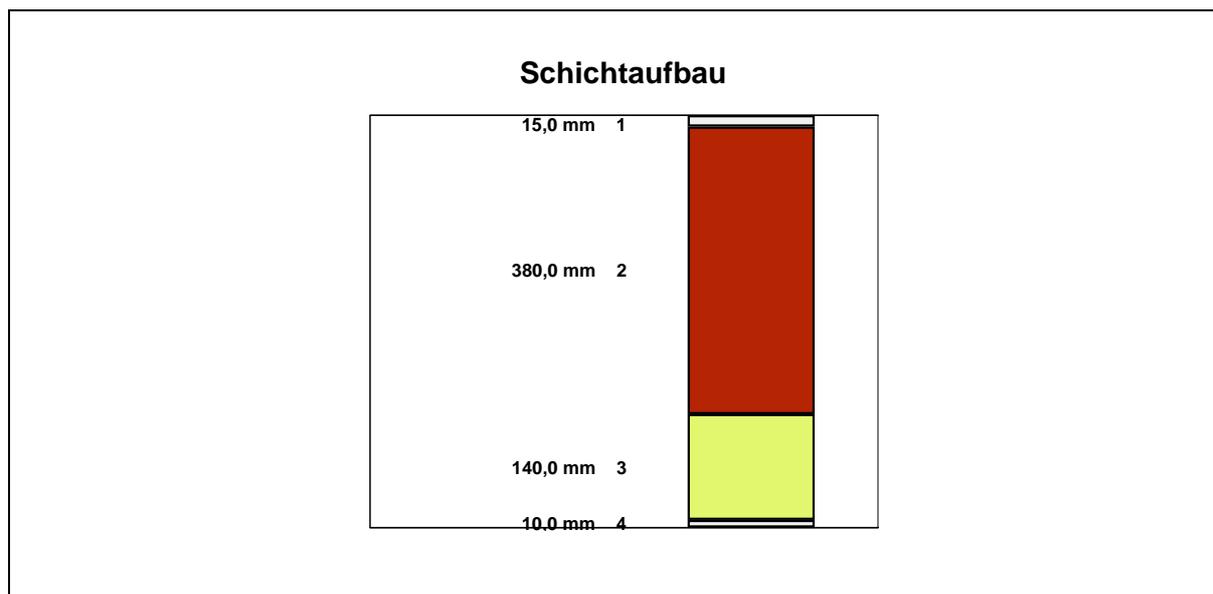


Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz	15,00	0,870	0,0172	100,0
2	Vollziegel, alt-FFM	380,00	0,810	0,4691	100,0
3	Polystyrol_H_040	10,00	0,040	0,2500	100,0
4	VIP Dämmung 008	30,00	0,008	3,7500	100,0
5	Polystyrol_H_040	10,00	0,040	0,2500	100,0
6	Kalkzementputz	10,00	0,870	0,0115	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

Vergleich konventionelle Dämmvariante zur VIP-Dämmung

U-Wert Außenwand, gedämmt mit 140mm Polystyrol

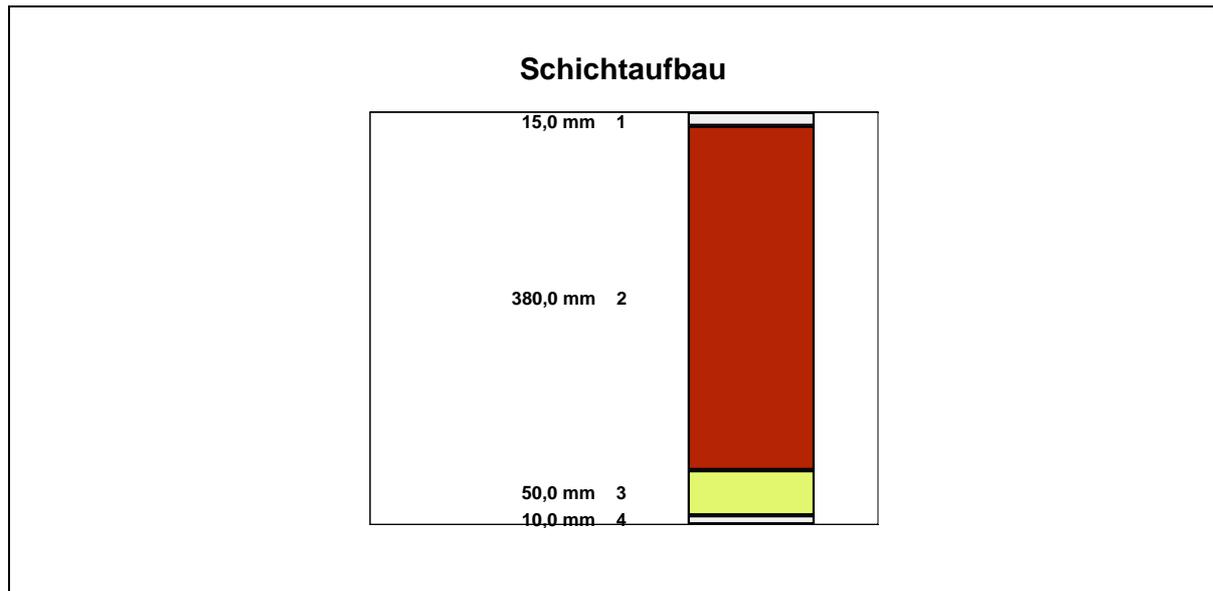
Einbauzustand:	Wand / Außenluft				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
0,198	5,051	-	0,20	1,0	731,8



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz	15,00	0,870	0,0172	100,0
2	Vollziegel, alt-FFM	380,00	0,810	0,4691	100,0
3	Polystyrol_H_032	140,00	0,032	4,3750	100,0
4	Kalkzementputz	10,00	0,870	0,0115	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

U-Wert Außenwand, gedämmt mit 50mm Phenolharzplatten, Dämmung Restflächen Fassade

Einbauzustand:	Wand / Außenluft				
U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächengewicht kg/m ²
0,340	2,941	-	0,34	1,0	729,1



Pos.Nr.	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Kalkzementputz	15,00	0,870	0,0172	100,0
2	Vollziegel, alt-FFM	380,00	0,810	0,4691	100,0
3	Phenolharz-Dämmung	50,00	0,022	2,2727	100,0
4	Kalkzementputz	10,00	0,870	0,0115	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

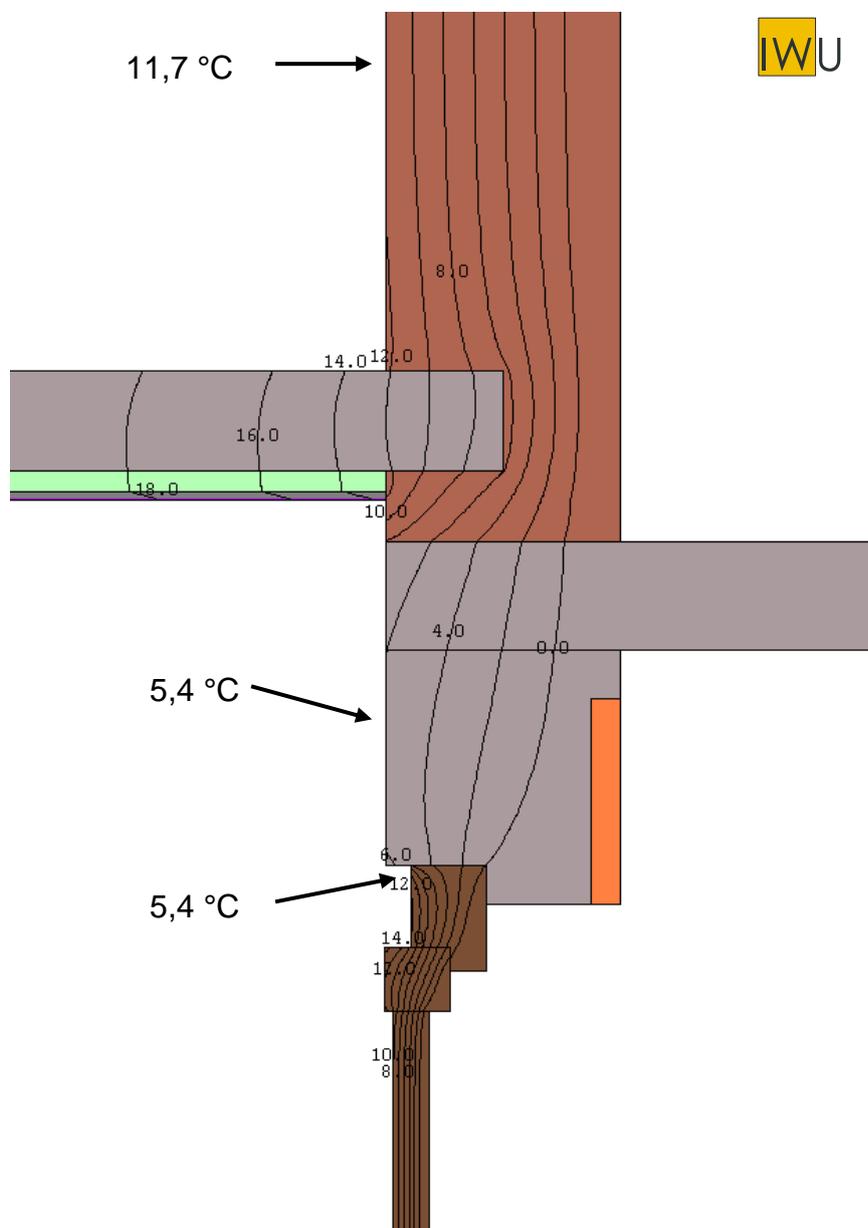
Betrachtung der Wärmebrückensituation am Vordach vor der Sanierung

Die folgenden Berechnungen basieren auf Angaben in der Detailzeichnung von Herrn Werner vom 13.10.2010.

Das Detail zeigt, dass vor der Sanierung der gesamte Bereich von dem einbindenden Vordach bis zum Türanschluss bei den Randbedingungen für die Bestimmung des Temperaturfaktors f_{RSi} Temperaturen von 5,4 °C aufweist, die weit unter der kritischen Grenze von 12,6 °C Oberflächentemperatur lag. Aber auch im Wandbereich über der Geschosdecke liegen die Wandoberflächentemperaturen nur bei ca. 11,7 °C. Der Bereich um den Türanschluss erreicht Temperaturen von 5,4 °C

Annahmen:

- Außenwand 28 cm Trümmerhohlblock λ 0,61 W/(mK)
- Geschosdecke 12 cm Stampfbeton λ 1,65 W/(mK)
- Vordach 13 cm Stampfbeton λ 1,65 W/(mK)
- Bereich zwischen Vordach und Haustür ebenfalls in Beton ausgeführt



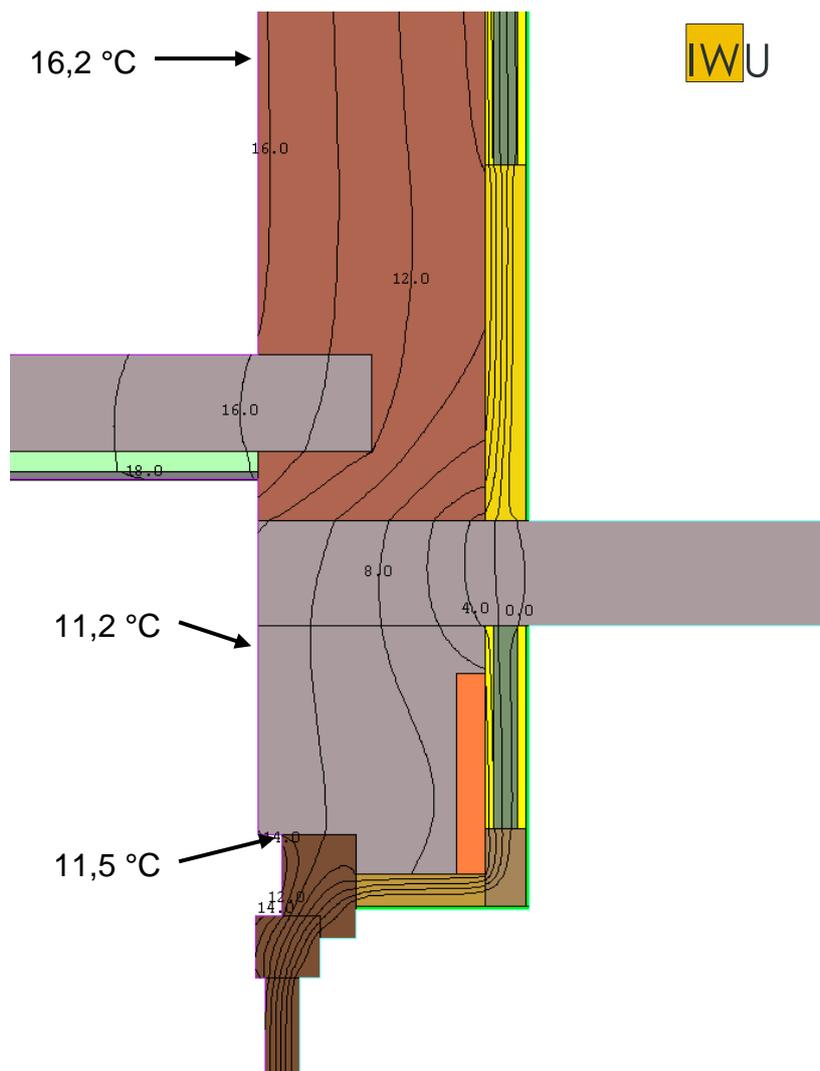
Betrachtung der Wärmebrückensituation am Vordach nach der Sanierung

Im Zuge der Sanierung wurden 30 mm dicke, beidseitig mit 10 mm Polystyrol kaschierte Vakuumpaneele auf der Außenwand montiert. Bereiche, die nicht mit Vakuumdämmung gedämmt werden können, werden mit Resol-Dämmplatten gleicher Dicke versehen. Die Laibung der Haustür wurde mit 40 mm Dämmung angesetzt.

Annahmen:

- Außenwand 28 cm Trümmerhohlblock λ 0,61 W/(mK) mit 30 mm VIP (λ 0,08 W/(mK)) und 2 x 10 mm Polystyrolkaschierung (λ 0,04 W/(mK))
- Geschossdecke 12 cm Stampfbeton λ 1,65 W/(mK)
- Vordach 13 cm Stampfbeton λ 1,65 W/(mK)

Durch die Außendämmung erhöht sich die innere Oberflächentemperatur der ungestörten Wand auf 16,2°C – sie ist somit nicht mehr im tauwassergefährdeten Bereich. Unterhalb der Geschossdecke wird die Temperatur durch das Vordach immer noch auf 11,2 °C abgekühlt – der Bereich ist also weiterhin tauwassergefährdet. Die Temperatur am inneren Anschluss der Haustür steigt auf 11,5 °C.



Variante: zusätzliche 25 mm Dämmplatte auf der Innenseite

In dieser Variante wurde innen im Bereich des einbindenden Vordachs eine Verbundplatte aus Gipskarton mit 25 mm PS ($\lambda=0,04 \text{ W/(mK)}$) ergänzt. Diese Platte wird auch in der Innenlaibung der Haustür montiert. Die Innenoberflächentemperatur steigt dadurch auf $16,3 \text{ °C}$ in der Fläche und $15,8 \text{ °C}$ in der Ecke zur Geschosdecke und liegt somit im unkritischen Bereich. Am Einbaupunkt der Haustür steigt die Temperatur auf $13,0 \text{ °C}$.

Gleichzeitig kühlt der Hohlraum der abgehängten Decke bei dem gewählten Modell um $1,6 \text{ °C}$ auf $14,2 \text{ °C}$ ab. Dennoch ist diese Variante energetisch deutlich günstiger als die ausgeführte Variante, da niedrige Oberflächentemperaturen vermieden werden.

Die Innendämmung könne auch noch etwas dünner ausgeführt werden, mit gutem Ergebnis für die Oberflächentemperaturen innen. Wichtig ist auch hier einen lückenlosen Anschluss der Dämmplatte in der Türlaibung innen an die Haustür auszuführen.

