

Praxis - und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärme-dämmssystemen.

A. Ferle, O.Essl

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

Praxis - und Passivhaustaugliche Sanierungssysteme für Dach und Wandbauteile unter Verwendung von Hochleistungswärme-dämmsystemen

BM Dipl. HTL Ing. Anton Ferle, MAS, MSc
Otmar Essl, MAS, MSc

Grupp Blitzblau Austria

Loibichl, Jänner 2006

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 zweiten Ausschreibung der Programmlinie *Haus der Zukunft* im Rahmen des Impulsprogramms *Nachhaltig Wirtschaften*, welches 1999 als mehrjähriges Forschungs- und Technologieprogramm vom Bundesministeriums 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 dem Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft 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 auch in der Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret" publiziert, aber auch elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.hausderzukunft.at dem Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

II) Kurzfassung

Motivation

Mehr als 800.000 Eigenheime wurden in der Nachkriegszeit errichtet. Diese Objekte erzielen einen durchschnittlichen Heizenergieverbrauch pro Jahr von mehr als 200kWh/m²a. Auch in der Sanierung geht mittlerweile der Trend zu 16cm Wärmedämmung an der Fassade und mehr. Die aktuellen Energiepreise lassen keine Wahl. Sehr viele dieser Gebäude weisen thermische Schwachstellen auf, die mit herkömmlichen Dämmmaterialien aus Platzgründen aber nicht mehr, oder mit sehr hohem Aufwand, saniert werden können. Vakuumdämmung hat sich in den letzten Jahren immer mehr zu einem „Problemlöser“ ersten Ranges entwickelt. Produktspezifische Eigenheiten (sensible Oberflächenbeschaffenheit, unflexible Plattenmaße, lange Lieferzeiten, hoher Preis, etc.) waren bisher Hindernisgründe diesen Dämmstoff einzusetzen. Mit der Entwicklung von 2 handhabbaren Befestigungs- und Verarbeitungsmethoden, ist es zuerst im Neubau (Projekt Lichtlabor der Donau Universität in Krems im Jahr 2004) gelungen diese Verfahren erfolgreich einzusetzen. Was lag also näher, als ein Haus aus den 60-er Jahren vollständig mit Vakuumdämmung zu sanieren?

Ziel

Das Reihenhaus im Salzburger Stadtteil Aigen wurde in den 60- er von Arch. Prof. Garstener errichtet. Seit ca. 5 Jahren ist es im Besitz der Familie Andre. Dieses Objekt wurde durch das Aufbringen von entsprechender Wärmedämmung an der Fassade, Terrasse und am Flachdach, sowie durch den Einsatz von innovativen Glaselementen auf den Standard eines Niedrigenergiehauses gebracht.

Mit Hilfe der Vakuumdämmung und Alu kaschierten PUR Dämmelementen wurde mit diesem nur 5 cm dicken Dämmsystem die vorhandene 5 cm dicke EPS Dämmung ersetzt.

Durch den Einsatz von Vakuumdämmung wurde das optische Erscheinungsbild der Fassade nicht gestört. (kein Absatz zwischen den beiden Haushälften).

Ergebnisse:

Werden im Endbericht dargestellt

Schlussfolgerung:

Anhand dieser Mustersanierung wurde festgestellt, dass:

das mechanische Befestigungssystem von VIP vor allem für den Sondereinsatz im Sanierungsbereich Fassade Anwendung finden wird.

das 3D Dachsystem hat die Stärken ein weiteres Mal unter Beweis gestellt. Nach dem Erwirken der bauzulassungrelevanten Prüfungen steht einem sehr erfolgreichen Durchbruch nichts mehr im Wege.

Interessenten für die Anwendung aus Österreich, Italien, der Schweiz und Deutschland aktiv auf die Autoren zugekommen sind. Bereits bestehende Vertriebswege und Verbindungen können dabei genutzt werden. Damit scheint gesichert, dass diese neue Technologie am Markt innerhalb der nächsten 5 Jahre Fuß fassen kann.

Ausblick

Als nächster Schritt gilt es alle baurechtlichen Zulassungen für die Vakuumdämmung zu erwirken. Weiters sollte der Preis, gerade im Bereich der Standardplattenmaße sehr bald spürbar günstiger im Handel erhältlich sein.

III) Inhaltsverzeichnis Zwischenbericht

I) Vorwort	Seite 4
II) Kurzfassung	Seite 5
III) Inhaltsverzeichnis Zwischenbericht	Seite 6
1. Einleitung	Seite 7
1.1. Problembeschreibung ...	Seite 7
1.2. Die 7 Schritte der Sanierung	Seite 8
1.3. Zielsetzung der Arbeit	Seite 9
1.4. Vorarbeiten zu diesem Thema	Seite 10
1.5. Einleitung	Seite 13
1.5.1. Allgemein	Seite 13
1.5.2. Mechanisches Befestigungssystem für VIP und PUR-Platten für den Einsatz bei vertikalen Bauelementen, sowie in der Dachschräge	Seite 14
1.5.2.1. Der Dübel	Seite 14
1.5.3. Schienen- Befestigungssystem für VIP und EPS- Platten für den Einsatz bei vertikalen Bauelementen.	Seite 15
1.5.4. Vakuumdämmung verklebt	Seite 15
1.5.5. Dachsystem aus VIP und PUR-Platten (3D Dachsystem)	Seite 16
1.5.6. Ausblick	Seite 17
2. Das Ziel des Projektes	Seite 18
3. Der Bauablauf	Seite 19
3.1. Projektbeteiligte	Seite 19
3.2. Der Versuchsaufbau mechanische Befestigung der VIP	Seite 21
3.3. Die Sanierung des Daches	Seite 23
3.4. Die Sanierung der Terrasse	Seite 26
3.5. Fassade	Seite 27
3.5.1. Mechanisches Befestigungssystem	Seite 27
3.5.2. Capatect VIP Schienen-Befestigungs-System	Seite 32
3.5.3. Vakuumdämmung geklebt	Seite 36
3.6. Die Balkonsanierung	Seite 38
3.7. Die Sturzsanieung	Seite 40
4. Die Ergebnisse und damit verbundene Schlussfolgerungen	Seite 41
4.1. Allgemeines	Seite 41
5. Projektzusammenfassung	Seite 42
6. Bauteilaufbauten	Seite 44
7. Die Pläne	Seite 45
8. Verzeichnisse	Seite 54
8.1. Literaturverzeichnis	Seite 54

1. Einleitung

1.1. Problembeschreibung

Das von Prof. Garstenauer geplante Haus aus den 60-iger Jahren stellt ein Haus in der Gruppe dar, welches thermisch saniert wurde. Dabei wurden unterschiedliche Anwendungs- bzw. Befestigungssysteme für Vakuumisulationspaneele (VIP) getestet.

Es wurden konkret fünf unterschiedliche Systeme getestet:

- Anwendung im Flachdachbereich mit dem patentierten 3d-System (Gruppe Blitzblau Austria mit Lizenznehmer für Österreich Fa. Dagn.
- mechanische Befestigung der Wärmedämmung sowohl mit Dübeln (Gruppe Blitzblau Austria)
- mechanische Befestigung der Wärmedämmung mit Schienen (Fa. Capatect)
- horizontale als auch vertikale Verklebung der Dämmung an den Außenwänden (Fa. Capatect)
- VIP in Isolierglas bei Alu-Portalkonstruktionen eingearbeitet. (Fa. Glas und Rahmen)

Bei vorliegendem Objekt wird der Höhenentwicklung ein besonderer Stellenwert eingeräumt, da es sich um ein Reihenhaus handelt. Um die optische Einheit zu bewahren ist es daher nötig die bestehenden Höhen des Nachbarobjektes auch nach der erfolgten Sanierung einzuhalten. Durch die Verwendung von Hochleistungsdämmstoffen (Vakuumisulations-Paneele kurz VIP) ist es möglich ohne Veränderung der Außenabmessungen des Gebäudes eine thermische Sanierung durchzuführen. So kommt es zu keiner Veränderung in der Höhenentwicklung des Gebäudes trotz sehr schlechter Ausgangssituationen (geringe vorhandene Dämmstärke, etc.). Von den Antragstellern (gleichzeitig Know-How- Träger) wurde neben einem mechanischen Befestigungssystem für den Einsatz von Vakuumisulationspaneelen (VIP) im Neubau und in der Sanierung (siehe dazu Forschungsbericht Nr. 805735/2002 „project b1“, Projektleiter Otmar Essl MAS) auch ein „3D Dachsystem mit Vakuumdämmung und PUR Platten für die Terrassen und Dachsanierung entwickelt.

Das nunmehr zum Patent angemeldete mechanische Befestigungssystem ermöglicht erstmalig VIP's 2-lagig mechanisch an Bauteiloberflächen zu befestigen und mit einer beliebigen Fassade (Putz, Metall, Holz, etc.) zu versehen. Weiters ist es gelungen ein sog. Mischsystem aus VIP und PUR- Hartschaumplatten zu entwickeln, welches den Anteil der Vakuumdämmung auf bis zu 55% reduziert und gleichzeitig die nachteiligen und teuren Sonderformate bei VIP überflüssig macht. Mit diesem Mischsystem gelingt es die Kosten des 5 cm dicken Dämmsystems um ca. 30% zu senken und die Dämmstoffdicken um das 5 bis 10-fache zu reduzieren.

1.2. Die 7 Schritte der Sanierung

Die Sanierung dieses Einfamilienhauses, unter der Verwendung von Vakuumdämmung erfolgte in 7 Schritten:

- 1) Demontearbeiten in terminlicher Abstimmung u.a. mit den Teilsanierungsschritten.
- 2) Fassadensanierung: Umsetzung des mechanischen Befestigungssystems für Vakuumdämmung. Bei diesem Pilotprojekt wurde die Vakuumdämmung und die Fassadenunterkonstruktion von den Antragstellern Essl und Ferle zusammen mit den Firmen Capatect und Dagn aufgebracht. Dieser Schritt war notwendig um ev. vorhandenes Rationalisierungspotenzial orten zu können.
- 3) Dachsanierung: Umsetzung des 3D Dachsystems für Vakuumdämmung. Bei diesem Pilotprojekt wurde die Vakuumdämmung in der Dachebene von den Antragstellern Essl und Ferle zusammen mit der Fa. Dagn aufgebracht. Dieser Schritt ist notwendig um ev. vorhandenes Rationalisierungspotenzial orten zu können.
- 4) Terrassensanierung: Umsetzung des 3D Dachsystems für Vakuumdämmung. Bei diesem Pilotprojekt wird die Vakuumdämmung in der Terrassenebene von den Antragstellern Essl und Ferle zusammen mit der Fa. Dagn aufgebracht. Dieser Schritt war notwendig um ev. vorhandenes Rationalisierungspotenzial orten zu können.
- 5) Fenster- und Türensanieung: Auch bei diesem Arbeitsschritt wurde die Detail und Anschlussausführung gemeinsam mit der Fa. Glas und Rahmen durchgeführt.
- 6) Die Warmwasseraufbereitung und teilsolare Raumheizung wurde von der Fa. Kuster&Kuster aus Salzburg realisiert.
- 7) Die VIP Sonderanwendungsfälle an der Fassade (VIP-Schienensystem) und im Balkonbereich (VIP verklebt) wurden von der Fa. Capatect aus Perg ausgeführt.

1.3. Zielsetzung der Arbeit

Anhand dieses Demonstrationsprojektes sollten die Methoden der Befestigung der Vakuumdämmung am Dach und an der Fassade weiter optimiert und rationalisiert werden. Großes Augenmerk galt auch dem Schutz der Konstruktion vor mechanischer Beschädigung. Gesprächen mit Wohnbaugenossenschaften haben gezeigt dass grundsätzliche Bereitschaft besteht die Vakuumdämmung zu verwenden, jedoch machen es sehr viele von einem bereits realisierten Pilotprojekt abhängig. Von der erfolgreichen Sanierung dieser Reihenhaushälfte wird die Bereitschaft Vakuumdämmung in der Sanierung zu verwenden abhängen.

Die höheren Material und Arbeitskosten werden in allen jenen Fällen in Kauf genommen, wo durch eine schlanke Konstruktion entweder Platz- und somit Nutzfläche gewonnen werden kann oder aber ein deutlicher Gewinn an der thermischen Qualität des Objektes nach der Sanierung sichergestellt ist.

Wie auch bei diesem Projekt wird sehr oft durch den Einsatz der Vakuumdämmung in der Sanierung das optische Erscheinungsbild der Fassade und der Terrasse nicht verändern.

1.4. Vorarbeiten zu diesem Thema

Neben dem Studium einschlägiger Literatur – siehe dazu auch Kapitel 6 – beeinflussten 4 Arbeiten entscheidend die Umsetzung des Demonstrationsvorhabens.

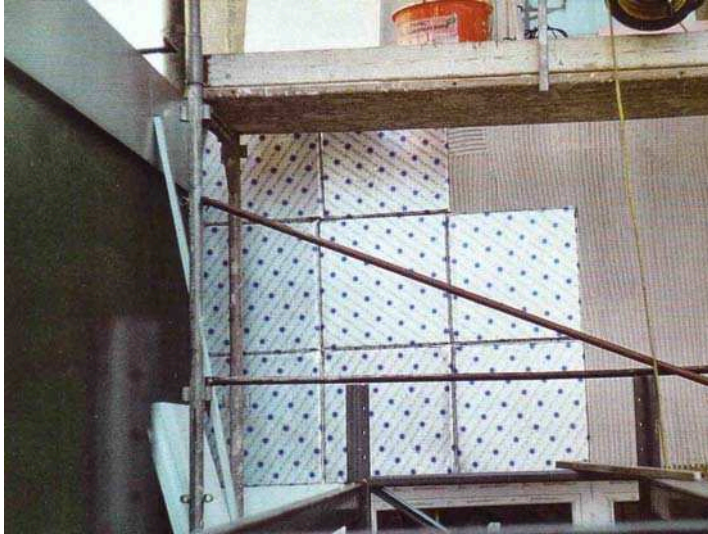


Bild 1: Sandwichwandaufbau an der Fassade Fa. Capatect

1999

Die Fa. Capatect (Perg OÖ) errichtet einen Versuchswandaufbau in Sandwichbauweise, der bis zum heutigen Tage erfolgreich und schadensfrei eingesetzt wird.

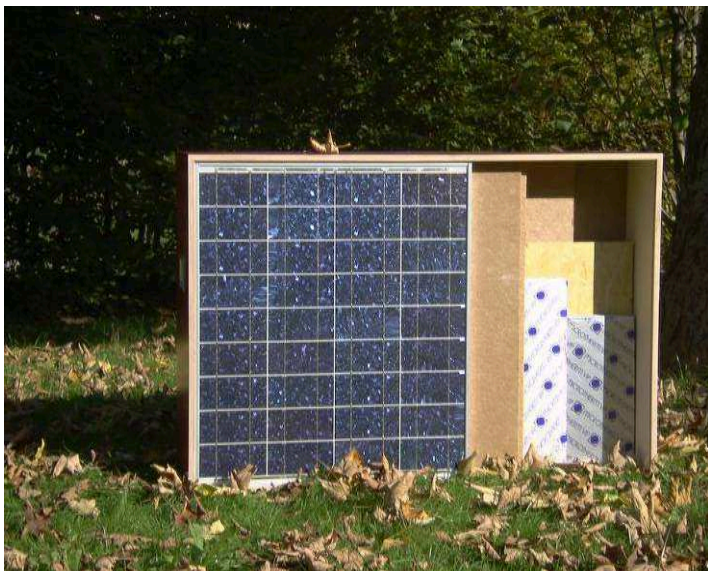


Bild 2: Sandwichwandaufbau mit VIP (Pueblo – Biosphär)

2000

Master- These von Otmar Essl und Anton Ferle „PUEBLO-BIOSPHÄR- Die Weiterentwicklung von marktüblichen Container Systemen“ (Donau Universität Krems 2001, Abschluss master of advanced studies - solar architecture)

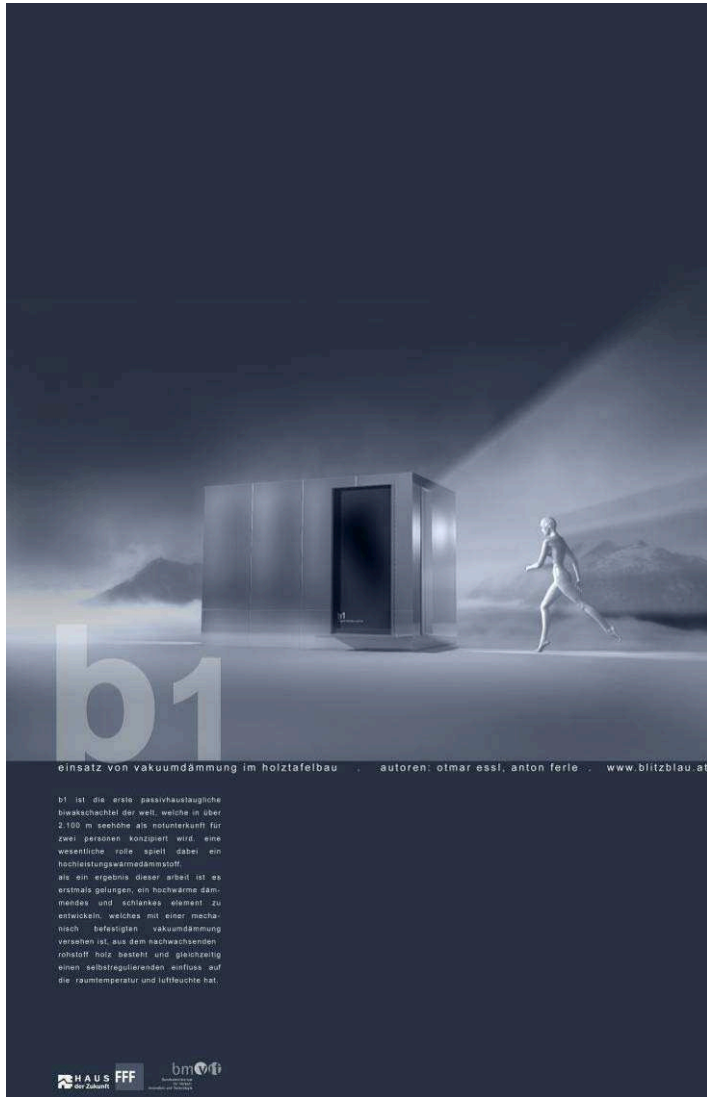


Bild 3: Projekt b1

2002 – 2003:
 Forschungsarbeit im Rahmen eines
 Auftrages vom
 Forschungsförderfonds (FFF)
 und Haus der Zukunft im Bereich
 der Entwicklung von mechanischen
 Befestigungssystemen für
 Vakuumdämmung:
 Von den Antragstellern (gleichzeitig
 Know-How-Träger) wurde neben
 einem mechanischen
 Befestigungssystem für den
 Einsatz von
 Vakuumisulationspaneelen (VIP) im
 Neubau und in der Sanierung
 (siehe dazu Forschungsbericht Nr.
 805735/2002 „project b1“,
 Projektleiter Otmar Essl MAS) auch
 ein „3D Dachsystem mit
 Vakuumdämmung und PUR Platten
 für die Terrassen und
 Dachsanierung entwickelt.



Bild 4: Präsentation des Lichtlabors am Campus Krems, im Rahmen der 8. Europäischen Passivhauskonferenz

Jänner bis März 2004:
 Umsetzung des Lichtlabors für die
 Donau Universität in Krems erfolgte
 in den Monaten Jänner bis März
 2004. Dieses Projekt im Wert von
 ca. €150.000.- wurde aus-
 schließlich mit Sponsoren und
 durch Eigenleistungen finanziert.



Bild 5: Darstellung von verschiedenen Lichtqualitäten im Lichtlabor



Bild 6: Tagungsteilnehmer im Lichtlabor



Bild 7: Präsentation des Lichtlabors durch Anton Ferle (GBA), Peter Holzer (DU Krems) und Otmar Essl (GBA)

1.5. Einleitung

1.5.1. Allgemein

Die Anwendungsmöglichkeiten von VIP sind mittlerweile so weit fortgeschritten, dass diese im Bauwesen als Hochleistungswärmedämmsysteme eingesetzt werden können. Aufgrund der extrem kleinen erforderlichen Schichtdicken eröffnet die Verwendung von VIP vollkommen neue Möglichkeiten für den Planer.

Eine einfache Verwendung von VIP setzt maßgeschneiderte Lösungen voraus, die hohe Anforderungen an den Vorfertigungsgrad, den Transport und die Montage mit bauphysikalisch ausgezeichneten Eigenschaften verbinden.



Bild 8: Wohnhaus Andre vor der Sanierung



Bild 9: Wohnhaus Andre nach der Sanierung

Als Ergebnis der auf dem Gebiet der Verwendung von VIP im Bauwesen durchgeführten Forschungsarbeiten wurden von der Gruppe Blitzblau Austria zwei neue, praxistaugliche Systeme zum Patent angemeldet, welche erstmalig die skizzierten hohen Anforderungen erfüllen. Die Realisierung von VIP Anwendungen erfolgt vom Tiroler Dachdecker und Spenglerbetrieb Firma Dagn GmbH und der Fa. Capatect, die beide sehr erfolgreich am österreichischen Markt diese Marktnische abdecken.

1.5.2 Mechanisches Befestigungssystem für VIP und PUR-Platten für den Einsatz bei vertikalen Bauelementen, sowie in der Dachschräge



Bild 10: Roh-Fassade mit luftdichter Ebene



Bild 11: Fertige Fassade

Das entwickelte Fassaden-Dämmsystem erreicht bei nur 6 cm Dicke U-Werte zwischen 0,09 und 0,15 W/m²K. Wesentlich an diesem neuen System ist, dass mit maximal 3 Standard-Formaten der VIP für den Grossteil der Anwendungsfälle, sowohl im Neubau als auch in der Sanierung, das Auslangen gefunden wird. Zudem besteht bezüglich der Auswahl der Fassadenoberfläche keine Einschränkung.

Das zum Patent angemeldete mechanische Befestigungssystem ermöglicht erstmalig Vakuumisulationspaneelen (VIP) 2-lagig mechanisch an Bauteiloberflächen zu befestigen und mit einer beliebigen Fassade (Putz, Metall, Holz, etc.) zu versehen.

Durch die spezielle erfindungsgemäße Anordnung der einzelnen Hochleistungsdämmplatten wurde der bauphysikalische Nachweis erbracht, dass unter Einbeziehung und Schaffung von stehenden Luftschichten im Plattenzwischenraum (abgeklebte Luftzwischenräume) die mittleren Wärmedurchgangswerte nur unwesentlich schlechter sind, als bei einer geklebten Konstruktion. Nachteile einer geklebten Konstruktion in der Baupraxis sind unter anderem die geringe Scherfestigkeit des Folienverbundes, nicht mehr recycelbar und austauschbar, etc.)

Um die Praxistauglichkeit der Vakuumdämmung noch weiter zu erhöhen wurde eine Mischbauweise aus VIP und marktüblichen Alu kaschierten PUR-Platten entwickelt. Sämtliche Passstücke werden aus diesem herkömmlichen Dämmstoff hergestellt und in der 2. Ebene mit Vakuumisulationspaneelen überdeckt. Die Wärmebrücken werden dadurch gezielt entschärft. Diese Maßnahme reduziert die Kosten und vereinfacht das Handling (Entfall von Sonderformaten und Passstücken bei den VIP) auf der Baustelle. Mit deutlich unter 10 verschiedenen großen VIP Platten können 90% aller Anwendungsfälle im Hochbau abgedeckt werden. Gesamtdämmstoffdicken von 5 cm ermöglichen U- Werte von 0,15 W/m²K bei nur 20 cm gesamter Bauteildicke (anstatt bisher üblichen 60 cm).

1.5.2.1. Der Dübel

Für die Anwendungstechnik der Firma Ejot, einem Marktführer im Bereich der Befestigungstechnik, stellte sich mit der Befestigung der Vakuumplatte eine neue Herausforderung. Können herkömmliche Fassadendämmplatten durch die Platte gedübelt werden, so musste man in diesem Fall eine Lösung finden bei der zum Einen nur in der T-Fuge befestigt werden konnte und zum Anderen keine Beschädigung der Platte zu Stande kommt.

Das verwendete Befestigungselement besteht aus einer Kombination des EJOT Universalrahmendübels

EJOT SDF 8 – K U bzw. des Dübeltellers EJOT IT H 60/8. Die Dübelhülse (ø 8 mm) und der Dübelteller bestehen aus dem Werkstoff Polyamid, die Schraube ist galvanisch verzinkt (≥ 5 µ).

Mit einer Setztiefe von ≥ 70 mm, werden laut europäisch technischer Zulassung charakteristische Auszugswerte von 1,5 KN in Beton C16/20- C50/60 sowie 1,2 KN in

Hochlochziegeln nach DIN 105 HLz erreicht.

Bei der Montage wurde der Dübelteller in Abstand der Dämmstoffstärke, oberhalb der Grenzflächenmarkierung der Spreizzone am Dübel aufgesteckt. Danach wurde die Dämmplatte durch einstecken der Dübelhülse an der Wand fixiert. Um eine ausreichend Standsicherheit des Systems gewährleisten zu können, wurden Holzlatten, mittels Durchsteckmontage der galvanisch verzinkten Schraube durch die Holzlatten in die Dübelhülse montiert. Dadurch erreicht man die nötige Flächenpressung.

1.5.3. Schienen- Befestigungssystem für VIP und EPS-Platten für den Einsatz bei vertikalen Bauelementen.



Schnitt durch das Schienenbefestigungssystem

Bild 12: VIP - Schienenbefestigung

1.5.4. Vakuumdämmung verklebt



Die Dämmplatten wurden mit Rollkleber am Bauteil fixiert.

Bild 13: VIP Verklebung

1.5.5. Dachsystem aus VIP und PUR-Platten (3D Dachsystem)

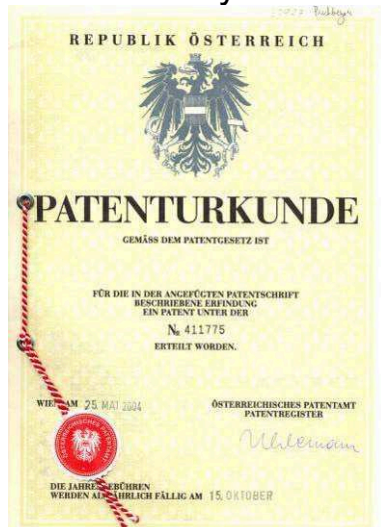


Bild 14: Patenturkunde 3D Dachsystem



Bild 15: Aufbau der Dachdämmung



Bild 16: Das 2-Komponenten Reaktivbitumen

Das System besteht aus einer mehrlagigen Kombination aus VIP, Alu - kaschierten PUR-Platten und reaktivem Bitumen. Das neu entwickelte Dachsystem ist dicht, dünn und hoch wärmedämmend. Die Dichtheit ist durch ein für den Straßenbau neu entwickeltes 2-Komponenten Kaltbitumenmaterial (fugenfüllend, dauerhaft plastisch- elastisch, hohe Flankenhaftung) gewährleistet. Bei vergleichbaren U- Werten wird bei nur 6 cm Gesamtsystemdicke ein dichtes und hoch dämmendes Dach (entspricht in etwa 45cm herkömmlichem Aufbau) realisiert.

In wenigen Arbeitsschritten lässt sich eine dünne, homogene Schicht mit hohem Dämmwert aufbauen. Durch die Verwendung von Vakuumdämmplatten und kalt verarbeitbarer reaktiver bituminöser Masse lassen sich die Vorteile beider Werkstoffe vereinen:

Die kalt verarbeitbare bituminöse Masse benötigt keinerlei Wärmezuführung, womit hoher Energieaufwand gespart werden kann. Das Handling des Materials ist denkbar einfach und ungefährlich. Es bedarf keiner Beheizung, weder bei der Verarbeitung noch beim Antransport, es entfallen Verbrühungs- und Verbrennungsgefahr, sowie die gefährliche Ausgasung und Dampfentwicklung.

Die kalt verarbeitbare bituminöse Masse ist zugleich wasser- und dampfdicht, sowie durch die Klebeeigenschaften gleichzeitig zur dauerhaften Verbindung der VIP und eventueller zusätzlichen oder alternativer Materialschichten hervorragend geeignet. Die Gefahr einer Wasserunterläufigkeit, die bei bestehenden Konstruktionen häufig besteht, kann bei diesem System ausgeschlossen werden. Die kalte Verarbeitbarkeit hat schließlich noch den Vorteil, dass die Bitumenmasse alle bestehenden Fugen vollständig bis zum Grund

ausfüllt. Durch die Zähflüssigkeit der Masse ist zudem eine selbstnivellierende Eigenschaft gegeben, die Unebenheiten des Untergrundes ausgleichen kann.

Auf die Geschoßdecke mit entsprechender Dampfsperre wird eine selbstnivellierende 2-Komponenten Kaltbitumenvergussmasse mit steuerbarer Abbindezeit aufgebracht. Dieser Untergrund bietet Schutz für die 2-lagig, stoßversetzt verlegten je 25mm dicken Vakuumdämmplatten.

Die Vakuumdämmplatten werden dann Zug um Zug verlegt und in die Bitumenmasse eingeschlämmt. Dadurch ist absolute Dichtheit der Konstruktion, selbst bei Verletzung der obersten Ebene, gewährleistet.

Als oberste Schutzschicht können sämtliche handelsübliche Werkstoffe, wie z.B. beschieferte Dachbahnen, etc. aufgebracht werden.

Die gesamte Konstruktion hat mit dem erwähnten zweilagigen Aufbau eine gesamte Schichtdicke von nur ca. 6 cm und entspricht einer konventionellen Wärmedämmung von ca. 40 cm. U-Werte unter $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ sind somit realisierbar .

Dieses in erster Linie für den Flachdach- und Sanierungsbereich entwickelte System lässt sich in leicht modifizierter Weise auch für den Fußbodenbereich einsetzen.

1.5.6. Ausblick

Vergleichsrechnungen in der Dach- und Terrassensanierung haben ergeben, dass die Kombination aus VIP und Alu kaschierten PUR- Platten, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Anschlüsse bei den Hochzügen und Türen gleich bleiben können, die mit Abstand wirtschaftlichste Lösung darstellt. Das mechanischen Befestigungssystem, wird zur Zeit hauptsächlich im Bereich von „Problemzonen“ verwendet, dennoch ist es nunmehr auch in der Sanierung möglich das gesamte Bauwerk mit Hochleistungswärmedämmstoffen zu dämmen.

Die rechnerische Lebensdauer von Vakuumisulationspaneelen liegt bei 50 Jahren. Mit der mechanischen Befestigung, einfacheren Verarbeitung und jederzeitigen Wartungsmöglichkeit der Dämmebene wird sich die Akzeptanz der Vakuumdämmung auch in der Sanierung entscheidend erhöhen.

Sämtliche oben angeführte Systemvorteile können auf beliebigen Bauteiloberflächen in gering modifizierter Form angewendet werden. Die größten Chancen im Bereich der Sanierung liegen beim 3D Dachsystem. Bei punktueller Sanierung von thermischen Schwachstellen an der Fassade wird das mechanische Befestigungssystem sofort Verwendung finden.

2. Das Ziel des Projektes

Das Ziel dieser Arbeit war es, Methoden zu erarbeiten, die zu einer einfacheren und wirtschaftlichen Anwendung von Vakuumdämmung in der Sanierung führen können. Dies geschieht einerseits durch methodisches Aufspüren rationeller Verarbeitungsmethoden, aber auch im Erkennen der Hemmnisse, welche diesen Prozess behindern. Demzufolge haben wir uns entschlossen alle 3 derzeit relevanten Methoden der Wanddämmung mit Vakuumdämmung, sowie das VIP 3D-Dachsystem bei diesem Projekt umzusetzen.

Das bereits im Lichtlabor Krems verwendete mechanische Befestigungssystem (Gruppe Blitzblau Austria) wurde mit dem für VIP adaptierten Schienensystem (Fa. Capatect) beim Bauvorhaben Andre einem direkten Vergleich unterzogen. Als 3. Möglichkeit VIP an Wänden zu befestigen wurde die bereits die „verklebte Sandwichkonstruktion“ angewendet. Bei der Firma Fa. Capatect hat sich diese Fassade bereits seit dem Jahre 1999 sehr erfolgreich in der Praxis bewährt.

Alle 3 Montagetechniken wurden im Hinblick auf Praxistauglichkeit sowie mittels standardisierte Planungs- und Verfahrenstechniken auf dem gegenwärtigen Stand der Technik in der Althausanierung angewandt.

Darüber hinaus wurde das VIP 3D Dachsanierungssystem ein weiteres Mal sehr erfolgreich und rationell in der Sanierung eingesetzt und konnte bei diesem Projekt wieder deutlich verbessert werden.

3. Der Bauablauf

3.1. Projektbeteiligte

- Bauherr:** Familie Annemarie und Marek Andre
Baumbichlstraße 56, 5026 Salzburg
Tel: 0662-634266
- Projektleitung:** Gruppe Blitzblau Austria, Essl - Ferle OEG
Au 17, 5311 Loibichl
Tel: 06232 – 6722-19
Fax: 06232 – 6722-18
Mobil: 0650/91 11 664
office@solaringenieure.at
- Schwarzdecker:** Dagn GesmbH & Co. KG
Kaltenbach 33, 6345 Kössen
Tel: 05375/6279
Fax: 05375/6279-15
Mail: dagn@dagn.at
Hr. Robert Kogl
0676/83 85 98 61
- Wandsysteme:** Firmengruppe Synthesa, Fries-Burgholzer, Glemadur
Dimbergerstr. 29-31, 4320 Perg
Tel: 07262/560-231
Fax: 07262/560-1580
Hr. Ing. Christian Plank
0664/503 39 29
christian.plank@capatect.at
- Sanitär/Solar:** Kuster Harald Sanitär
Strubergasse 13, 5020 Salzburg
Tel: 0662 - 622077
Mobil: 0664 - 3366236
Fax: 0662 - 622078
kuster@24on.cc
harald@kuster.co.at
- Kunststoff Fenster:** ACTUAL Fenster AG
Sterneckstr 57, 5020 Salzburg
0662 / 88 35 65
- Zimmermeister:** Ing. Hutterer Anton Bauunternehmung
Köstendorfer Str. 8, 5204 Straßwalchen
Tel: 06215/8304-0
Fax: 06215/8304-20
Mobil: 0664/4245124
g.winklhofer@hutterer-bau.at
- Glasfassade:** Glas & Rahmen Gesellschaft mbH
Unterberg 77, 5323 Ebenau
Tel: 06221/8348
Fax: 06221/8035
Mail: office@glas-rahmen.com

Dübel: EJOT Austria GmbH
Grazer Vorstadt 146, 8570 Voitsberg
Tel: 03142/27600-19
Fax: 03142/27600-30
Hr. Ing. Jörg Huiber
0664/1327 696
JHuiber@ejot.at

VIP: Vaku-Isotherm GmbH
Mittweidaer Straße 26, D-09661 Rossau
Tel: 0049/3727/612477
Fax: 0049/3727/9229271
Mail: info@vaku-isotherm.de
Hr. Baars
0049/3727/94290

Profile f. WDVS: APU AG
Hr. Müller Stefan
0049/171/2059397

Abdichtungen: Villas Austria GmbH
Industriestrasse 18, 9586 Fürnitz
Tel.: +43 (0)4257 / 2241 – 0
Fax.: +43 (0)4257 / 2241 – 2390
E-Mail: office@villas.at

Schlosser: Josef Deubler GmbH
Weißenbach 5, 4822 Bad Goisern
06135 - 8773
06135 - 8773-6
josef.deubler@utanet.at

3.2. Der Versuchsaufbau mechanische Befestigung der VIP

Der bestehende Wandaufbau besteht aus 2x3 cm EPS mit 3 cm Hinterlüftung. Als Witterungsschutz sind Eternitplatten vorhanden.

Nach Abbruch der bestehenden Konstruktion wird als Schutz für die VIP eine Lage 2cm dicker Holzweichfaserplatten, im erforderlichen Abstand für die VIP, mit einem temporär fixierbaren Dübel festgehalten. Dabei wird der Dübel (DN 8mm) im Abstand von ca. 100/50 cm so gesetzt, dass der Dübel 6 cm vorsteht. Danach wird ein Dübelteller aufgesteckt und an die Holzweichfaserplatte gedrückt. Im Anschluss daran werden zwischen die Dübel die VIP mittels Doppelklebeband mit der Holzweichfaserplatte verklebt und mit dem zuvor nach außen geschobenen Dübelteller neuerlich temporär fixiert. Derselbe Vorgang wird mit einer 2 cm starken Lage alukaschierten PUR-Platten wiederholt. Von Sondermaßen wurde bewusst Abstand genommen. Ist es nicht möglich in der ersten Lage VIP aufzubringen, so wird in der zweiten Dämmlage VIP anstatt PUR verlegt. Es wird dadurch sichergestellt, dass keine Sondermaße nötig sind und trotzdem zumindest ein Lage VIP überall vorhanden ist. Mit der Fixierung der Lattung mittels der endgültigen Dübelung wird eine kraftschlüssige Verbindung hergestellt und die Unterkonstruktion kann mit Cemboard-Platten verkleidet werden.



Bild 17: Bohrungen werden nach Dübelbild erstellt

Die Darstellung erfolgt ohne Luftdichtheitsbänder, und als Schutz vor der rauen Wand wurde bei der Versuchsanordnung eine Holzweichfaserplatte verwendet. Diese Platte wurde später gegen eine 20mm EPS Platte ausgetauscht.



Bild 18: Schnittmodell „mechanische Befestigung“

An diesem Schnitt - und Versuchsmodell zeigt sich sehr deutlich, der 2-lagige Aufbau und die Befestigung des Dämmsystems. Der Dübelraster wird entsprechend des erforderlichen Dübelbildes gewählt.



Bild 19: 2. Lage PUR Platte mit variablem Dübelteller (oben)

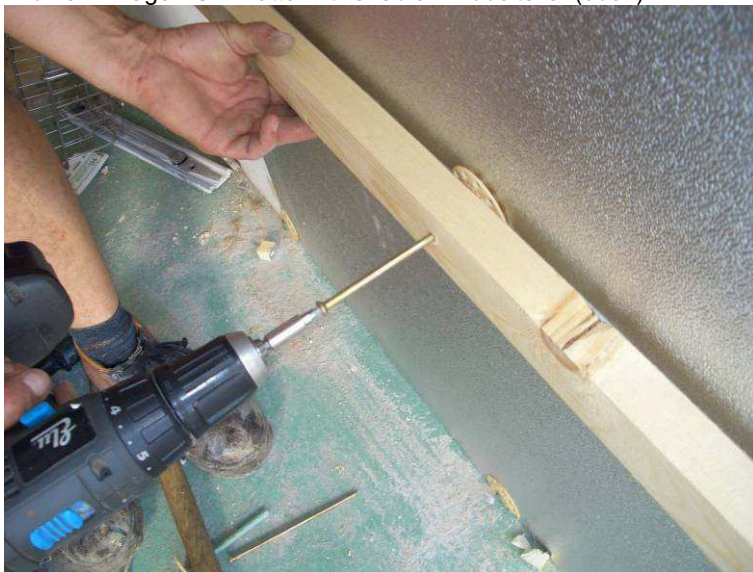


Bild 20: Die Montagelattung wird aufgebracht

Gut ersichtlich ist der variable Dübelteller, der für dieses Projekt gemeinsam mit der Fa. EJOT entwickelt wurde. Wir erwarteten uns einen Montagevorteil beim Anbringen der verschiedenen Dämmlagen.

In der Praxis hat sich aber der variable Dübelteller nicht unbedingt als Vorteil herausgestellt. Der Verarbeiter (Fa. Dagn) hat in weiterer Folge auf das bewährte System der Montagebefestigung mittels luftdichter Doppelklebänder zurückgegriffen.

Als letzter Arbeitsgang, bevor die Fassade aufgebracht wird, erhält die Wärmedämmung durch den Anpressdruck der Montagelatte den notwendigen Halt.

3.3. Die Sanierung des Daches

Das bestehende Flachdach wurde bei der letzten Sanierung vor 6 (!) Jahren mit lediglich 10 cm EPS gedämmt. Aufgrund der niedrigen zur Verfügung stehenden Höhe ist diese Situation wie geschaffen für die platzsparenden und dennoch hochdämmenden VIP. Besonderes Augenmerk wurde auf die Vermeidung jeglicher Wärmebrücken gelegt. So wird der Attikakranz nicht direkt auf die Stahlbetondecke verlegt, sondern schwimmend auf zwei Lagen Wärmedämmung (2cm PUR und 2cm VIP) verlegt und in den Fugen verdübelt. Durch die platzsparende Konstruktion konnte auch die Attikasituation in punkto Wasserdichtheit deutlich verbessert werden. Der zuvor ungenügende Hochzug wurde im Vergleich zu vorher deutlich erhöht. Sämtliche Höhen des Hauptgebäudes sind somit nicht verändert worden. Mit einer dem Bestand angepassten Verblechung wird wieder der „optische“ Urzustand hergestellt. Zur Anwendung gelangt hier erstmals, das neue 3D- Dachsystem, welches von der Fa. Dagn aus Kössen in Tirol exklusiv in Österreich verarbeitet wird.

In wenigen Arbeitsschritten lässt sich eine dünne, homogene Schicht mit hohem Dämmwert aufbauen. Durch die Verwendung von Vakuumdämmplatten und kalt verarbeitbarer reaktiver bituminöser Masse lassen sich die Vorteile beider Werkstoffe vereinen:

Die kalt verarbeitbare bituminöse Masse benötigt keinerlei Wärmezuführung, womit hoher Energieaufwand gespart werden kann. Das Handling des Materials ist denkbar einfach und ungefährlich. Es bedarf keiner Beheizung, weder bei der Verarbeitung noch beim Antransport, es entfallen Verbrühungs- und Verbrennungsgefahr, sowie die gefährliche Ausgasung und Dampfentwicklung.

Die kalt verarbeitbare bituminöse Masse ist zugleich wasser- und dampfdicht, sowie durch die Klebeeigenschaften gleichzeitig zur dauerhaften Verbindung der VIP und eventueller zusätzlichen oder alternativer Materialschichten hervorragend geeignet. Die Gefahr einer Wasserunterläufigkeit, die bei bestehenden Konstruktionen häufig besteht, kann bei diesem System ausgeschlossen werden. Die kalte Verarbeitbarkeit hat schließlich noch den Vorteil, dass die Bitumenmasse alle bestehenden Fugen vollständig bis zum Grund ausfüllt. Durch die Zähflüssigkeit der Masse ist zudem eine selbstnivellierende Eigenschaft gegeben, die Unebenheiten des Untergrundes ausgleichen kann.



Bild 21: Dach Bestand

Das bestehende Dach kurz vor der Demontage.



Bild 22: Dach demontiert

Bei der Demontage zeigte sich, dass in dem nur 6 Jahre alten Dach Wasser eingedrungen war und im Bereich der Attika massive Schäden aufgetreten sind. Die bestehende Wärmedämmung betrug 6cm.



Bild 23: Die Attika Holzbohle wird aufgebracht

Im Bereich der Attika wurde eine Kombination aus dem VIP 3D dach und der mechanischen Befestigung von VIP ausgeführt. Dies war notwendig, damit die Bohle für die Attika nahezu wärmebrückenfrei aufgebracht werden konnte.

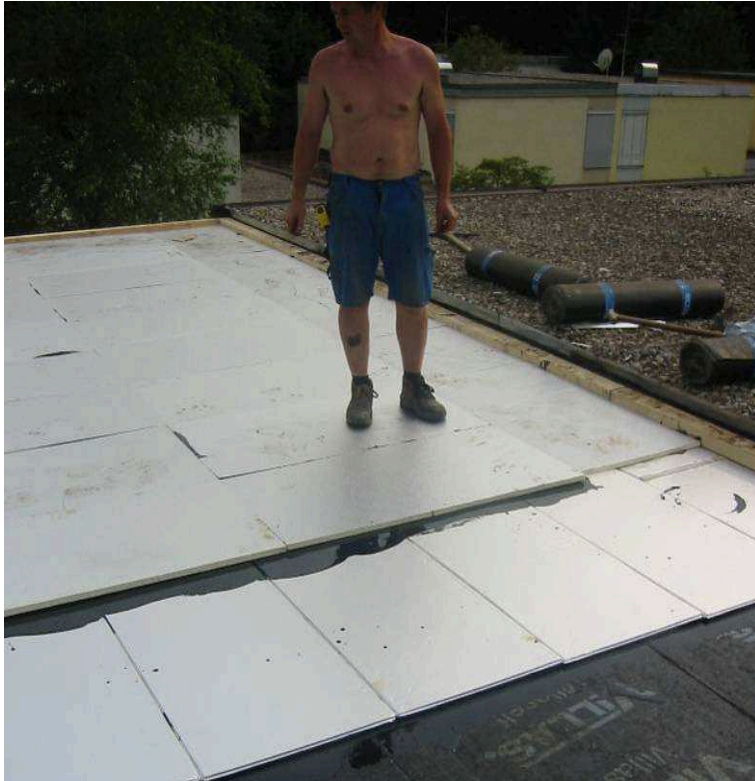


Bild 24: Der neue Dachaufbau

Die Verlegung der Wärmedämmung erfolgte in 2 Lagen. Im Vordergrund erkennt man die Dampfsperre, gefolgt von der Vakuumdämmung. Die 2. Lage Wärmedämmung besteht aus Alu kaschierten PUR Platten.

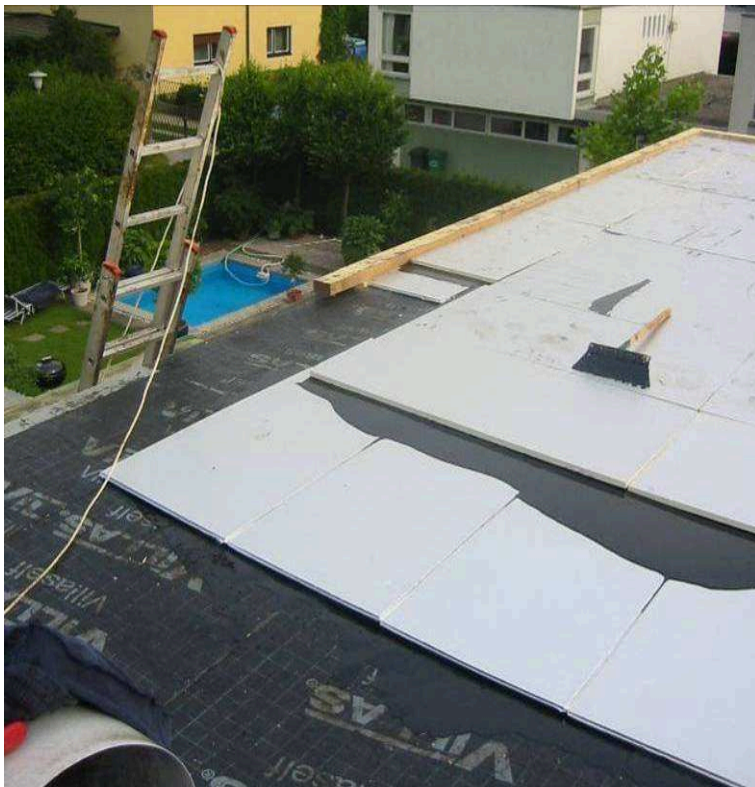


Bild 25: Der neue Dachaufbau

Auf diesem Bild erkennt man sehr gut die homogenen Schichten, die zusammen ein sehr kompaktes, hochwärmedämmendes und dichtes Dach ergeben.

3.4. Die Sanierung der Terrasse



Bild 26: Die bestehende Terrasse

Terrasse war undicht, und wies lediglich 5cm Dämmung auf.

Aufgrund der Terrassentüre war es nicht möglich mehr Dämmung aufzubringen. Das stellt den klassischen Anwendungsfall für das VIP 3D Dachsystem dar.



Bild 27: Die Terrasse kurz vor dem Neuaufbau

Der Dachbelag samt Kies, Wärmedämmung und Dampfsperre wurde abgetragen und neu aufgebaut.

Auf dem bestehenden Gefällebeton wird ein bituminöser Voranstrich aufgebracht.

Darauf wird eine Dampfsperre aufgeklebt.



Bild 28: Die Terrasse mit der verlegten Wärmedämmung

Weiterentwicklung des 3D-Dachsystems:

Die erste Lage VIP wird nach wie vor mit reaktivem Bitumen eingeschlämmt. Bei der 2. Lage (meist PUR Platten) erfolgt die Verklebung nur mehr im Bereich der Stoßfugen.

Auf die oberste Dämmlage wurde eine bituminöse Kautschukbahn aufgebracht.

3.5. Fassade

3.5.1. Mechanisches Befestigungssystem



Bild 29: Der Schutz für die Vakuumdämmung

Dispersionskleber auf der EPS Platte.



Bild 30: Die EPS Platten werden aufgeklebt

Da auf Sondermaße der VIP verzichtet werden sollte sind in Teilbereichen VIP als zweite Lage (anstelle der PUR Lage) nötig. So wird eine durchgehende hochdämmende „Verpackung“ des Hauses gewährleistet. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden VIP mit einer Größe von 60/100 cm verwendet. Als Passmaße wurden VIP mit 25/50 cm verwendet. Die Fensterleibungen wurden aus wirtschaftlichen und ablauftechnischen Gründen mit konventionellen Dämmstoffen gedämmt. Als erster Arbeitsschritt wird als Schutzschicht und Haftgrund für die VIP eine 2 cm dicke EPS Schicht mittels Dispersionskleber an den vorhandenen Untergrund aufgeklebt.



Auf der Styroporschicht wird der Raster für die Dübelung erstellt. Anschließend werden die erforderlichen Bohrlöcher, unter Berücksichtigung des VIP-Rasters und der Cem-Board Platten ausgeführt.

Bild 31: Die Bohrungen für die Dübel



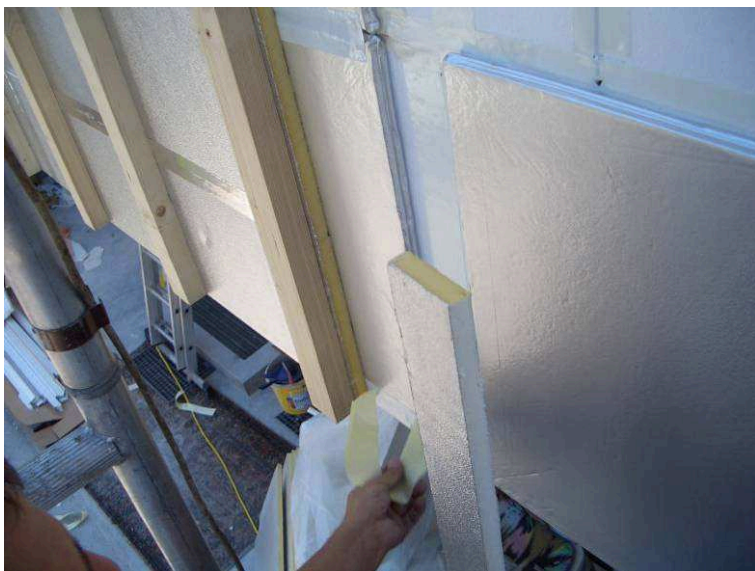
Mit doppelseitigem Klebeband wird sodann die Lage VIP auf die EPS-Lage aufgeklebt und die dabei entstehenden Fugen abgeklebt. Durch fertigungsbedingte Maßtoleranzen der VIP liegen die Fugengrößen zwischen 4-10 mm. Danach werden die Spezialdübel in das gebohrte Loch versenkt. Die Fugen zwischen den VIP und Dübeln werden dann an der Außenseite wieder mit doppelseitigem Klebeband abgeklebt.

Bild 32: luftdichtes Doppelklebeband



Die Dämmplatten werden im Stoßbereich durch ein Doppelklebeband luftdicht an den Untergrund angeschlossen, und bis zur endgültigen Montage der Montagelatte gehalten.

Bild 33: Die VIP wird „provisorisch“ befestigt



Das Passstück aus EPS wird in der 2. Lage über der Vakuumdämmung befestigt.

Bild 34: Das Passstück in der Ebene 2



Bild 35: Die Luftdichtheitsmasse

Im Bereich der Dübel wird mittels Luftdichtheitsmasse ein Luftabschluss hergestellt. Als letzte Schicht wird dann eine Lage PUR-Platten stoßversetzt zur VIP-Lage aufgeklebt.



Bild 36: Die PUR Platte wird aufgebracht

Deutlich erkennt man Vip in der 2. Lage in Bildmitte neben der Lattung.
Die Pur Platte wird in der 2. Lage im Bereich der VIP aufgebracht.



Bild 37: Nordfassade ohne Cem-Board Platten

Die Fugen werden mit einem alubeschichtetem Klebeband abgedeckt. Sind alle Fugen abgeklebt, werden die vorgebohrten Lattungen verdübelt. Sie stellen den tragfähigen Untergrund für die Cem-Board Platten dar.

In den Eck- und Fensterbereichen werden die Lattungen aufgedoppelt umso auch in diesen Bereichen einen Montageuntergrund für die Fassadenplatten zu erhalten. Allfällige horizontale Auflattungen werden mit kleineren Latten ausgeführt umso die Hinterlüftung der Konstruktion sicherzustellen



Bild 38: Nordfassade mit Cem-Board Platten

Montag der Cembordplatten an der Nordfassade.

Der Attikaabschluss wurde als letzte Maßnahme ausgeführt.

3.5.2. Capatect VIP Schienen-Befestigungs-System



Sockelschienenmontage mit richtiger Ausladung für VIP und PS Montagedämmplatte.

Bild 39: Die Schiene wird befestigt



PU Kleber auf VIP rückseitig, mittig und punktförmig auftragen. Klebekontaktfläche ca. 20%.

Bild 40: Die VIP wird mit PU Kleber fixiert



Die VIP wird in die Sockelschiene eingestellt und auf Untergrund angepresst.

Die EPS Platte (2. Lage) wird in die Sockelschiene gestellt.

Bild 41: Die VIP in der Sockelschiene



Bild 42: Die EPS Platte wird aufgebracht

PU Kleber auf EPS
Montagedämmplatte rückseitig,
mittig und punktförmig auftragen.
Klebekontaktfläche ca. 20%.
PS Platten ebenfalls in
Sockelschiene einstellen.



Bild 43: Schnitt Aufbau durch Capatect Schienensystem mit hinterlegter VIP

Die senkrechten Stöße mit den
Capatect Verbindungsstücken
zusammenfügen, in die
waagrechten Stöße die Capatect
Halteleisten einlegen.

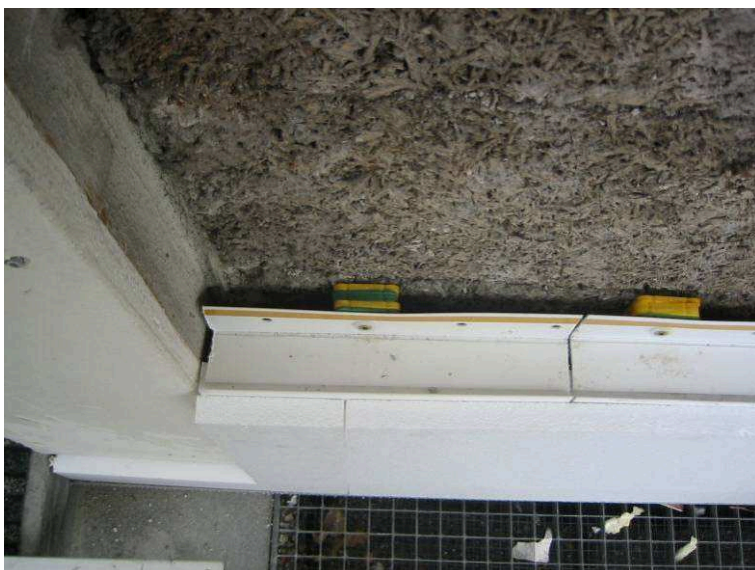


Bild 44: Ansicht Halteleisten

Die Halteleisten im Abstand von 30
cm mit zugelassenen Dübeln am
Untergrund befestigen.
Untergrundunebenheiten bis 3cm
können mit Capatect
Distanzstücken ausgeglichen
werden.



Bild 45: Teilansicht VIP – EPS Fassade

Die Dämmplatten inkl. VIP sind Reihe für Reihe zu befestigen und exakt in der Flucht auszurichten.



Bild 46: Die fertige Beschichtung

Die Beschichtung erfolgt wie bei herkömmlichen WDVS.
Beschichtete PS
Montagedämmplatte mit Capatect
Klebe- und Spachtelmasse 190 und
Glasgewebe Einlage.

3.5.3. Vakuumdämmung geklebt



Bild 47: Direkte Verklebung VIP am Untergrund mit 2cm PS Dämmplatten

1. Lage VIP am Untergrund vollflächig verklebt mit Capatect Rollkleber 615 (Dispersionskleber).
2. Lage 2cm PS Platte ebenfalls vollflächig verklebt auf VIP mit Capatect Rollkleber 615.



Bild 48: Verspachtelung

Armierter Unterputz mit Capatect Klebe- Und Spachtelmasse 190 und Glasgewebe- Einlage. Nennschichtdicke 3mm.



Fertig beschichtetes unverputztes Capatect Schienensystem mit VIP

Bild 49: Die verputzte Nordansicht



Im Bereich des Balkons Süd wurde ebenfalls aus Platzgründen VIP mit EPS verklebt und verputzt. Deutlich erkennbar, die dünnen Dämmschichten am Rand umlaufend.

Bild 50: Die verputzte Balkoninnenansicht

3.6. Die Balkonsanierung

Die Balkonplatte konnte nicht, bzw. nur unter großen finanziellen Aufwendungen vom Bestand thermisch entkoppelt werden. Zur Entschärfung dieser massiven Wärmebrücke im Balkonbereich wurde ursprünglich eine Balkonverglasung angestrebt. Aus Kostengründen entschied sich der Bauherr diesen auskragenden Bauteil ebenfalls mit Vakuumdämmung zu versehen.



Die Balkonkragplatte wurde im Bereich von ca. 80cm mit VIP, danach mit Alu kaschierten PUR Platten gedämmt. Diese Maßnahme wurde umlaufend ausgeführt.

Bild 51: Die VIP im Randbereich



Die oberste Lage Wärmedämmung, bevor die Abdichtungsbahn aufgebracht wird.

Bild 52: Anschlussdetail Balkon – Verglasung - Wand



Die Abdichtungsbahn wird aufgebracht.

Bild 53: Die Abdichtungsbahn auf dem Balkon

3.7. Die Sturzsanierung



Bild 54: Die VIP wird 2-lagig in die Oberlichte eingesetzt

Um dem gesamten Objekt eine ansprechende Südfassade zu geben wurde im Bereich des Fenstersturzes im Erdgeschoß ein innovativer Bauteil entworfen und ausgeführt. Die vor dem Sturz sitzende neue Fassadenkonstruktion wurde mit VIP hochgedämmt ausgeführt. Da mit den zur Verfügung stehenden VIP Maßen das Auslangen gefunden werden musste wurde die VIP zweilagig stoßversetzt ausgeführt. Alle Fugen (auch in den Eckbereichen) werden wieder mit doppelseitigen Klebebändern abgeklebt. Zuerst wird der zu dämmende Bereich mit einer selbstklebenden Dampfsperre ausgekleidet.



Bild 55: Die emaillierte Verglasung wird eingesetzt

Danach werden zwei Lagen VIP bzw. PUR-Platten stoßversetzt in die Oberlichte eingesetzt und abgeklebt. Abschließend wird das emaillierte Glas eingesetzt.

4. Die Ergebnisse und damit verbundene Schlussfolgerungen

4.1. Allgemeines



Bild 56: Die Südfassade wird komplettiert



Bild 57: Die Südfassade wird komplettiert

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden im Endbericht dargestellt.

5. Projektzusammenfassung

a) Ziele dieser Forschungsarbeit waren:

- 1) die Entwicklung eines praxistauglichen mechanischen Befestigungssystems für Vakuumdämmplatten.
- 2) die Entwicklung eines hoch dämmenden und dichten Dachsystems.

Beide Systeme können sowohl im Neubau als auch in der Sanierung unabhängig von der Gebäudegröße- und Form zum Einsatz kommen, und alle Arten der Fassaden- und Dachgestaltungen ermöglichen.

Das zum Patent angemeldete mechanische Befestigungssystem ermöglicht erstmalig Vakuumisulationspaneele (VIP) 2- lagig mechanisch an Bauteiloberflächen zu befestigen und mit einer beliebigen Fassade (Putz, Metall, Holz, etc.) zu versehen. Durch die spezielle erfindungsgemäße Anordnung der einzelnen Hochleistungsdämmplatten wurde der bauphysikalische Nachweis erbracht, dass unter Einbeziehung und Schaffung von stehenden Luftschichten im Plattenzwischenraum (abgeklebte Luftzwischenräume) die mittleren Wärmedurchgangswerte nur unwesentlich schlechter sind, als bei einer geklebten Konstruktion mit all den sich daraus ergebenden Nachteilen in der Baupraxis (geringe Scherfestigkeit des Folienverbundes, nicht mehr recycelbar und austauschbar, etc.).

Um die Praxistauglichkeit der Vakuumdämmung noch weiter zu erhöhen wurde eine Mischbauweise aus VIP und marktüblichen Alu kaschierten PUR- Platten entwickelt. Sämtliche Passstücke werden aus diesem herkömmlichen Dämmstoff hergestellt und in der 2. Ebene mit Vakuumisulationspaneelen überdeckt. Die Wärmebrücken werden dadurch gezielt entschärft. Diese Maßnahme reduziert die Kosten und vereinfacht das Handling (Entfall von Sonderformaten und Passstücken bei den VIP) auf der Baustelle. Mit deutlich unter 5 verschiedenen großen VIP Platten können 90% aller Anwendungsfälle im Hochbau abgedeckt werden. Gesamtdämmstoffdicken von 5 cm ermöglichen U- Werte von 0,15 W/m²K bei nur 20 cm gesamter Bauteildicke (anstatt bisher üblichen 60 cm).

b) Innovative Aspekte des Projektes:

Beim Bauvorhaben Andre in der Baumbichlstrasse in Salzburg kamen ausnahmslos innovative Technologien, wie z.B. mechanisch befestigte Vakuumisulationspaneele, ein dünnes hoch dämmendes und dichtes „3D- Dachsystem“, hoch wärmedämmende Verglasungen sowie eine thermische Solaranlage zur Heizungsunterstützung, zum Einsatz.

c) Kosten – Nutzen Darstellung:

Vergleichsrechnungen mit herkömmlichen Wandaufbauten bei einem 230 m² großen Einfamilienhaus haben ergeben, dass die Kombination aus VIP und Alu kaschierten PUR- Platten, unter Berücksichtigung des Nutzflächengewinnes die mit Abstand wirtschaftlichste Lösung darstellt. In Verbindung mit dem 3D Dach-system (reaktive 2- Komponenten Bitumenmasse kombiniert mit VIP) ist es nunmehr möglich das gesamte Bauwerk mit Hochleistungswärmedämmstoffen rationell zu dämmen.

Die rechnerische Lebensdauer von Vakuumisulationspaneelen liegt bei ca. 50 Jahren. Mit der mechanischen Befestigung, einfacheren Verarbeitung und jederzeitigen Wartungsmöglichkeit der Dämmebene wird sich die Akzeptanz der Vakuumdämmung im Neubau, als auch in der Sanierung entscheidend erhöhen.

d) Multiplikatorwirkung:

Mit der Vorstellung dieser beiden Ideen wurde gezeigt, dass in dem System noch sehr viel Potenzial vor allem im Bereich der Gestaltung steckt. Noch zahlreiche interessante Ideen für die Anwendung des Systems im Speziellen und die Anwendung von VIP im Allgemeinen können gefunden werden.

Den Planer zum kreativen Einsatz dieses Systems in einem kompletten Bausystem zu motivieren und neue Wege für den architektonischen Entwurf von Niedrigstenergiebauten zu ebnen, sollen hier abschließend als sehr wichtige Aspekte dieser Arbeit noch einmal betont

werden.

Sämtliche oben angeführte Systemvorteile können auf beliebigen Bauteiloberflächen in gering modifizierter Form angewendet werden. Die größten Chancen im Bereich der Sanierung liegen beim 3D Dachsystem. Bei punktueller Sanierung von thermischen Schwachstellen an der Fassade wird das mechanische Befestigungssystem sofort Verwendung finden.

Architekturbüros, Verarbeiter und Hersteller aus Österreich, Italien, der Schweiz und Deutschland haben bereits ihr großes Interesse an dieser innovativen Technologie gezeigt.

Ausblick

Diese Entwicklung entspricht im Vergleich zum heutigen Standard in Österreich den hohen ökologischen und energetischen Anforderungen. Die Anwendung der mechanischen Befestigungs- Systeme für Vakuumisulationspaneele in der Sanierung, hat aufgrund der innovativen Aspekte Vorbildcharakter. Mit dieser neuen Dämmtechnologie können Sanierungen auch an bisher sensiblen Außenbauteilen durchgeführt werden. Durch den schlanken Dämmungsaufbau ist es erstmals möglich einen hohen Komfort in Hinblick auf Wohn- und Arbeitsqualität gewährleisten zu können. Das gesamte System ist weiters sortenrein zu trennen und auch auf die Funktionsfähigkeit hin jederzeit überprüfbar.

6. Bauteilaufbauten

Wandaufbau mit Cem-Board Platten von innen nach außen (v.i.n.a.):

ca. 30 cm bestehendes Mauerwerk inkl. Putz
2 cm Styropor mit Dispersionskleber verklebt
2 cm VIP
2 cm alukaschierte PUR-Platten
4/6 cm Holzlattung mit Ejot-Dübel an Mauerwerk gedübelt
0,8 cm Cem-Board Fassadenplatten hinterlüftet
alle Fugen werden mit Klebebändern bzw. mit Luftdichtheitsmasse abgeklebt

Wandaufbau verputzt, Schienensystem Synthesa (v.i.n.a.):

ca. 30 cm bestehendes Mauerwerk inkl. Putz
2 cm VIP in Schienen verlegt
4 cm Styropor in Schienen gehalten
0,5 cm Spachtelung lt. Systemhersteller
0,3 cm Mineralischer Putz

Wandaufbau verputzt, System Synthesa verklebt (v.i.n.a.):

ca. 30 cm bestehendes Mauerwerk inkl. Putz
2 cm Styropor verklebt
2 cm VIP verklebt
2 cm Styropor verklebt
0,5 cm Spachtelung lt. Systemhersteller
0,3 cm Mineralischer Putz

Dachaufbau (v.i.n.a.):

ca. 30 cm bestehende Stahlbetondecke
- bituminöser Voranstrich
- Dampfsperre selbstklebend
4 cm 3-d Dachsystem
- Elastomer-Bitumenbahn
- Polymer-Bitumenbahn beschiefert
5 cm Bekiesung

Fensteroberlichte gedämmt (v.i.n.a.):

ca. 30 cm bestehender Betonsturz inkl. Putz
- Dampfsperre selbstklebend
2 cm VIP
2 cm alukaschierte PUR-Platten
2 cm Luftschichte
0,5 cm Einfachverglasung emailliert und luftdicht verklebt

7. Die Pläne



LEGENDE:

- Abbruch
- Neue Fenster/Türen
- Grundgrenze
- Bestand
- Sanierung/Neubau

Heizungs - Lüftungs - Sanitärprojekt lt. Angabe Projektant
 Elektroprojekt lt. Angabe Projektant
 Statikprojekt lt. Angabe Tragwerksplaner

BVH:	BAUMBICHLSTR. 56		
Stand:	LAGEPLAN		
Bauteil:			
Inhalt:	Änderungen	Datum:	
Erreicht:	rei	Datum:	5.7.05
Maßstab:	1:500	PHR:	0511
Lage:		Index:	

Gruppe Blitzblau Austria
Essl.Ferle.OEG

5311 Lobsch - Mollnsee Au 17
 Tel: 0689 - 133 9140 - Fax: 06232 - 9722-18
 anfragen@blitzblau.at - www.blitzblau.at

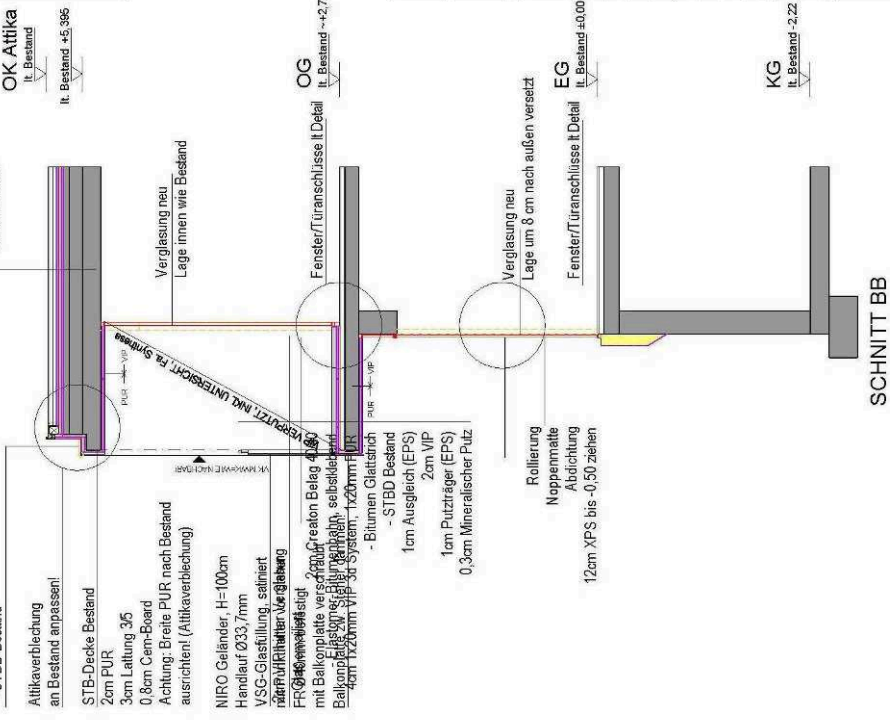
Regelquerschnitt Dübelssystem OG:

Dübel mit Luftdichtheitskleber verkleben!

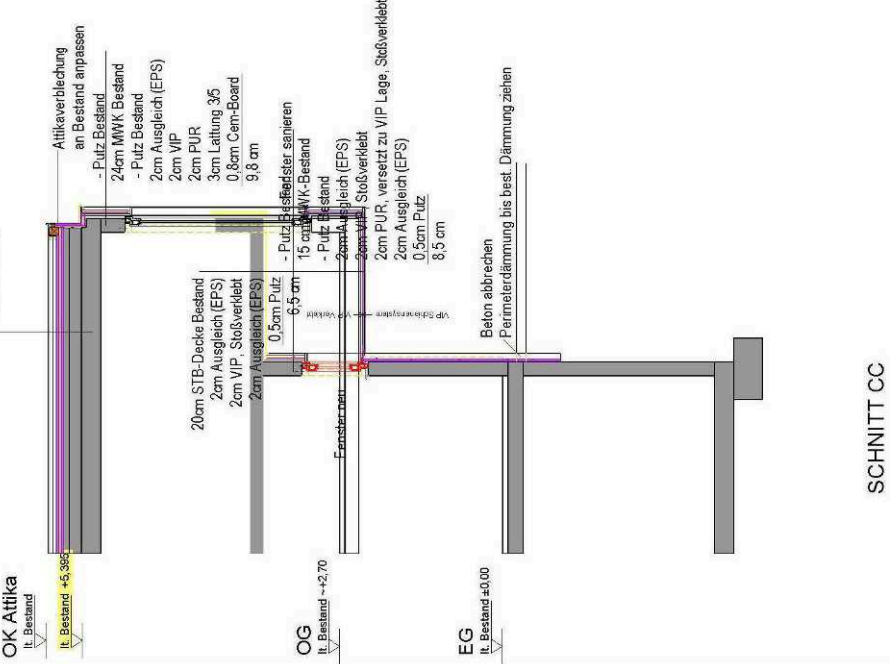
- Putz Bestand
- 24cm MWK Bestand
- Putz Bestand
- 2cm Ausgleich (EPS)
- Doppelseitiges Klebeband
- 2cm VIP
- Doppelseitiges Klebeband
- 2cm PUR
- Alukaschiertes Klebeband
- 3cm Lattung 3/5
- 0,8cm Cem-Board
- 9,8 cm



- Bekiesung
 - Polymer-Bitumenbahn beschiefert
 - Elastomer-Bitumenbahn, selbstklebend
 - 2cm PUR
 - 4cm 1x20mm VIP 3d System, 1x20mm PUR
 - Dampfsperre, selbstklebend
 - Bituminöser Voranstrich
 - STBD Bestand
- OK Attika
lt. Bestand
It. Bestand +5,385



- Bekiesung
 - Polymer-Bitumenbahn beschiefert
 - Elastomer-Bitumenbahn, selbstklebend
 - 2cm PUR
 - 4cm 1x20mm VIP 3d System, 1x20mm PUR
 - Dampfsperre, selbstklebend
 - Bituminöser Voranstrich
 - STBD Bestand
- OK Attika
lt. Bestand
It. Bestand +5,385



BVH:	BAUMBICHLSTR. 56		
Stand:	SCHNITTE BB UND CC		
Bauteil:	Dübel		
Prose:	Änderungen		
reife:	05.08.05	Datum:	05.08.05
Maßstab:	1:50	Prose:	0513
Ursprung:	Index		

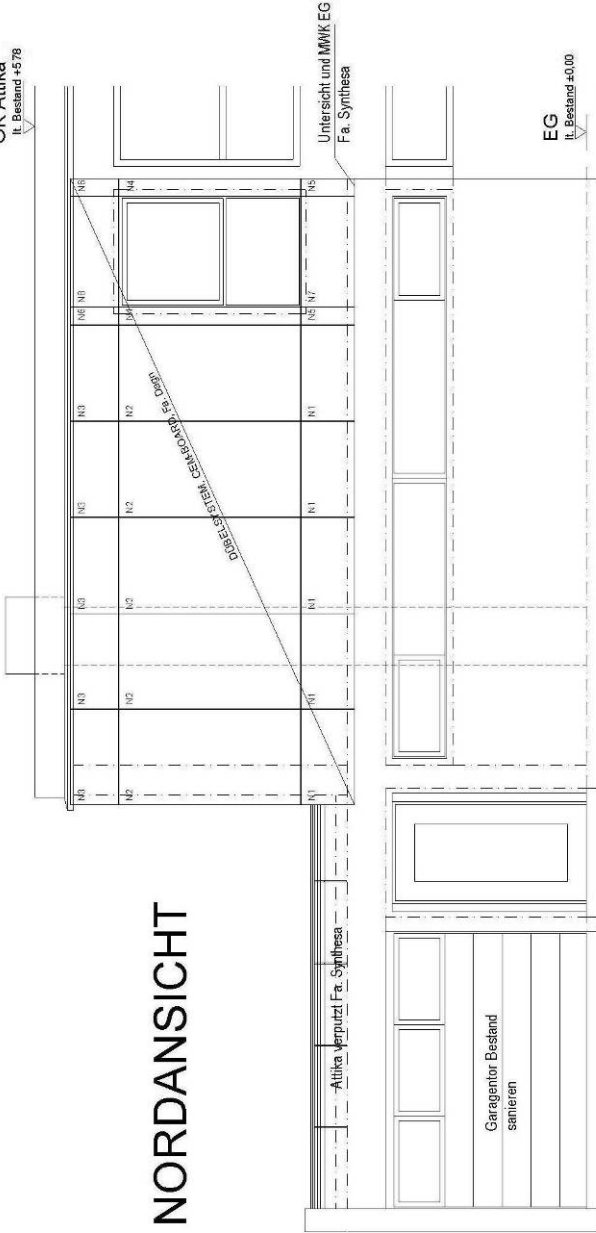
Gruppe Blitzblau Austria
Essl.Ferle.OEG

5311 Laßau - Moosb. Au. 17
Tel: 0682 - 1133 9140 - Fax: 0682 - 9722-18
mailto:entwerfer@blitzblau.at - www.blitzblau.at

SÜDANSICHT

OK Attika
lt. Bestand #578

Positr	Größe	Anzahl
S1	54x90	1
Flugabwehr Oben:		
Positr	Größe	Anzahl
S2	54x90	1
Flugabwehr Unten:		
Positr	Größe	Anzahl
S3	54x90	3
Flugabwehr Oben:		
Positr	Größe	Anzahl
S4	147x90	4
Flugabwehr Unten:		
Positr	Größe	Anzahl
S5	221x90	1
Flugabwehr West:		
Positr	Größe	Anzahl
S6	221x90	1
Flugabwehr Ost:		
Positr	Größe	Anzahl
S7	102,5x90	3



NORDANSICHT

LEGENDE:

- CEM-Board Platten
- Abbruch
- Bestand
- Neue Fenster/Türen
- Wärmedämmung

NATURMASSE NEHMEN!
Heizungs- Lüftungs- Sanitärprojekt lt. Angabe Projektant
Elektroprojekt lt. Angabe Projektant
Stalkprojekt lt. Angabe Tragwerksplaner

BYH: **BAUMBICHLSTR. 56**

Stand: **PLAN CEM-BOARD PLATTEN**

Bauteil: **NORD-ANSICHT**

Inhalt:	Änderungen	Datum:

Erweit.: **rei** Datum: **05.10.05** Planung:
Maßstab: **1:50** PNR: **0516** Index:

Lage:

Gruppe Blitzblau Austria
Essl.Ferle.OEG

5311 Laabach - Mollnsee Au 17
Tel: 0689 - 1133 9140 - Fax: 06823 - 9722-18
mailto:anfragen@blitzblau.at - www.blitzblau.at

Positr	Größe	Anzahl	Positr	Größe	Anzahl
N1	1020x90	5	N2	184x90	2
N2	1021x90	5	N3	184x90	2
N3	1020x90	5	N4	184x90	2
N4	1020x90	5	N5	184x90	2
N5	1020x90	5	N6	184x90	2
N6	1020x90	5	N7	184x90	2
N7	1020x90	5	N8	184x90	2
N8	1020x90	5	N9	184x90	2
N9	1020x90	5	N10	184x90	2
N10	1020x90	5	N11	184x90	2
N11	1020x90	5	N12	184x90	2
N12	1020x90	5	N13	184x90	2
N13	1020x90	5	N14	184x90	2
N14	1020x90	5	N15	184x90	2
N15	1020x90	5	N16	184x90	2
N16	1020x90	5	N17	184x90	2
N17	1020x90	5	N18	184x90	2
N18	1020x90	5	N19	184x90	2
N19	1020x90	5	N20	184x90	2
N20	1020x90	5	N21	184x90	2
N21	1020x90	5	N22	184x90	2
N22	1020x90	5	N23	184x90	2
N23	1020x90	5	N24	184x90	2
N24	1020x90	5	N25	184x90	2
N25	1020x90	5	N26	184x90	2
N26	1020x90	5	N27	184x90	2
N27	1020x90	5	N28	184x90	2
N28	1020x90	5	N29	184x90	2
N29	1020x90	5	N30	184x90	2
N30	1020x90	5	N31	184x90	2
N31	1020x90	5	N32	184x90	2
N32	1020x90	5	N33	184x90	2
N33	1020x90	5	N34	184x90	2
N34	1020x90	5	N35	184x90	2
N35	1020x90	5	N36	184x90	2
N36	1020x90	5	N37	184x90	2
N37	1020x90	5	N38	184x90	2
N38	1020x90	5	N39	184x90	2
N39	1020x90	5	N40	184x90	2
N40	1020x90	5	N41	184x90	2
N41	1020x90	5	N42	184x90	2
N42	1020x90	5	N43	184x90	2
N43	1020x90	5	N44	184x90	2
N44	1020x90	5	N45	184x90	2
N45	1020x90	5	N46	184x90	2
N46	1020x90	5	N47	184x90	2
N47	1020x90	5	N48	184x90	2
N48	1020x90	5	N49	184x90	2
N49	1020x90	5	N50	184x90	2
N50	1020x90	5	N51	184x90	2
N51	1020x90	5	N52	184x90	2
N52	1020x90	5	N53	184x90	2
N53	1020x90	5	N54	184x90	2
N54	1020x90	5	N55	184x90	2
N55	1020x90	5	N56	184x90	2
N56	1020x90	5	N57	184x90	2
N57	1020x90	5	N58	184x90	2
N58	1020x90	5	N59	184x90	2
N59	1020x90	5	N60	184x90	2
N60	1020x90	5	N61	184x90	2
N61	1020x90	5	N62	184x90	2
N62	1020x90	5	N63	184x90	2
N63	1020x90	5	N64	184x90	2
N64	1020x90	5	N65	184x90	2
N65	1020x90	5	N66	184x90	2
N66	1020x90	5	N67	184x90	2
N67	1020x90	5	N68	184x90	2
N68	1020x90	5	N69	184x90	2
N69	1020x90	5	N70	184x90	2
N70	1020x90	5	N71	184x90	2
N71	1020x90	5	N72	184x90	2
N72	1020x90	5	N73	184x90	2
N73	1020x90	5	N74	184x90	2
N74	1020x90	5	N75	184x90	2
N75	1020x90	5	N76	184x90	2
N76	1020x90	5	N77	184x90	2
N77	1020x90	5	N78	184x90	2
N78	1020x90	5	N79	184x90	2
N79	1020x90	5	N80	184x90	2
N80	1020x90	5	N81	184x90	2
N81	1020x90	5	N82	184x90	2
N82	1020x90	5	N83	184x90	2
N83	1020x90	5	N84	184x90	2
N84	1020x90	5	N85	184x90	2
N85	1020x90	5	N86	184x90	2
N86	1020x90	5	N87	184x90	2
N87	1020x90	5	N88	184x90	2
N88	1020x90	5	N89	184x90	2
N89	1020x90	5	N90	184x90	2
N90	1020x90	5	N91	184x90	2
N91	1020x90	5	N92	184x90	2
N92	1020x90	5	N93	184x90	2
N93	1020x90	5	N94	184x90	2
N94	1020x90	5	N95	184x90	2
N95	1020x90	5	N96	184x90	2
N96	1020x90	5	N97	184x90	2
N97	1020x90	5	N98	184x90	2
N98	1020x90	5	N99	184x90	2
N99	1020x90	5	N100	184x90	2

Bauzeitplan BV Familie Andre, Baumlichstr. 56, 5026 Salzburg

5.8.2005

Pos.	Bezeichnung	Ausführender	25. Jul	1. Aug	8. Aug	15. Aug	22. Aug. 05	29. Aug. 05	5. Sep. 05	12. Sep. 05	19. Sep. 05	26. Sep. 05
1	Abbruch Dach Haupthaus	Dagn										
2	Dach Haupthaus neu	Dagn										
3	Test Dübel	Dagn, GBA	■									
4	Abbruch Fassade Ost und Nord, Erd- und Obergeschoss	Dagn					■	■				
5	Sanierung Fassade Ost und West, Obergeschoss	Dagn					■	■				
6	Abbruch Dach Nebenhaus	Bauherr/Dagn							■	■		
7	Abbruch Vordächer	Bauherr/Dagn							■	■		
8	Dach Nebenhaus neu	Dagn							■	■		
9	Staubwand EG+OG südseitig	Glas&Rahmen				■						
10	Abbruch Glasfassade Süd, EG+OG	Glas&Rahmen				■						
11	Glasfassade, EG+OG	Glas&Rahmen				■						
12	Wasser südseitig abklemmen, Heizkörper abschließen	Installateur, Bauherr				■						
13	VIP in Glasprofile EG	Dagn/Glas&Rahmen				■						
14	Abbruch Kunststofffenster	Schafelthner				■						
15	Holz-Alu Fenster neu	Schafelthner					■					
16	Fensterbänke aussen OG	Schafelthner						■				
17	Fensterbänke aussen EG	Schafelthner							■			
18	Fensterbänke innen	Schafelthner								■		
19	Hauseingangstüre	Schafelthner									■	
20	Garagentor sanieren	Bauherr										■
21	Balkongeländer Abbruch	Deubler/Bauherr										
22	Balkongeländer neu	Deubler										
23	Seitenwand und Untersicht Balkon OG	Synthesa										
24	Untersicht Balkon EG	Synthesa										
25	Wand südseitig (Attikabereich bei Küche)	Synthesa										
26	Wand und Untersicht nordseitig, EG	Synthesa										
27	Perimeterdämmung südseitig	Synthesa										
28	Belag Balkon OG	Dagn										
29	Erarbeiten südseitig, Aushub	Bauherr										
30	Erarbeiten südseitig, Hinterfüllen	Bauherr										
31	Endmontage Glasfassade	Glas&Rahmen										
32	Fundament Überdachung Süd	Bauherr										
33	Konsolen Überdachung Süd	Deubler										
34	Überdachung Süd	Deubler										
35	Konsolen Überdachung Nord	Deubler										
36	Vordach Nord	Deubler										
37	Heizung/Solar											
38	Innendämmung Garage	Dagn										
39	Fassade Cem-Board	Dagn										

8. Verzeichnisse

8.1. Literaturverzeichnis

ALT.BAU.NEU, FTE- Strategie für die Althausanierung, Klemens Leutgöb, Walter Hüttler, Herbert Greisberger, Wien 2001

Bmvit- Studie (Stieldorf, Juri, Haider, König, Unzeitig, alle TU Wien: Analyse des NutzerInnenverhaltens in Gebäuden mit Pilot- und Demonstrationscharakter, Wien August 2001

NÖ Landesakademie , Hsg: Gerhard Bonelli, Ökologie der Althausanierung, NÖ Nov. 1998, ISBN 3-901967-02-8

Schulze Darup, B.: Bauökologie. Wiesbaden: Bauverl., 1996; ISBN 3-7625-3301-6; 5. 97ff.

Härig, S.; Günther, K.; Klausen, D.: Technologie der Baustoffe. Heidelberg Müller, 1994; 12., völlig überarb. Aufl.; ISBN 3-7880-7495-7.

Karsten, R.: Bauchemie. Heidelberg: Müller, 1989; 8. Aufl.

Zwiener, G.: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Heidelberg: Müller, 1994; ISBN 3-7880-7497-3.

Zwiener, G.: Handbuch Gebäude-Schadstoffe für Architekten, Sachverständige und Behörden. Köln: Müller, 1997; ISBN 3-481-01176-8.

Schulze Darup, B.: Bauökologie. Wiesbaden: Bauverl., 1996; ISBN 3-7625-3301-6.

Schulze Darup, B.: Ökologische Bewertung von Passivhäusern. In: Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.): 4. Passivhaustagung. Kassel, 10—11. März 2000. Tagungsband. 2000; S. 546.

Schulze Darup, B.: Optimierung von Niedrigenergiehäusern zu Passivhäusern beim kostengünstigen Bauen. In: Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.): 2. Passivhaus-Tagung. Düsseldorf, 27.—28. Febr. 1998. Tagungsband. 1998; S. 181.

Feist, W. (Hrsg.): Das Niedrigenergiehaus. Heidelberg: Müller, 1998; 5., durchges. Aufl.; ISBN 3-7880-7638-0; 5. 85.

Berechnungen nach DIN EN 832: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung des Heizenergiebedarfs; Wohngebäude. 1998.

Passivhaus Institut Darmstadt (Hrsg.): Passivhaus Projektierungs- Paket 2002. Jan.2002; Fachinformation PHI-2002/1.

Vgl. Passivhaus Institut Darmstadt; Internet: <http://www.passiv.de>.

Feist, W.: Stellungnahme zur Vornorm DIN V 4108-6:2001 aus Sicht der Passivhausentwicklung.

Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.). Juli2001; CEPHEUS- Projektinformation. Nr. 39. Passivhaus. 1994; S. 27ff.

Jungnickel, F.; Münzenberg, U.; Schulze Darup, B. u. a.: Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotenziale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. -gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Projektpartner: LGA, EAM,

AnBUS, Schulze- Darup. 2002.

Zimmermann, M.: Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA), Zürich (Hrsg.). 1986; SIA- Dokumentation, D 010.

Herstellerliste von Passivhausgeeigneten Komponenten: <http://www.passivhausinfo.de>.

Übersichtstabelle hochwärmegedämmte Fenster. In: EB Energieeffizientes Bauen. Jg. 2 (2001), H. 2, S. 93-95.

Gertis, K. u. a.: Untersuchungen zur TWD. Fraunhofer- Institut für Bauphysik (IBP), Stuttgart (Hrsg.). 2000.

Berechnung nach DIN EN ISO 10211-2: Wärmebrücken im Hochbau — Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen. Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken, 2001.

Hauser, G.; Stiegel, H.: Wärmebrückenatlas für den Mauerwerksbau. Wiesbaden: Bauverl., 1996; ISBN 3-7625-3324-5.

Bolender, T.; Eicke-Hennig, W.: Luftdichtheit der Gebäudehülle. IMPULS- Programm Hessen, Darmstadt (Hrsg.). 2001.

Zeller, J.: Luftdichtigkeit von Wohngebäuden. RWE Essen AG (Hrsg.). 1996 [33] Pohl u. a.: Synergie Haus, Luftdicht - Prima- Klima- Programm. Preußen Elektra, Hannover (Hrsg.). 1997.

Grundlagen: [34] und Feist, W.: Wärmerückgewinnungsgerät- Zertifizierungskriterien für Passivhaus geeignete Komponenten. Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.).

Europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte e. V., Dortmund (Hrsg.): Liste für Wohnungslüftungsgeräte mit und ohne Wärmerückgewinnung. Sechstes Bulletin Wohnungslüftungsgeräte. 2001; Internet: <http://www.TZWL.de>.

Werner, J.: Grundlagen der Wohnungslüftung im Passivhaus. -In: Passivhaus Institut, Darmstadt. Arbeitskreis kostengünstiger Passivhäuser (Hrsg.): Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern. 1999; Protokollband. Nr. 17; S. 25- 54.

Projektierungsprogramme von mehreren Herstellern: DIMvent, Fa. Lindab, Bargtheide; Lüftungsprojektierung Fa. Westaflev, Gütersloh.

Passivhaus Institut, Darmstadt. Arbeitskreis kostengünstiger Passivhäuser (Hrsg.): Nutzerverhalten. 1997; Protokollband. Nr. 9.

Arbeitsgruppe 6 „Wohnerfahrungen“. In: Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.): 4. Passivhaustagung Tagungsband. 2000; S.429ff.

Haase, W.: Erfolgreiche Sanierung eines Wohnblocks — 95% CO₂-Einsparung. In: EZA Symposium Kaufbeuren 2001.

Feist, W.: Varianten für die Wärmeversorgung von Passivhäusern im Vergleich. In: Passivhaus Institut Darmstadt. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser (Hrsg.): Passivhaus-Versorgungstechnik. 2000; Protokollband. Nr. 20; S. 91ff

Fachinformationszentrum Karlsruhe, Büro Bonn (Hrsg.): Selektive Absorberbeschichtungen in Solarkollektoren. 1999; BINE Projektinfo. Nr. 5/99.

Öko: Test GmbH, Frankfurt am Main (Hrsg.): Test Sonnenkollektoren. In: Ökotest. Sonderheft Bauen, Wohnen, Renovieren. (1995), Sonderheft Nr. 16; S. 56ff

Informationen im Internet: <http://www.bund.net>.

Informationen zu Stromspargeräten: BUNDLaden, Tel.: 0228/464271.

Werner, J.: Stromeinsparung bei der Lüftungs- und Pumpentechnik. In: Passivhaus Institut, Darmstadt. Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser (Hrsg.): Stromsparen im Passivhaus. 1997; Protokollband. Nr. 7; 5. IV/1—1V20. Weitere Informationen bei Energieversorgern und Energieberatungsstellen.

Siehe [1] S.376ff. Excel-Rechenblatt zur Ermittlung des Stromverbrauchs. In: [4].

Fachinformationszentrum Karlsruhe, Büro Bonn (Hrsg.): Photovoltaik. 1999; Bildung & Energie. Nr. 3.

Schulze Darup B.: Optimierung von Niedrigenergiehäusern zu Passivhäusern beim kostengünstigen Bauen. In: Passivhaus Institut, Darmstadt (Hrsg.): 2. Passivhaustagung. Düsseldorf 27.—28. Febr. 1998. Tagungsband. 1998; S. 181—190.