VARIOTEC

Abschlussbericht zum Verbundprojekt

„Entwicklung von vakuumgedämmten Verbundfertigteilen im Passivhausstandard und deren Anwendung in einem Prototypen“

Förderkennzeichen: 0327321D

Laufzeit: 01.05.2003 – 30.04.2007

vorgelegt von:

VARIOTEC Sandwichelemente GmbH & Co. KG
Weißmarterstraße 3-5
D-92318 Neumarkt i. d. Opf.

Projektleiter:
Christof Stölzel

I Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung
2. Voraussetzungen des Vorhabens
3. Planung und Ablauf
4. Wissenschaftlicher und technischer Stand
4.1 Technische Analyse zu VIP-Produkten und Märkten
4.2 Umsetzungen im Baubereich
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

II Gesamtdarstellung

1. Ergebnis

1.1 VIP-Grundelement
1.1.1. VIP-QASA-Element
1.1.2. Durchdringungen
1.1.3. Fertigungsschritte
1.2. Entwicklung von Verbund-Sandwichelementen
1.2.1. Perimeterdämmung unter der Bodenplatte
1.2.2. Außenwände
1.2.2.1. Typ 330
1.2.2.2. Typ 270
1.2.2.3. Typ 150/1
1.2.2.4. Typ 150/2
1.2.2.5. Typ 150/3
1.2.3. Sattel- und Flachdach
1.3. Demohaus in Voggenthal
1.3.1. Planungsschritte
1.3.2. Topografie, Zonierung und Simulation des Gebäudes
1.3.3. Ansprüche an Gebäudefunktion und Nutzen
1.3.4. Definition der Haustechnik
1.3.4.1. Phasenwechselmaterialien
1.3.4.2. Lüftungsanlage
1.3.4.3. Photovoltaikanlage
1.3.4.4. Solarthermische Anlage
1.3.4.5. Pufferspeicher
1.3.4.6. Heiz- und Kühlsystem
1.3.4.7. Warmwasser
1.3.4.8. Wasser/Wasser-Wärmepumpe
1.3.4.9. Passives Heiz- und Kühlsystem
1.3.5. Integration der Messtechnik
1.3.6. Detailergebnisse
1.3.6.1. Wärmebrücken
1.3.6.2. Heizwärme nach PHPP
1.3.6.3. Optimierungen der haustechnischen Anlagen
1.3.6.4. Sommerlicher Wärmeschutz
1.3.7. Messauswertungen
1.3.7.1. Thermografie-Aufnahmen
1.3.7.2. Blower-Door-Messung
1.3.7.3. Bewertung des Gebäudes und der Haustechnik

1.3.7.3.1. Wandtemperaturen und Tauwasserrisiko
1.3.7.3.2. Behaglichkeit und Luftqualität
1.3.7.3.3. Heizenergie
1.3.7.3.4. Photovoltaikanlage
1.3.7.3.5. Elektrische Energiebilanz
1.3.7.3.6. Wärmebilanz

2. Verwertungsmöglichkeiten

2.1 Marktsituation VIP 2003 - 2005
2.2 Analyse möglicher VIP-Einsatzpotentiale
2.2.1 VARIOTEC-Untersuchung über Passivhaus-Bauwillige und tatsächlichem Realisierungsgrad
2.3 Ermittlung und Detaillierung von VIP-prädestinierten Einsatzbereichen im Bauwesen
2.4 Entwicklung eines Produkt-Konzeptes
2.5 Bildung von VIP-Qasa-Produktfamilien
2.6 VIP und Wirtschaftlichkeitsgrenzen
2.7 Entwicklung einer Vertriebsstrategie
2.8 Ausarbeitung und Einsatzplanung für VIP`s in Neubau und Sanierung
2.9 Marketing-Planung für VIP-Qasa-Bauelemente
2.10 Umsetzung und Markteinführung

3. Ergebnisse Dritter

3.1 Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (FIW)
3.1.1 Wärmebrückeneffekte bei VIP`s
3.1.2 Wärmebrückeneffekt eines Glasfaserankers
3.1.3 Zulassungsprüfung gemäß Prüfplan DIBt
3.2 LGA – Zweigstelle Würzburg – Prüfamt für Baustatik

4. Veröffentlichungen

4.1 Erstellung von Werkberichten, VIP-Qasa-Infobroschüren, Planungshilfsmitteln und Einbauanleitungen
4.2 Umfangreiche Pressearbeit mit 12 verschiedenen redaktionellen Beiträgen
4.3 Planung und Durchführung von VARIOTEC-Architekten- und Innovationstagen
4.4 Ausarbeitung von Vorträgen und Platzierung auf nationalen / internationalen Foren, Veranstaltungen, Messebegleitenden Symposien usw.
4.5 Teilnahme mit VIP-Produkten an nationalen / internationalen Messen und Ausstellungen

III. Erfolgskontrollbericht (Seite 41-51)

IV. Berichtsblatt (Anlage)

I Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Nach Fertigstellung der ersten Versuchsgebäude in Passivhausqualität im Jahre 1996 konnten diese energetisch hocheffizienten Häuser jedes Jahr mit beachtlichen Steigerungsraten bei den gebauten Häusern aufwarten. Trotzdem führen auf dem bundesdeutschen Gesamthausmarkt die Passivhäuser noch ein Nischendasein. Dieses liegt zum Teil an folgenden Gründen:

- Passivhäuser gelten als „teuer“
- Dicke Dämmungen und tiefe Fensterleibungen rufen bei vielen Hauskäufern Unbehagen hervor
- Architektonisch gelten diese Häuser aufgrund der technischen Anforderungen an geringes A/V-Verhältnis, konsequente Südausrichtung, möglichst Pultdach, etc. als „Schuhschachteln“.
- Einheitliche Raumtemperaturen (Komforteinschränkung)
- Sommerliches Überhitzungsrisiko (wenn Nachtlüftung unwirksam)
- Sehr viele Architekten (Untersuchung VARIOTEC) bringen potentielle Kunden von ihrem Passivhausziel ab.

Um diese bei der Masse der Architekten, bzw. Hauskäufer, vorhandenen Akzeptanzprobleme zu überwinden und die auch von der Bundesregierung geforderten Schritte zur konsequenten Energieeinsparung, sowie Reduzierung des Flächenverbrauches, gerade auch im Wohnungsbau, zu erreichen, wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens auf Basis von hochwärmedämmenden Vakuumisolationspaneelen (VIP) verschiedene Verbundelemente entwickelt. Diese sind modular aufgebaut und ermöglichen neben der hochwärmedämmenden Wirkung bei normalen Wanddicken in Serienfertigung, auch eine kosten-günstige Herstellung und einen deutlichen Innenraumgewinn.
Diese Verbundelemente wurden eingesetzt, um eine bauphysikalisch optimale Baukonstruktion zur Errichtung eines Demonstrationsobjektes im Passivhaus-Standard zu erreichen.

Die Langzeitbeständigkeit der Elemente und die Wirkung der Systemintegration wurden im Rahmen eines wissenschaftlichen Begleitprogramms detailliert untersucht. Eine weitere Reduzierung der CO_2-Emissionen wurde durch die Wahl innovativer Systeme zur Deckung des Restwärmebedarfes und durch Einsatz stromeffizienter Anlagentechnik erreicht. Behaglichkeits- und Komfortsteigerungen wurden durch thermisch und lichttechnisch optimierte Systeme erreicht.

2. Voraussetzungen des Vorhabens

Die bestehenden Passivhaus-Einschränkungen sollen durch die Entwicklung von neuartigen Verbundelementen + Klimaführung aufgehoben werden. Basis bildet dazu das hochwärmedämmende Vakuumisolationspaneel (VIP). Dieses soll in stationären Anlagen zu kompletten Wandelementen vorgefertigt werden. Die Grundlagen der Vakuumisolationstechnik sowie die technischen Besonderheiten dieses Produktes sind bekannt. Die ersten Versuche dieses Material im Baubereich anzuwenden, zeigten aber recht schnell, dass aufgrund der Empfindlichkeit des Materials und somit der Verlust der sehr guten Wärmedämmung bei Beschä-

digungen jeglicher Art völlig neue Wege in der Anwendung des Materials zu gehen sind. Lösungsmöglichkeiten lagen nur in einem Vorfertigungsgrad, sowie einer Verarbeitung in geschützten, kontrollierten Sektoren.

Die Firma VARIOTEC stellt vorgefertigte Verbundelemente in Sandwichbauweise aus Holz und PU-Schaum her und kann aufgrund der vorhandenen langjährigen Erfahrungen dieses Know-how in das Projekt einbringen. Zwingend notwendig für die erfolgreiche Durchführung dieses Vorhabens ist der zweite Schritt – nämlich die Anwendung dieser Bauteile in der Praxis. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können somit anschließend direkt in die Praxis einfließen. Deshalb ist eine weitere Voraussetzung der Bau eines Demonstrationshauses in definierter Passivhausqualität. Dazu ist es notwendig, anschließend das Gebäude in seiner Betriebsphase messtechnisch über 2 – 3 Jahre zu begleiten, um die rechnerischen Voruntersuchungen zu evaluieren.

3. Planung und Ablauf

1.1 Vorentwurf Holzverbundelemente
- Analyse bestehender Systeme von Holzverbundelementen
- Anforderungskatalog für den Einsatz von Vakuumdämmung
- Prüfung Bauteilanschlüsse (Statik / Integration VIP)
- Analyse der Fertigungsverfahren, Qualitätsmanagement
- Einsatz von Speichermedien (PCM) / Betonkerntemperierung
- Thermische Ertüchtigung der relativ dünnen, leichten VIP-Holzwände, bzw. Dachelemente

1.2 Vorentwurf Demonstrationsobjekt Voggenthal
- Entwurf Passivhaus
- Bedarfsabschätzung sommerlicher Wärmeschutz
- Bewertung der technischen Gebäudeausrüstung
- Ermittlung des elementübergreifenden U-Wertes
- Behaglichkeit im Passivhaus / Zonierung

2.1 Holzverbundelemente
- Planung und Fertigung erster Prototypen
- Konzeption der VIP's für Verbundelemente
- Optimierung der Konstruktion durch numerische Simulation
- Detailplanung und wärmetechnische Optimierung der Bauteilanschlüsse
- Bewertung der Wärmedämmwirkung
- Messung von hochdämmenden Bauteilen in der Hot Box

2.2 Demonstrationsobjekt Passivhaus
- Bewertung Wärme- / Feuchteverhaltens ausgew. Konstruktionen

2.3 Technische Gebäudeausrüstung
- Dyn. Gebäudesimulation unter Berücksichtigung solarer Einträge, therm. Lasten. Ermittlung der Oberflächentemperatur
- Planungsunterstützung zum Wärmeversorgungskonzept
- Planungsunterstützung zum Wärmeverteilsystems
- Planungsunterstützung zur Brauchwasserversorgung

2.4 Monitoring
- Entwurf eines Messkonzeptes
- Anforderung an die erforderlichen Messsysteme
- Baubegleitung bei der Integration des Messsystems i. d. Gebäude

- Erstellung eines Messprogrammes
- Durchführung und Auswertung des Messprogrammes

3 Ergebnisse

- Beurteilung der Marktfähigkeit
- Öffentlichkeitsarbeit und Publikationen
- Verfassung eines Werkberichtes (siehe Anlage „Eintauchen in neue Dimensionen“)

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand

4.1 Technische Analysen zu VIP-Produkten und Märkten

Die bei Beginn des Projektes vorgefundenen Marktinformationen bezüglich Eignung von Vakuum-Isolations-Paneelen im Bauwesen beschränkten sich auf verschiedene Fassaden und Brüstungsbereiche, bzw. technische Einsatzzwecke (Kühlgeräte).
In allen Fällen wurden weitestgehend ungeschützte VIP`s eingesetzt und teils aufwendige Konstruktions- und Befestigungssysteme gewählt, die sich für eine breite Marktdurchdringung nicht eignen.
Die Betrachtung der Baubeteiligten beschränkte sich auf den Austausch von reiner Wärmedämmung „billig gegen teuer – und dazu komplizierter“.
Diese Vermarktungsstrategie kann zu keinem langfristigen Erfolg führen.
VIP im Bau kann nur dann Erfolg haben, wenn es

a) geschützt und sicher mit entsprechender Vorprüfung in qualitätsseitig gesicherten Prozessen verarbeitet wird,
b) einen deutlichen Mehrfachnutzen beinhaltet, manifestiert z. B. in Baufertigteilen,
c) in Produkten mit Finishcharakter, Metall, Edelholz, hochwertige Kunststoffe usw. „verarbeitet“ ist.
d) Wärmebrückenreduzierte Kantenlösungen mit gleichzeitigem Schutzcharakter bietet (siehe VARIOTEC VIP-Qasa, bzw. Anwendungsbereiche in der Anlage Veni Vici Vip).

Hier ist eine Fülle von Lösungen im Zuge dieses Projektes, bzw. der darauffolgenden Marktbearbeitung, entstanden.
In allen Fällen zeigte sich, dass nur über diese Sandwich / Bauteilkonzeptionen mit weitestgehendem Fertigcharakter eine erfolgreiche Marktdurchdringung möglich ist.

Nach wie vor sind jedoch die hohen Kosten für die pyrogenen Kieselsäure-Stützkerne aufgrund der monopolistischen Lieferantenstrukturen ein Hindernis für die Breitenanwendung.

Ersatzlösungen sind vordringlichster weiterer Forschungsbedarf, ebenso wie verletzungssicherere Umhüllungs-Werkstoffe.

4.2 Umsetzungen im Baubereich

Druckbelastbare evakuierbare Wärmedämmungen befinden sich seit ca. 15 Jahren in der Grundlagenentwicklung [Fricke 1989], [Fricke 1993]. Seit etwa 1995 werden Vakuumisolationen auch für den Einsatz in der Gebäudehülle untersucht. Ein technisch besonders interessantes System ergibt sich aus der Kombination von dicht verschweißbaren Aluminium Kunststoffverbundfolien und pyrogener Kieselsäure bzw. Aerogelen [Caps 2000]. Wärmebrücken im Randbereich können durch den Einsatz lediglich metallisierter Folien anstelle von Metallfolien deutlich vermindert werden. Mit Hilfe dieser Folien konnte bei Platten aus gepresstem mikroporösem Kieselsäurepulver eine effektive Wärmeleitfähigkeit von weniger als 0,004 W/(mK) erreicht werden. Die dabei zum Einsatz kommenden pyrogenen Kieselsäuren zeichnen sich durch vergleichsweise geringe Anforderungen an die zu erreichende und aufrecht zu haltende Qualität des Vakuums aus. Ein technisches Vakuum von 50 mbar ist bereits ausreichend, um Beiträge des Gases zur Gesamtwärmeleitfähigkeit nahezu vollständig zu unterdrücken. Aus der Messung des Druckanstiegs in solchen Paneelen konnten zu erwartende Lebensdauern von 30 bis 40 Jahren unter der Annahme von mäßigen Umweltbedingungen, Raumtemperatur, rel. Feuchte ca. 50 % r.F. errechnet werden [Caps 2000b].

Erste Erfahrungen mit dem Einsatz von VIP‘s in Gebäuden wurden am Experimentiergebäude des ZAE Bayern in Würzburg gemacht. Im Jahre 1999 wurden etwa 30 m² Fassadenfläche mit Vakuumisolationsplatten ausgestattet. Die Vakuumdämmplatten sind mit Aluminium Kunststoff-Verbundfolien umhüllt. Degradationserscheinungen der Folien waren bisher nicht festzustellen [Caps 1999], [Caps 2000a].

In einem von der Bayerischen High-Tech-Offensive geförderten Projekt werden z. Zt. unterschiedliche Anwendungstechniken für VIP´s zur Sanierung von Gebäuden entwickelt. Als erstes Demonstrationsobjekt wurde im Oktober 2000 eine denkmalgeschützte Giebelfassade mit geringem Dachüberstand mit VIPs ausgestattet. Eine Infrarot-Aufnahme im Januar 2002 zeigte keinerlei Veränderung der Vakuumdämmung gegenüber dem Einbau.

VIP`s im Bauwesen – ein Fazit

Bei allen bis dahin ausgeführten Projekten handelte es sich um Demonstrations- und Forschungsprojekte, die mit erheblichem Kosten-, Zeit- und Expertenaufwand realisiert wurden. Von einer standardmäßigen Marktbearbeitung oder selbstverständlichen Verwendung dieses Produktes konnte im Baumarkt noch nichts festgestellt werden. Alle bis dahin produzierten größeren Mengen sind im Bereich des Kühlgeräte-, bzw. Tiefkühlsektors oder Transportwesens weiterverarbeitet worden.

Daraus entwickelten sich die VARIOTEC-Projektziele:
* Handlingsichere VIP-Qasa-Bauteile zu entwickeln
* Definierte Einsatzbereiche mit bauphysikalisch durchgearbeiteten Einbau-empfehlungen zu präsentieren
* Kommunikation dieser Lösungen über alle verfügbaren Medien und Informations-kanäle
* Entwicklung von Schulungs- und Planungstools, vom Architekten bis zum Bau-handwerker

Literaturangaben:

[Caps 1999] R. Caps, R. Neusinger, J. Fricke: Vakuumdämmung und schaltbare Wärmedämmung für die Fassade: Erste Erfahrungsberichte. Proceedings 10. Bauklimatisches Symposium, Dresden, 1999

[Caps 2000] R. Caps, U. Heinemann, J. Fricke: Application of Vacuum Insulations in Buildings, Symposium: Progress in Vacuum Insulation, June 2000, Proceedings: www.vacuuminsulate.org .

[Caps 2000a] R. Caps, J. Fricke: Konzepte für den Einsatz von evakuierten Dämmungen bei Passivhäusern. Proceedings 4. Passivhaus-Tagung Kassel 2000

[Caps 2000b] R. Caps, U. Heinemann, M. Ehrmanntraut, J. Fricke: Evacuated insulation panels filled with pyrogenic silica powders: properties and applications. High Temperatures – High Pressures 32, 2000

[Caps 2001] R. Caps, H. Schwab, J. Fricke: Vakuumdämmung in der Anwendung. Tagungsband 5. Passivhaustagung 2001

[Feist 1997] W. Feist: Das Niedrigenergiehaus. C. F. Müller Verlag, Heidelberg, 1997

[Fricke 1989] J. Fricke, D. Büttner, R. Caps: Druckbelastbare evakuierte Superisolationen. Schlussbericht zum BMFT-Vorhaben 03 E 8654 A, 1989

[Fricke 1993] J. Fricke, R. Caps, K.-G. Degen, J. Kuhn, J. Hetfleisch, J. Groß: Untersuchung und Optimierung von druckbelastbaren evakuierten Superisolationen. Schlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben DESIS 2, 1993

[PHT 2001] Passiv-Haus 2001. Tagungsband 5. Passivhaustagung 2001

[Beck 2002] A. Beck, H. Schwab, J. Wachtel, J. Fricke, „Vacuum Insulation Panels the Future Development in Building Insulation“, Word Renewable Energy Conference, Köln, July 2002

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Für die erfolgreiche Durchführung des Forschungsprojektes wurden von Anfang an externe Kompetenzen aus den unterschiedlichsten Fachgebieten hinzugezogen. Im Folgenden werden die wichtigsten Institutionen alphabetisch aufgezählt. Die übernommenen Aufgaben werden kurz erläutert.

a. Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V., München (FIW)
   - Messtechnische Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nach verschiedenen vorgeschriebenen Alterungszyklen
   - Rechnerische Bestimmung des Wärmebrückeneffektes an den Stoßstellen zweier VIP-Element, sowie der Einfluss von Glasfaserankern
b. Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme
   - Wärmebrückenberechnungen mittels Simulationsprogrammen zur Detailoptimierung von verschiedenen Anschlussdetails
   - Statische Wärmebedarfsberechnungen mit dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) zur Optimierung des Gesamtgebäudes bezüglich seines Heizenergieverbrauches
   - Dynamische Simulationsberechnungen zur Auslegung der haustechnischen Anlagen und des sommerlichen Komforts
   - Aufbau der Messtechnik während des Bauphase, Inbetriebnahme und Auswertung und Bewertung der Messergebnisse während der Betriebsphase
c. LGA Bayern – Zweigstelle Würzburg; Prüfamt für Baustatik
   - Statische Untersuchungen von allen verwendeten Wand- und Dachelementen, sowie der Einsatz von VIP als Perimeterdämmung

d. Passivhausinstitut Dr. Feist
   Grundlegende Beratung und Hinweise für die Umsetzung des Demogebäudes in Passivhausqualität

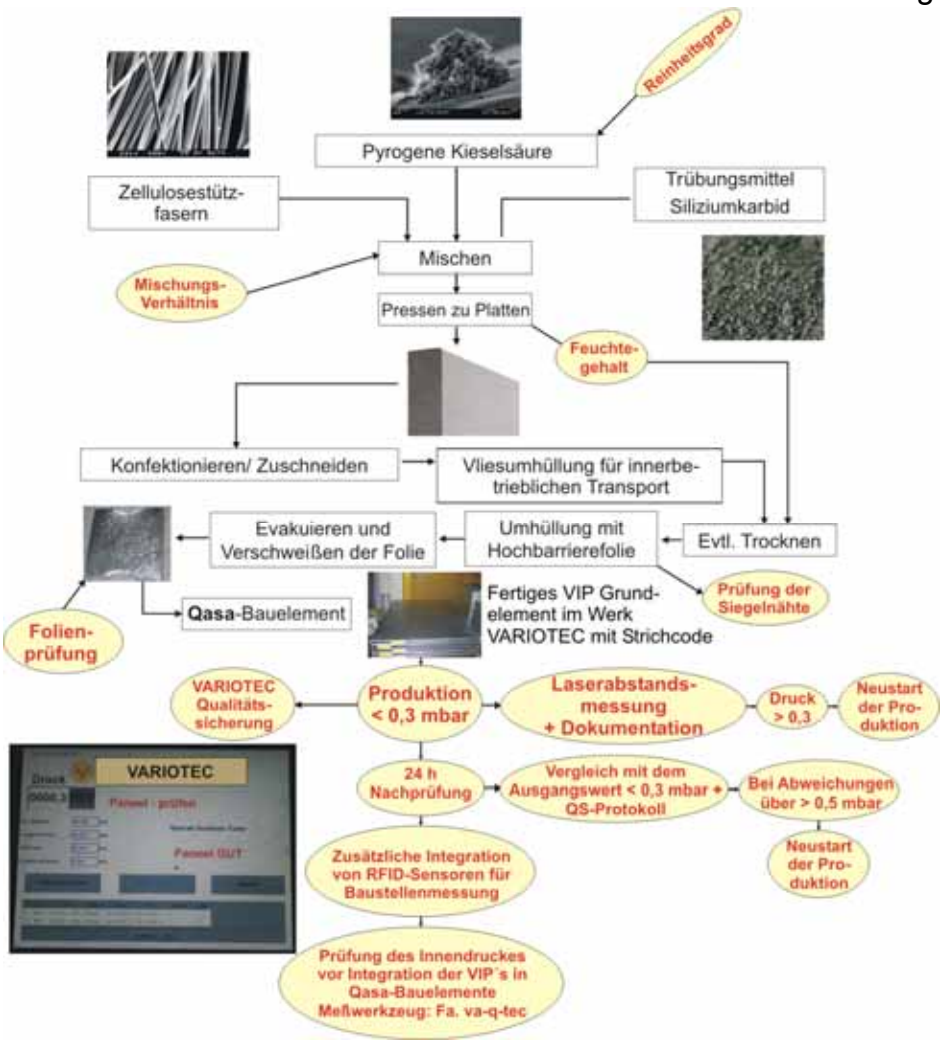
Weitere Projektpartner und auch Beteiligte an der Ausführung des Demohauses sind im beiliegenden Werkbericht, „Aufbruch in neue Dimensionen“ zu finden.

II Gesamtdarstellung

1. Ergebnis

1.1 VIP-Grundelement und VARIOTEC-Produktionsflussschema

Ein normales VIP-Grundelement besteht aus pyrogener Kieselsäure und einem Trübungsmittel. Die pyrogene Kieselsäure dient als Stützkern. Das Trübungsmittel verringert die Infrarot –Durchlässigkeit und minimiert somit die Wärmeübertragung durch langwellige Strahlung. Die Ummantelung erfolgt mit einer wärmebrückenreduzierten Hochbarrierefolie. Das Element wird evakuiert und hat dann noch einen Restdruck von ca. 0,3 bis 0,5 mbar. Die Ränder der Folie werden miteinander verschweißt. Aufgrund der mikroporösen Struktur der pyrogenen Kieselsäure, des Trübungsmittel und der durch die Evakuierung entzogenen Luft ist es erst möglich die geringen Wärmeleitfähigkeiten von ca. 0,004 W/mK zu erreichen. (Ausgangswert!) Dabei werden alle Mechanismen der Wärmeübertragung – Leitung, Strahlung und Konvektion deutlich minimiert. Dem gegenüber steht natürlich ein hohes Beschädigungsrisiko, welches sowohl beim Einbau und Verarbeitung, als auch beim langfristigen Verbleib in einem Bauteil zum Verlust des Vakuums und somit auch zum Verlust der hervorragenden Wärmeleitfähigkeit führt.



1.1.1 VIP-QASA-Element

Die Anwendungsmöglichkeiten im Baubereich erfordern einen Schutz des VIP-Grundelementes. Ohne einen Schutz wären die Einsatzmöglichkeiten im rauen Baustellenbetrieb nur sehr eingeschränkt möglich, bzw. man müsste mit vielen Ausfällen rechnen. Die ersten Versuche im Jahre 2001 mit der Verwendung von ungeschützten VIP`s als Fassadendämmung integriert in ein WDVS zeigten bei einer späteren Überprüfung eine Ausfallquote von bis zu 50%.
Aufgrund eigener Vorversuche entschied sich VARIOTEC für folgenden Aufbau des VIP-QASA-Elementes im Holz-, bzw. Betonsandwichbau.

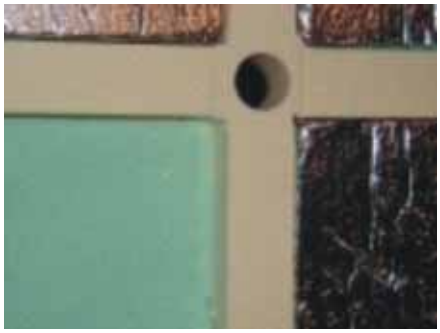
- 0,3 mm Alu
- 4 mm PURMASSIV; dabei handelt es sich um recycelte Polyurethan-Dämmung; dieses Material hat eine Wärmeleitfähigkeit von 0,06 W/mK
- VIP-Grundelement in den Dicken von 10, 20, 30, 40, 50 mm – je nach Anforderung – im Demoobjekt 30 mm
- 4 mm PURMASSIV
- 0,3 mm Alu

Die Verklebung der PURMassiv-Platte auf dem VIP-Element erfolgt mit dem PUR Hotmeltverfahren. Diese Platten liefern einen mechanischen Schutz des VIP-Grundelementes. Je nach Anwendungsfall kann auch auf die ALU-Schicht verzichtet werden. Ansonsten bietet die ALU-Schicht eine absolute Diffusionsdichtheit und einen zusätzlich mechanischen Schutz. Das Alu wird auf die PURMassiv-Platte ebenfalls klimabeständig aufgeklebt.

1.1.2. Durchdringungen

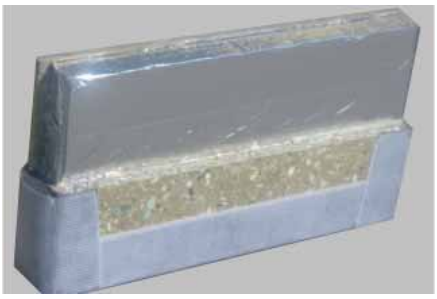
Eine ganz besondere Bedeutung kommt Durchdringungen, sei es nun für Leitungen oder aber für Befestigungsmöglichkeiten z. B. für die Anker der Sandwich-Wände und ähnlichem. Durchdringungen stellen eine Wärmebrücke dar, welche bei diesem hochdämmenden Werkstoff zu zusätzlichen Wärmeverlusten bis zu 50% führen können. Damit wäre natürlich die hervorragende Wärmedämmung

zu einem Großteil wieder verloren. Demzufolge kam der Optimierung dieser Durchdringungen eine außerordentliche Bedeutung zu. In einem ersten Versuch wurden einzelne VIP-Grundelemente mit einem Rastermaß von 50 * 50 cm ausgelegt; Rasterung gemäß den statischen Vorgaben aus den Beton-Sandwich-Berechnungen. Zwischen den Elementen wurde mit einer Dicke von 30 mm, Stege aus PURMassiv gelegt. In diese Stege konnte nun ein Loch gebohrt werden, um ein Befestigungsmittel durchzustecken. Somit war eine Beschädigung des VIP-Grundelementes verhindert. Bei der Beurteilung des Gesamtheizenergiebedarfes für das Demoprojekt zeigte sich aber sehr schnell, dass die verwendeten durchgehenden Stege aus Polyurethan zur Aufnahme der Befestigungsanker diesen um bis zu 20% erhöhen.

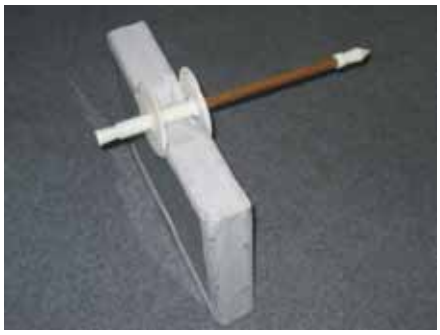


Daraus folgte, dass jede linienförmige Zwischenschicht zu hohen Wärmeverlusten führt. Deswegen wurde zu punktförmigen Durchdringungen an definierten Stellen übergegangen.
Während der Herstellung der VIP-Grundelemente werden an den vorher definierten Randpunkten bereits Ausbuchtungen vorgesehen. Dadurch können die VIP-Elemente in einem QASA-Großelement fugenlos aneinander liegen. Dies führt bei einem Großelement zu einer Kompensation des Verlustfaktors um 95%.

Weitere Wärmeverluste treten über Stoßkanten der Einzelelemente auf. Dies wurde vom FIW ausführlich rechnerisch untersucht. Die im Bereich der Stoßstelle auftretenden Wärmeverluste sind auf die durchgehende Metallfolie zurückzuführen. Diese wirkt als Kurzschluss für den Wärmetransport zwischen Innen und Außen. Daraus folgt grundsätzlich, dass versucht werden muss, möglichst große Einzelplatten herzustellen, um so das Verhältnis von VIP-Umfang zu Großelementfläche zu minimieren. Zusätzlich erhält jede Kante ein Kompriband, was mit allseitig diffusionsdichten Bändern abgedichtet wird. Damit können die Einzelelemente zum Ausgleich von kleinsten Toleranzen und zur Verhinderung von unkontrollierten Wärmebrücken mit Druck aneinander gelegt werden.



Für die notwendige Verankerung in Beton werden Glasfaseranker verwendet. Auch hier führte das FIW München begleitende rechnerische Untersuchungen durch. Das Ergebnis zeigte einen zu vernachlässigenden Wärmeverlust über den Anker von weniger als 2 %. Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit des Glasfasermaterials ist dieses natürlich deutlich besser geeignet als jedes metallische Verbindungsmittel.



1.1.3. Planungsgrundlagen für VIP-Fertigung

Hierzu wurde ein Ablaufplan zur Ermittlung der optimalen Planungs- und Fertigungsabläufe geschaffen, um daraus auch für weitere Projektabwicklungen ideale Grundlagen zu schaffen und diese entsprechend dem Erfahrungs-Know-how kontinuierlich weiter zu entwickeln.

1.2. Entwicklung von Verbund-Sandwichelementen

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollten an dem Demohaus möglichst viele verschiedene Wand- und Dachelemente mit den unterschiedlichsten Materialien und Baukonstruktionen zum Einsatz kommen. Mit der Großformatigkeit und der Vorfertigung in modularer Bauweise wurden in Punkto Schnelligkeit und vor allen Dingen „Schutz der verwendeten VIP-Elemente“ beispielhaft gezeigt, wie der Bauablauf gestaltet werden kann. Die daraus gewonnenen Erfahrungen sind wertvolle Grundlagen für alle weiteren Entwicklungen im Hinblick auch auf Kostenreduzierungen und somit für eine geplante Marktdurchdringung.

Grundsätzlich gilt für die elementierte Bauweise, dass eine integrative Planung unabdingbar ist. Aufbauend auf diesen Planungen muss für jede Art von Sandwichelement eine passende Elementierung vorgenommen werden. Zu diesem Zeitpunkt müssen auch alle Anforderungen des Statikers und der anschließenden Gewerke, wie z. B. Restwärmedeckung, Sanitär, Elektro, etc. bekannt sein, denn ein nachträgliches Durchbohren oder ähnliches in der VIP-Dämmschicht ist ohne Zerstörung derselben ausgeschlossen. Außer an den vorher festgelegten

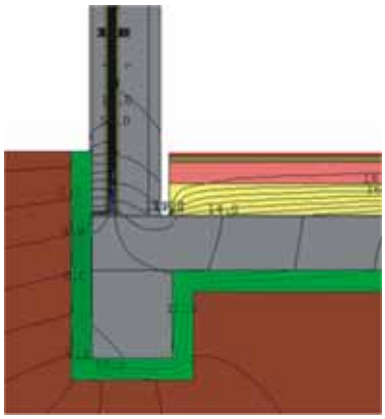
Durchdringungspunkten darf es keine weiteren nachträglichen Maßnahmen geben. Dies ist für den sonst üblichen Bauablauf eine besondere Herausforderung, da zu einem sehr frühen Zeitpunkt alles definiert werden muss. Integratives und interdisziplinäres Handeln ist absolute Voraussetzung.

Aufbauend auf den vorliegenden Bauteilplandaten aus einem CAD-System, wurden firmenintern bei VARIOTEC diese dann für die VIP-Grundelementefertigung, Sandwich-Produktion und QASA-Konfektionierung verwendet. Damit ist eine durchgehende Logistikkette bis zur Baustellenmontage gewährleistet und durch eine kontinuierliche Qualitätsüberwachung gesichert. Eine schadensfreie Auslieferung, bzw. risikolose Montage ist gesichert.

Die verschiedenen Sandwichbauteile werden im Folgenden kurz beschrieben und erläutert.

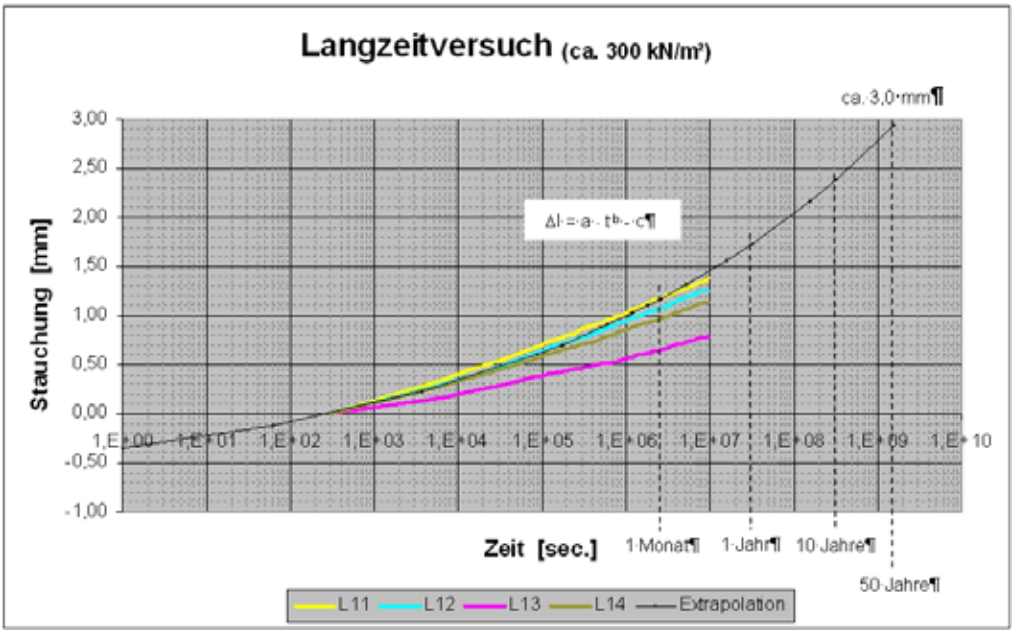
1.2.1. Perimeterdämmung unter der Bodenplatte

Für die Dämmung unter der Bodenplatte wurde das QASA-Element wie unter 1.1.2 beschrieben verwendet. Die Dicke des VIP-Grundelementes betrug 30mm. Der Gesamtaufbau war wie folgt: Auf einer Unterbeton-Ausgleichsschicht und einer Abdichtung wurden die QASA-Element verlegt. Auf diese Elemente konnte dann die eigentliche Bodenplatte betoniert werden. Bei der QASA-Elementierung wurde darauf geachtet, dass man möglichst großformatig arbeiten kann, um die Anzahl der Fugen zu minimieren.



Um zu verhindern, dass durch den anschließenden Betoniervorgang Betonwasser in die Fuge eindringt, wurden alle Fugen mit einen feuchtigkeitsdichten Klebeband abgeklebt. Die Verlegung der Platte durch die Bauarbeiter ist insgesamt als problemlos zu betrachten. Die verwendeten QASA-Elemente konnten ihre Baustellentauglichkeit beweisen. Auch die mechanische Belastung durch das Begehen der Bauarbeiter ist als problemlos zu betrachten und führte zu keinen Beschädigungen.
Ein weiterer wichtiger Punkt für die Gesamtbeurteilung dieser Konstruktion ist der statische Nachweis der Bodenplatte, d.h. welche Belastungen, insbesondere unter dem Lastfall „Dauerlast“ sind von dem QASA-Element tatsächlich aufzunehmen. Dazu wurden umfangreiche Untersuchungen bei der LGA Bayern – Zweigstelle Würzburg – durchgeführt. Die detaillierten Ergebnisse liegen in einem eigenständigen Bericht vor. Für das Bauvorhaben Voggenthal ergab sich gemäß Statik eine max. Sohlnormalspannung von 200 kN/m². Die Bauteilversuche zum Kriechverhalten wurden dann mit einer Druckbeanspruchung von 300 kN/m²

durchgeführt. Die aus den Kriechverformungen resultierenden Stauchungen betrugen ca. 2,1 mm für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren. Die unter Gebrauchslast zu erwartenden maximalen Stauchungen ergaben weniger als 5 mm. Diese Verformung ist unter Berücksichtigung der am Projekt vorgefundenen Baugrundverhältnisse als unbedenklich in statisch-konstruktiver Sicht zu bezeichnen.



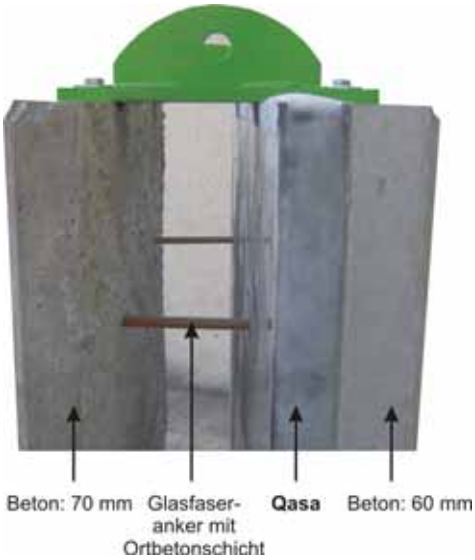
Aufgrund der Baugrunduntersuchungen musste auch mit drückendem Wasser gerechnet werden. Untersuchungen der LGA zeigten, dass eine Ausführung als so genannte „Weiße Wanne“ nicht in Frage kam. Gewählt wurde deshalb eine gemischte Bauweise aus bituminöser Schwarzabdichtung für die Bodenplatte und einem Anschluss der Bitumenabdichtung an die aufgehenden Wände, welche aus wasserdichtem WU-Beton mit den entsprechenden besonderen konstruktiven Ausführungen gemacht wurde. Auf einer Sauberkeitsschicht wurde die horizontale Abdichtung flächig aufgebracht. Die aufgehende Bitumenschweißbahn musste bis zum Anschluss an die Abdichtung der aufgehenden Wand auf Höhe der Oberkante der Bodenplatte fixiert werden. Anschließend wurde darauf eine planebene Ausgleichsschicht aus Aufbetonestrich für den Einbau der Bodenplattendämmung eingebracht. Eine verlorene Randschalung aus dem temporär eingebrachten L-Winkel-Betonsteinen, sicherte die Konstruktion der aufgehenden Bodenplatte während des Betoniervorganges.

1.2.2. Außenwände

1.2.2.1. Typ 330

Bei dem TYP 330 handelt es sich um ein Doppelwandbeton-Fertigteil mit einem Ortbetonkern. Diese Doppelwandelemente werden inklusive der VIP-QASA-Elemente im Betonwerk vorgefertigt.

Nach Auslieferung auf die Baustelle wurden sie dort aufgestellt und fixiert. Nach Aufstellen und Fixierung der kompletten Wand konnte mit dem Ausbetonieren begonnen werden.



Aufgrund der Maßtoleranzen der Betonfertigteile von bis zu 10 mm mussten im Bereich der Aufständerung bezüglich des Ausgleiches besondere Maßnahmen getroffen werden. Dies wurde durch die Entwicklung und den Einbau von zweilagigen Fugendichtbändern – bestehend aus verformbarem Material und einem komprimierbaren dichtschließenden Dichtband – realisiert.
Bei der Baustellenmontage der Doppelwandelemente mit VIP-Dämmung ist trotz des Schutzes der Dämmelemente besondere Aufmerksamkeit der Anschlussbewehrung aus der Bodenplatte zu widmen. Um das Beschädigungsrisiko zu minimieren, wurde ein Spezial-Kantenwinkel als Einbauhilfe konzipiert und erfolgreich im Einsatz getestet.
Als weiteres Problem stellt sich nach Überprüfung der statischen Besonderheiten durch die LGA heraus, dass bedingt durch den Hangdruck die Glasfaseranker nicht ausreichen, um die Kräfte abzutragen. Daraufhin mussten zusätzliche Edelstahlanker in allen Fugenbereichen eingebaut werden. Dies hatte allerdings auch zur Konsequenz, dass das Abdichtungskonzept einer WU-Wanne nicht mehr haltbar war. Demzufolge musste die gesamte erdberührte Betonwand nochmals zusätzlich „schwarz“ abgedichtet werden, was natürlich zu einer unplanmäßigen Kostenerhöhung führte.
Des Weiteren musste im Gegensatz zu der sonst üblichen Befestigung der Kranhaken an der innenliegenden Bewehrung zwischen den beiden Beton-schalen verzichtet werden. Dazu wurde ein neues Transportankersystem entwickelt, welches wieder verwendbar ist.

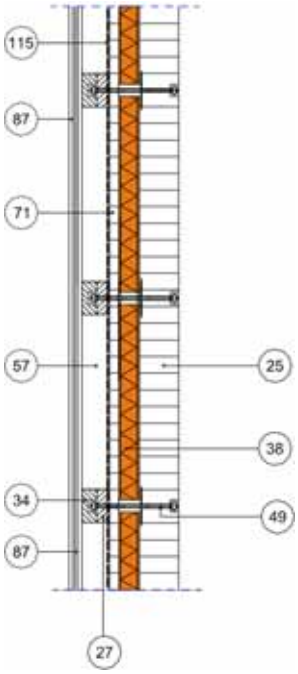
1.2.2.2. Typ 270

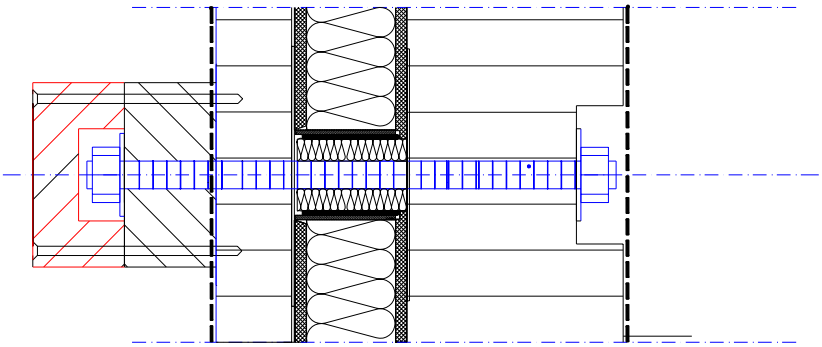
Der Wandtyp 270 ist ein kerngedämmtes Betonfertigteil, welches komplett in einem Fertigteilwerk erstellt werden kann. Der Einsatzbereich ist für die nicht unter Erddruck stehenden Fassaden gedacht. Die Außenseite lässt aus gestalterischer Sicht alle Möglichkeiten offen. An dem Demohaus wurde außenseitig auf einer Betonunterkonstruktion eine Holzfassade mit waagerecht verlaufenden Brettern angebracht. Die Maßtoleranzen dieser Fertigteile sind mit denen des Typ´s 330 vergleichbar.

Besondere Probleme ergeben sich in der Eckverbindung der beiden Fertigteile. Die Dämmebene muss durchgängig vorhanden sein. Die entstehende Fuge musste dampfdicht ausgebildet werden. Dies ist jedoch nur nach Zusammenfügung der Einzelelemente möglich und muss vor Ort auf der Baustelle durchgeführt werden. Die Abklebung muss durch die Bewehrung hindurchgeführt werden. Dazu wurde aus Platzgründen die innere Schale im Eckbereich gekürzt, um so genügend Arbeitsraum für das Verkleben zu schaffen. Anschließend muss die Ecke mit einer Eckschalung verschlossen werden und örtlich ausbetoniert werden. Des Weiteren ist noch eine ordnungsgemäße Abklebung an den Stoßfugen der Dämmebene wichtig, um auch diese auch bei der Montage auf der Baustelle zu schützen.

1.2.2.3. Typ 150/1

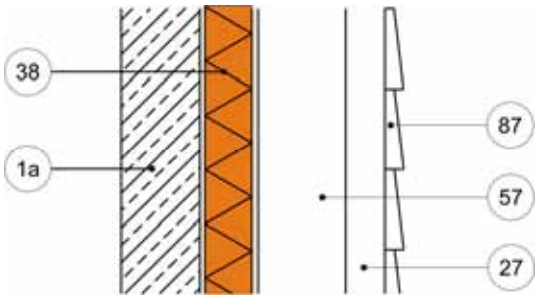
Dieses Bauteil besteht aus einer tragenden Holzschale in der Ausführung mit KLH – Kreuzlagenholz. Darauf ist wiederum das Qasa-Element angebracht in der Dicke von 30 mm. Außenseitig bildet eine Kerto-Funierschichtholzplatte der Dicke 33 mm den Elementabschluss. Damit erhält man eine sehr einfache und schlanke Wand für den Fassaden-Bereich. Die beiden Holzschalen sind wiederum über Gewindestangen aus Edelstahl miteinander verbunden. Die Gewindestangen übernehmen die Windsoglasten. Als Wetterschutz wird auf einer Unterkonstruktion eine waagerecht liegende Stülpschalung angebracht. Die Unterkonstruktion besteht aus PURMassiv-Leisten, welche über die Edelstahlgewindestangen (versenkt und somit wärmebrückenreduziert) an der Wand befestigt sind.





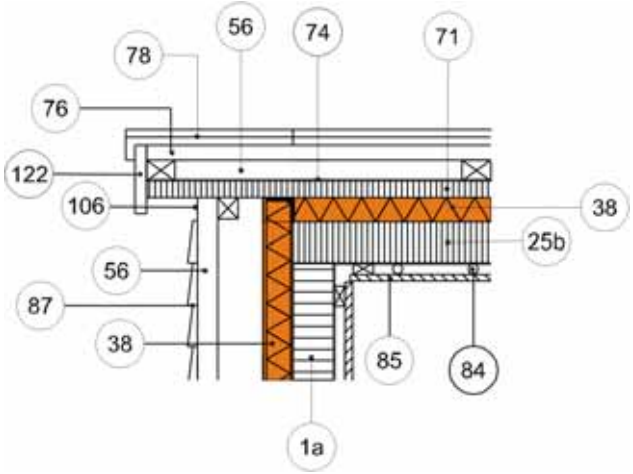
1.2.2.4. Typ 150/2

Dieser Außenwandtyp unterscheidet sich von der vorgenannten, da die innere Tragschale hierbei als Betonfertigteil ausgeführt wird. Auch damit ist ein insgesamt schlanker Querschnitt mit hohem Dämmwert zu erreichen. Die Fassadenbefestigung erfolgte durch freitragende PURMassiv-Konterlattung. Als Alternative zu der Befestigung der QASA-Elemente wurde an diesen Wandbauteilen eine Verklebung getestet. Alle Bauteilanschlüsse im Bereich der VIP-Dämmebene werden durch eine so genannte Pressfuge dicht ausgeführt.



1.2.2.5. Typ 150/3

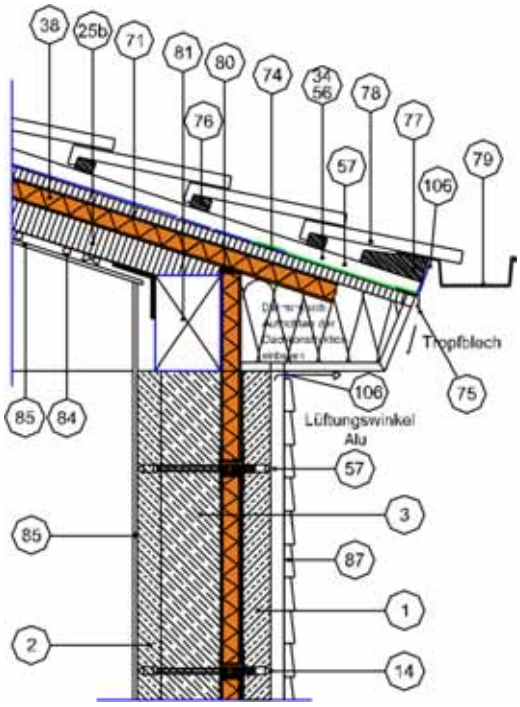
Bei dieser Variante besteht die innere Tragschale aus einem Massivholzfertigteil. Nach außen hin kann das QASA-Dämmelement sowohl durch Verklebung als auch durch Verdübelung befestigt werden. Bei der Anwendung der Verklebung können die sonst üblichen Wärmebrücken im Bereich der Befestigung vermieden werden. Den Wetterschutz bietet wie bei Element 150/2 eine waagerecht liegende Holzstülpschalung. Die Unterkonstruktion ist nicht an den Dämmelementen befestigt, sondern im oberen und unteren Bereich der angrenzenden Bauteile.

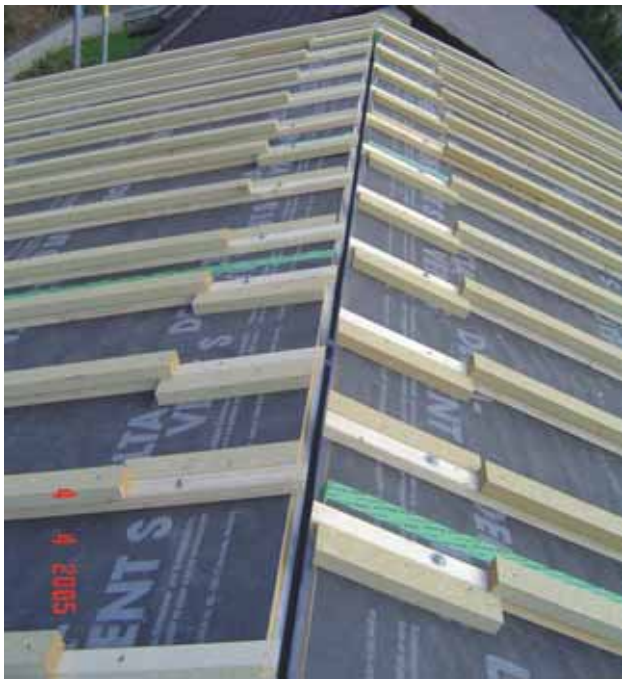


1.2.3. Sattel- und Flachdach

Das Dachsystem entspricht im Grundsatz dem Wandelement vom Typ150/1. Die beiden Holzschalen mit der dazwischen liegenden QASA-Dämmung werden konstruktiv mittels Gewindestangen aus Edelstahl miteinander verbunden. Die innere Dickholzschale übernimmt wiederum die tragende Funktion. Im Bereich des Satteldaches werden auf der Kerto-Funierschichtholzplatte eine übliche Konstruktion aus Lattung und Konterlatte befestigt, so dass handelsübliche Dachziegel eingehängt werden können. Im Flachdachbereich kommt eine übliche extensiv begrünte Dachfläche zur Ausführung. Die Verbindungen der Element-

stoßfugen werden als Pressfugen ausgeführt. Die Untersicht kann problemlos als Befestigungsebene jeglicher Art verwendet werden.

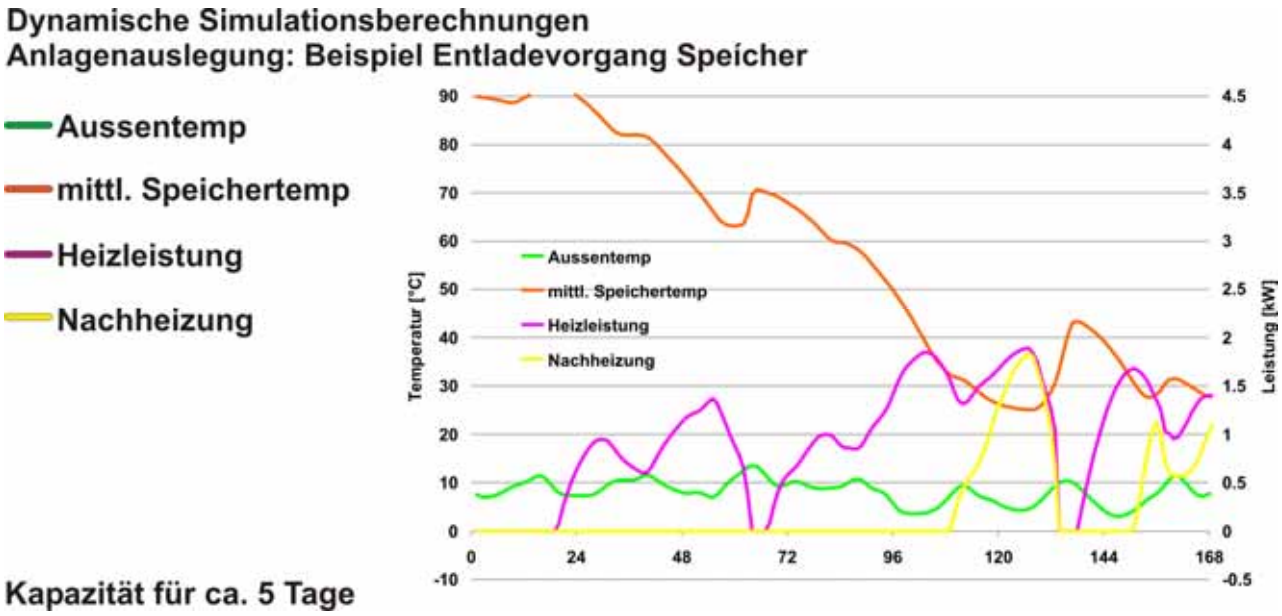




1.3.Demohaus in Voggenthal

1.3.1. Planungsschritte

Nach Festlegung der einzelnen Wand- und Dachelementtypen mit der Integration der Vakuumdämmung musste für das Gesamtgebäude noch eine Vielzahl von Berechnungen und vor allem auch Abstimmungen zwischen den einzelnen Projektpartner getroffen werden.
Im ersten Schritt wurde das gesamte Gebäude mit dem Passivhausprojektierungs-paket (PHPP) berechnet und optimiert. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, detailliert alle Wärmebrücken zu erfassen, zu berechnen, bzw. zu eliminieren. Zusätzlich waren noch dynamische Simulationsberechnungen zur Bewertung und Auslegung der haustechnischen Anlagen bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes erforderlich.



1.3.2. Topografie, Zonierung und Simulation des Gebäudes

Das Grundstück liegt in Voggenthal, einem Ort ca. 5 km von Neumarkt i. d. Opf. entfernt. Das Grundstück selbst besteht aus einem 12 m steil aufsteigenden Hang aus Sandstein. Entgegen den ursprünglichen Annahmen, das Haus auf der Hangspitze bauen zu können, musste auf Grund behördlicher Auflagen dieses „in den Hang“ gebaut werden. Dies führte zu zusätzlichen Maßnahmen im Bereich der erdberührenden Wandbauteile und somit auch zu erheblichen Kostensteigerungen. Nachträglich betrachtet konnten auf Grund dieser zusätzlichen Herausforderungen aber auch weitere Lösungsmöglichkeiten für die Umsetzung von VIP mit anderen Baumaterialien in, bzw. für geographisch schwierige Regionen gefunden werden. Die traufseitige hangabgewandte Gebäudeseite ist nach Süden ausgerichtet und öffnet sich dem vorgelagerten Talbereich. Durch die Gebäudezonierung wird eine maximale Sonneneinstrahlung für die Solarthermie und PV-Module genutzt. Das Gebäude besteht aus einem rechteckigen Kubus, dreigeschossig mit einem Dachabschluss aus einem Satteldach- und Flachdachbereich. Auf jeder Geschossstufe wird der Außenbereich über Terrassenflächen bzw. einen umlaufenden Steg erschlossen.

Auch hier galt es die Verankerung ohne Berührung der VIP-Kerne in der Fassade zu lösen. Um den Anspruch nach großflächigen Fassadenelementen gerecht zu werden, wurden die über 2-Geschosse laufenden Holz-VIP-Holz-Elemente im Obergeschoss durch die Montage einer selbst tragenden und innen liegenden Stahlkonstruktion verbunden. Das Gebäude hat eine Wohnfläche von ca. 280 m²

1.3.3 Ansprüche an Gebäudefunktion und Nutzen

Neben dem Grundgedanken, mit einem Passivhauses möglichst viel Energie einzusparen, kommt aber auch dem Behaglichkeitsbedürfnis der Nutzer eine besondere Bedeutung zu. Neben einer ganzjährig zu gewährleistenden Luftqualität, auch und gerade in einem „dichten“ Passivhaus, kommt der möglichen sommerlichen Überhitzung der Wohnräume eine besondere Bedeutung zu. Durch die konsequente Südausrichtung mit auf dieser Seite großen Fensterflächen ist es möglich, in den Wintermonaten passiv Solarenergie direkt in die Wohnräume zu leiten. Dies führt umgekehrt natürlich im Sommer zu möglichen und für die Bewohner unangenehmen Überhitzungen. Dazu wurden speziell unter dem Gesichtspunkt des sommerlichen Wärmeschutzes verschiedene neue Systeme und Maßnahmen in das Versuchsprogramm integriert.

1.3.4 Definition der Haustechnik

Die Untersuchungen des Einflusses der verschiedenen Haustechnikkomponenten und der gesamten energetischen Berechnung und Optimierung wurden vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme durchgeführt. Die Ergebnisse sind umfassend in dem Forschungsbericht TAG3-JW-0702-E03 dargestellt und werden hier zusammenfassend und auszugsweise dargestellt.

1.3.4.1 Phasenwechselmaterialien

Im Bereich der Holz-Leichtbauweise kommt es gerade in den Sommermonaten häufig zu Überhitzungen. Bei einem Passivhaus mit viel Fensterfläche nach Süden verstärkt sich in der Regel dieser Effekt. Da bei der Leichtbauweise die Masse und somit Wärmespeicherfähigkeit zur Dämpfung und Abpufferung von temporären Wärmespitzen fehlen sind in diesem Demogebäude so genannte PCM (Phase Change Materials) eingebaut worden.
Diese bestehen aus mikroskopisch kleinen Kunststoffkapseln welche mit Parafin gefüllt sind. Durch den Aggregatzustandswechsel von schmelzen bei Erwärmung bzw. erstarren bei Kältezufuhr kann entsprechende Energie zwischengespeichert und wieder abgegeben werden. Der Zustandwechsel ist dauerhaft reversibel. Diese PCM`s können in feste und flüssige Materialien integriert werden.
Bei dem Demohaus sind die PCM`s in zwei Produktspezifikationen zum Einsatz gekommen. Zum einen wurde bei den Räumen „Freisitz“ der PCM-Solarputz der Firma Maxit als Innenputz aufgebracht und zum anderen wurden Gipskartonplatten mit integriertem PCM im Dach und Deckenbereich verwendet

1.3.4.2 Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Bei der Anlage handelt es sich um ein zentrales Gerät mit kontrollierter Be- und Entlüftung und Wärmerückgewinnung (WRG). Ziel ist es, dabei der Abluft die Wärme noch zu entziehen und der Zuluft wieder zurückzuführen. Auf diesem Wege wird die notwendige Restheizenergie nochmals reduziert. Gleichzeitig bietet natürlich eine Lüftungsanlage eine deutliche Verbesserung der Luftqualität für die Nutzer. Die Außenluftansaugung ist ein Filter F7 vorgeschaltet. Durch die Ansaugung der Luft über einen erdgeführten Kanal, mit Schaumglasschotter gedämmt, wird auch im Winterfall die Luft bereits vorgewärmt.

Die Luftführung erfolgt über im Hohlboden verlegte Flachkanäle mit Bodenauslässen. Im Sommerfall wird die Anlage über einen Bypass außer Betrieb genommen.

1.3.4.3 Photovoltaikanlage

Es wurde eine 4 kWp Anlage mit RWE Schott Solar Modulen auf dem Hausteil mit Satteldach installiert. Die Fläche der Anlage beträgt 36,8 m²

1.3.4.4 Solarthermische Anlage

Auf den Garagen ist ein Elco Klöckner Vakuumröhrenkollektor mit einer Fläche von 12 m² installiert.

1.3.4.5 Pufferspeicher

Um die unregelmäßig anfallende Wärme zeitlich verzögert zur Erzeugung auch nutzen zu können wurde ein 1000-Liter Schichtenspeicher installiert. Sollte überschüssige Wärme anfallen, wird bei Überschreitung einer maximalen Pufferwassertemperatur (anfangs +80° C, später +35° C) diese über einen Bypass der Wärmezisterne für die Restwärmedeckung im Winterhalbjahr zugeführt.

1.3.4.6 Heiz- und Kühldeckensystem

Die Heiz- / Kühlrohrregister sind unter den Decken bzw. an der Wandfläche angebracht. Der Aufbau besteht aus Unicor-Wasserrohren mit Wärmeleitblechen verkleidet und PCM-Platten abgedeckt. Diese Flächen dienen dann zur Wärmeübertragung an den Raum. Das besondere an diesem System, ist die Nutzung sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen im Sommerlastfall. Zur Verbesserung der Kapazität sind im OG die schon unter Kapitel 1.3.4.1 angesprochenen PCM Produkte verwendet worden.

1.3.4.7 Warmwasser

Das Brauchwasser wird dem Schichtenspeicher entnommen. Für den Fall das nicht genügend aus dem Schichtenspeicher entnommen werden kann, sorgt ein eingebautes elektrisches Nachheizregister für Ausgleich.

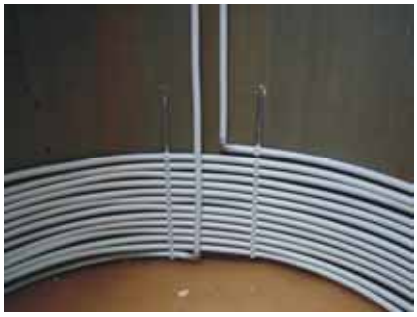
1.3.4.8 Wasser/Wasser-Wärmepumpe

Die noch fehlende Restheizwärme wird durch eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe erzeugt. Dabei dient eine der unter 1.3.4.9 beschriebenen Wärme-Zisterne als Energiequelle. Das Wasser dieser Zisterne wird zur Wärmepumpe gefördert. Nach Entzug der Wärme wird das abgekühlte Wasser der „Kältezisterne zugeführt.

1.3.4.9 Passives Heiz- und Kühlsystem (KKS)

Kernstück dieses neuartigen Systems sind zwei handelsüblich erhältliche und bautechnisch geprüfte Zisternen. Eine Zisterne dient als so genannter Wärmequelle („Wärmezisterne“) für den Heizbetrieb. Diese hat ein Fassungsvermögen von 11000 Litern und liefert das Wasser für die Wärmepumpe (siehe 1.3.4.8.). Die zweite Zisterne ist die so genannte „Kältezisterne“ mit einem Fassungsvermögen von 12.500 Litern. Beide Zisternen sind in 3m Tiefe unter Geländeoberkante vergraben. In dieser Tiefe wird eine konstante Temperatur von ca. 8-12 °C genutzt. Die Betonwandung der Zisterne dient als zusätzlicher Speicher.

Im Sommer steht diese Zisterne als Kältesenke für den Kühlbetrieb zur Verfügung.



Die „Kühlzisterne“ wird zunächst von Regenwasser aus den Ziegeldachflächen gespeist, evtl. nachgeliefertes Frischwasser wird in die Kältezisterne geliefert und durch die wärmeren Oberflächenschichten an die Wärmezisterne abgegeben. Der sommerliche Überschuss aus dem Solarschichtenspeicher wird ab 97 °C ebenfalls in die Warmwasserzisterne umgeleitet. Bei Komplettfüllung läuft das überschüssige und wärmere Wasser mittels eines Überlaufes in die Wärmezisterne. Zusätzlich kann dieser zweiten Zisterne noch Wasser für die Gartenbewässerung und WC-Spülung entnommen werden. Sollte die Wärmezisterne ihren Mindestfüllstand unterschreiten, wird automatisch Frischwasser in die Kältezisterne geliefert.
Die Restwärmedeckung des Demohauses erfolgt über ein Flächenheizungs-system (Strahlungswärme). Dieses wird aus dem Pufferspeicher gespeist. Der Pufferspeicher selbst wird zuerst von der thermischen Solaranlage geladen. Erst wenn diese Möglichkeit erschöpft ist, wird die Wärmepumpe zugeschaltet. Sollte

beides nicht mehr ausreichen, kann der Pufferspeicher über einen integrierten elektrischen Heizstab betrieben werden.
Im Sommerlastfall „Kühlen“ werden thermisch aktiven Bauteile (TABS = Rohrregister auf Decken und Wand) direkt aus der Kühlzisterne gespeist. Die Steuerung erfolgt über ein handelsübliches Pumpensystem mittels Thermostaten in den 3 Geschossen, bzw. einer Grundeinstellung im EIB-System.

1.3.5 Integration der Messtechnik

Zur Evaluierung der durch die Vorplanung errechneten Kennwerte für das Demohaus, die zugehörige Technik und die Baukonstruktionen unter natürlichen Klimarandbedingungen wurde eine umfangreiche Mess- und Sensortechnik eingebaut. Der Aufbau und die Betreuung der Anlage sowie die Auswertung der Messergebnisse erfolgten durch das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme aus Freiburg. Diese sind im Bericht TAG3-JW-0702-E03 vom 20. Juli 2007 dokumentiert.

Eine besondere Herausforderung an alle Beteiligte stellt dabei die Integration der sensiblen Fühler und Sensoren während der Bauphase dar. Diese wurde mit guter Vorplanung und viel Fingerspitzengefühl von allen Beteiligten gut gelöst.

Es wurden Insgesamt 68 Messstellen mit ca. 1.000 m Datenleitungen, noch zusätzliche Feuchte CO_2-Raum- und Globalstrahlungs- sowie Luftgütefühler installiert. In der überwiegenden Anzahl wurden Temperaturmessungen z. B. von Räumen, im Wandquerschnitt in der Lüftungsanlage und in den Zisternen durchgeführt. Weiterhin wurden noch Wärmemengen – und Stromzähler angebracht. Parallel dazu mussten noch die lokalen Wetterdaten erfasst werden. Zur Bewertung der vom Menschen empfundenen Behaglichkeit wurden noch zusätzlich Feuchte-, CO_2- und Luftgütefühler installiert. Die Daten aller 68 Messstellen werden in einem Zeitzyklus von 30 sec. erfasst und gespeichert. Insgesamt liegen Ergebnisse über einen Zeitraum von einem Jahr (1.März 2005 bis Sommer 2007) vor.

1.3.6 Detailergebnisse

1.3.6.1 Wärmebrücken

Der Einfluss von Wärmebrücken bei der Konzeption und Ausführung von Passivhäusern hat eine große Bedeutung. Dies kann im schlechtesten Fall bedeuten, dass bis zu 50 % des gesamten Rest-Heizenergiebedarfes nur aus den Wärmebrücken resultieren. Für das funktionieren eines Passivhauses ist es deshalb unabdingbar diese Wärmeverluste zu minimieren.

Dazu werden die Wärmebrücken mit zweidimensionalen Temperaturberechnungsprogrammen untersucht.

Aus den berechneten Isothermenverläufen lassen sich dann einerseits kritische Oberflächentemperaturen an der Innenseite von Bauteilen erkennen, und anderseits der längenbezogene Wärmebrückenverlustkoeffizient ermitteln. Mit diesen Daten lässt sich dann mit guter Genauigkeit mit dem PHPP der Heizenergieverbrauch berechnen.

Die Wärmebrücken wurden in drei iterativen Schritten optimiert. Als besondere Herausforderung erwies sich der Anschluss von Wand zur Bodenplatte an der Hangseite mit dem statisch notwendigen Fundamentsporn. Aufgrund der statisch notwendigen kraftschlüssigen Verbindung der Betonteile musste außenseitig noch eine zusätzliche Perimeterdämmung angebracht werden. Der Anteil der Energieverluste über die Wärmebrücken konnte letztendlich auf 25% des gesamten Heizenergiebedarfes begrenzt werden. Absolut betrachtet erhöhen die Wärmebrücken den Heizenergiebedarf um 3,8 kWh/m²a. Den größten Anteil an den Wärmeverlusten haben die erdberührten Bauteile mit einem Anteil von über 70 %.

1.3.6.2 Heizwärme nach PHPP

Im nächsten Schritt konnte das gesamte Haus optimiert werden, um so den Passivhausstandard auch sicher zu erreichen. Dazu wurde das statische Wärmebedarfsberechnungsverfahren nach PHPP verwendet. Zielmarke für die Erreichung des Passivhausstandards ist dabei:

- Heizwärme < 15 kWh/m²a (auch Restheizwärmebedarf)
- Primärenergiekennwert <120 kWh/m²a
- Überprüfung der Luftdichtheit mittels Blower-Door-Test; n_{50}-Wert < 0,6(1/h)

Die durchgeführten Variationsrechnungen führten zu verschiedenen Optimierungen. Im Ursprungskonzept ist man von einer Dicke der VIP-Elemente von 30 mm ausgegangen. Diese Dicke wurde dann auf 40mm erhöht, um auch andere „Unzulänglichkeiten auszugleichen. Dies bringt eine zusätzliche Einsparung beim Heizenergiebedarf von ca. 4kWh/m²a. Allerdings führte dies natürlich auch zu Mehrkosten bei den VIP`s.
Des Weiteren wurde noch der Paneelabstand der einzelnen Elemente untersucht für die Abstände von 0 cm bis 1 cm in einem Raster von 100 cm. Wichtigste Erkenntnis dabei ist, dass eine Reduzierung des Panelabstandes um 1cm eine Verringerung des Heizenergiebedarfes um1,8 kWh/m²a bedeutet (gilt für die

Elementdicke 40 mm). Deshalb war es unbedingt nötig, die Durchstoßpunkte der Anker möglichst auf 0 cm zu reduzieren, was durch die VIP-Einbuchtungen auch gelungen ist. Weiteres Verbesserungspotential lag in der Verwendung von Gläsern mit einem höheren g-Wert (0,6 gegenüber 0,48). Dies reduziert den Heizenergiebedarf nochmals um 3,5 kWh/m²a. Ein verbesserter Wärmerückgewinnungsgrad von 0,85 verringert den Heizenergiebedarf um 0,8 kWh/m²a.
Insgesamt konnte unter Berücksichtigung aller Optimierungen der Heizenergiekennwert absolut auf 14,8 kWh/m²a gedrückt werden, so dass auch die Zielmarke des Passivhaus-Institutes für den Heizenergiebedarf von 15 kWh/m²a unterschritten werden konnte. An dieser Stelle sei nochmals auf die Wärmebrückenproblematik verwiesen. Beim Demohaus summierten sich allein die Verluste über die Wärmebrücken auf ca. 30 %. Daraus folgt auch für zukünftige Projekte, dass möglichst auch bei der Verwendung von VIP`s standardmäßige Details mit den entsprechend notwendigen Berechnungsdaten den Planern zur Verfügung gestellt werden müssen. Erst dadurch wird auch im Markt eine möglichst große Verbreitung, sowie Vertrauen, in das Produkt geschaffen, ohne das Risiko eines Betriebs-, bzw. Bauschadens.

1.3.6.3 Optimierungen der haustechnischen Anlagen

Es wurden verschiedene anlagentechnische Vergleiche mittels einer dynamischen Simulationsrechnung durchgeführt. Als Parameter wurden die thermische Solaranlage, der Pufferspeicher, die Nachheizung für Warmwasser und Heizung, die Lüftung und die Photovoltaikanlage herangezogen. Dabei wurden auch verschiedene Anlagengrößen berücksichtigt.
Bei diesen Untersuchungen wurde deutlich, dass der notwendige Restenergiebedarf für die elektrische Nachheizung auf keinen Fall zu vernachlässigen ist. Die vorgesehene thermische Solaranlage in Kombination mit dem Pufferspeicher, bzw. der Wärmezisterne, kann die gewonnene Energie nicht ausreichend lange zur Verfügung stellen, so dass hier in extremen Kälteperioden ein entsprechender Bedarf an Energie für die elektrische Nachheizung anfällt. Für zukünftige Projekte ist eine erhebliche Vergrößerung der „Wärmezisterne“ vorzusehen.

Des Weiteren muss darauf hingewiesen werden, dass zwischen der statischen Untersuchung mit dem PHPP und der dynamischen Simulation von ISE ein deutlicher Unterschied im Heizwärmebedarf besteht. Beim PHPP wird standardmäßig von internen Wärmequellen mit einer Leistung von 2,1 W/m² ausgegangen. Das tatsächliche Demohaus in Voggenthal wird jedoch nur von 2 Personen bewohnt, welche bezogen auf die gesamte Energiebezugsfläche nur 0,6 W/m² generieren. Daraus ergab sich im ersten Jahr – nach Bezug im Dezember 2005 - ein höherer Restheizenergiebedarf von 21,6 kWh/m²a.
Bei den Versorgungssystemen wurden auch die Varianten „direktelektrische Nachheizung mit und ohne Erdreichwärmetauscher“, sowie „Einsatz einer kleinen Wärmepumpe mit Erdsonde“ untersucht. Vom Institut für Solare Energiesysteme ISE wird die Variante „Wärmepumpe mit Erdsonde“ favorisiert, da hierbei der schonende Umgang mit der Edelenergie Strom am besten kompensiert werden kann. Des Weiteren können natürlich die geringeren Betriebs- und Investitionskosten im Vergleich zur Photovoltaikanlage, sowie des geringeren Flächenbedarfes positiv berücksichtigt werden.

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstr. 44/46
D-64283 Darmstadt

Zertifikat

Das Passivhaus Institut bescheinigt dem Gebäude

Einfamilienhaus, Im Voggenthal 21, D-92318 Neumarkt

Bauherr: **VARIOTEC GmbH & Co. KG**
Weißmarterstr. 3, D-92318 Neumarkt/Oberpfalz

Architekt: **Forstner Architekturbüro**
Adolf-Menzel-Str. 4, D-92318 Neumarkt

Haustechnik: **Viatherm Heizung & Sanitär Vertriebs GmbH**
Johann-Mois-Ring 46, D-92318 Neumarkt

das Zertifikat

qualitätsgeprüftes Passivhaus

Die Planung des Gebäudes erfüllt die vom Passivhaus Institut vorgegebenen Kriterien für Passivhäuser. Bei sachgemäßer Bauausführung genügt es den folgenden Anforderungen:

- Das Gebäude hat einen rundum ausgezeichneten Wärmeschutz und bauphysikalisch hochwertige Anschlußdetails. Der sommerliche Sonnenschutz wurde bedacht. Der Heizwärmebedarf ist begrenzt auf

  15 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr

- Die Gebäudehülle besitzt eine gemäß ISO 9972 geprüfte, sehr gute Luftdichtheit, die eine Zugluftfreiheit und einen niedrigen Energieverbrauch ermöglicht. Der Luftwechsel über die Gebäudehülle wird bei 50 Pascal Druckdifferenz begrenzt auf

  0,6 je Stunde, bezogen auf das Gebäudeluftvolumen

- Das Haus verfügt über eine kontrollierte Wohnungslüftung mit hochwertigen Filtern, hocheffizienter Wärmerückgewinnung und niedrigem Stromverbrauch. Dadurch werden eine hohe Innenluftqualität und zugleich ein niedriger Energieverbrauch erreicht.
- Der gesamte jährliche Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom zusammen beträgt bei Standard-Nutzung nicht mehr als

  120 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr.

Das Zertifikat ist nur in Verbindung mit dem Zertifizierungsheft zu verwenden. Hieraus gehen die genauen Werte für dieses Gebäude hervor.

Passivhäuser bieten eine sehr gute Behaglichkeit im Sommer und im Winter. Sie können mit geringem Aufwand beheizt werden, z.B. durch eine Nachheizung der Zuluft. Die Gebäudehülle von Passivhäusern ist auf der Innenseite gleichmäßig warm; die Temperaturen der inneren Oberflächen unterscheiden sich kaum von der Raumlufttemperatur. Durch die hohe Dichtheit sind Zugerscheinungen bei normaler Nutzung ausgeschlossen. Die Wohnungslüftungsanlage stellt eine gleichbleibend gute Innenluftqualität sicher. Die Heizkosten in einem Passivhaus sind sehr gering. Wegen des niedrigen Energieverbrauchs bieten Passivhäuser eine hohe Sicherheit bei künftigen Energiepreissteigerungen oder Energieverknappungen. Darüber hinaus wird die Umwelt optimal geschützt, da Energieressourcen sehr sparsam eingesetzt und nur geringe Mengen von Kohlendioxid (CO_2) und von Luftschadstoffen emittiert werden.

ausgestellt:
Darmstadt, den 20. September 2005

Wolfgang Feist

Dr. Wolfgang Feist

1.3.6.4 Sommerlicher Wärmeschutz

Neben den wichtigen und notwendigen Maßnahmen zur Energieeinsparung in einem Passivhaus ist aber die „thermische Behaglichkeit“ mindestens von gleicher Bedeutung. Dabei darf es aus Nutzer- und Bewohnersicht zu keinen extremen Überhitzungen im Raum, speziell im Sommer, kommen. Anderseits muss unter allen Umständen der Einbau einer technischen Kühlung verhindert werden, da dies den Energieverbrauch überproportional steigern würde.
Die dazu durchgeführten Untersuchungen beinhalteten die Parameter:

- Aktivierung des Sonnenschutzes
- Nachtlüftung
- Zisternenkühlung

Die Simulationen zeigten sehr deutlich, wie wichtig es ist, rechzeitig den im Scheibenzwischenraum liegenden Sonnenschutz zu aktivieren. Über das EIB-System kann auch eine selbststeuernde Funktion programmiert werden. Durch die verspätete Verschattung kann es sonst sehr schnell zu einer Entleerung der Kühlzisterne kommen.
Aus den Untersuchungen lässt sich erkennen, wie wichtig die richtige Kapazitätsauslegung der Zisternen ist. Im vorliegenden Fall ist die Kühlzisterne mit einem Fassungsvermögen von 12,5 m³ noch ausreichend dimensioniert. Aus den Daten wird aber auch klar, dass im Betrieb die vorhandene Zisternenkühlleistung nur in tatsächlichen Extremsituationen über 26° C eingesetzt werden sollte. Ansonsten wird diese durch dauerhaften Betrieb relativ schnell entleert. Aufgrund der zukünftigen Messergebnisse unter realen Klima- und Nutzungsrandbedingungen lassen sich noch weiterführende Erkenntnisse für eine optimierte Betriebsweise und Regelstrategie gewinnen. Dieses bis auf den Pumpenstrom „passiv kühlende“ System bietet grundsätzlich gute Chancen um gewährleistet im Sommerlastfall auch angenehme Temperaturen unterhalb 26° C.

1.3.7 Messauswertungen

1.3.7.1 Thermografie-Aufnahmen

Die Aufnahmen mit der Wärmebildkamera wurden vom ISE am 5.12.2005 durchgeführt. Diese dienten der zusätzlichen Qualitätskontrolle, ob und wie weit die ausgeführten Baumassnahmen tatsächlich den planerischen Vorgaben auch unter schwierigen baupraktischen Randbedingungen entsprachen. Im Wesentlichen konnten keine gravierenden Mängel gefunden werden. Anderseits waren an einigen Stellen – hauptsächlich im Anschlussbereich Fenster / Wand – jedoch niedrigere Oberflächentemperaturen zu erkennen. Die darauf folgende Öffnung und Untersuchung der Fenster-Anschlussfolien ergab zahlreiche Perforationen infolge der Verlötung beim Verlegen der Jalousiesteuerungen.

1.3.7.2 Blower-Door-Messung

Die spätere zweite Messung der Luftdichtheit mittels Blower-Door ergab einen n_{50}-Wert von 0,33 1/h. Damit unterschreitet das gesamte Gebäude den vom Passivhaus Institut geforderten Wert von 0,6 (1/h) deutlich. Berücksichtigt man fast 3000 Durchdringungen und 800 lfdm Fugen, bestätigt dieser Wert, dass das „elementierte Bauen“ mit VIP möglich ist.

1.3.7.3 Bewertung des Gebäudes und der Haustechnik

1.3.7.3.1 Wandtemperaturen und Tauwasserrisiko

Durch die Messung von Temperaturen über den Wandquerschnitt an verschiedenen Stellen im Demohaus, sowie einer kontinuierliche Messstelle für Feuchte konnte das Kondenswasserrisiko untersucht werden. Zusammenfassend lässt sich eindeutig feststellen, dass an keiner untersuchten Stelle im Haus die Taupunkttemperatur innerhalb des Untersuchungszeitraumes unterschritten wurde. Es bestand somit kein Tauwasserrisiko. Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass die Dampfsperren voll funktionsfähig sind, da hinter dieser keine erhöhten Feuchten gemessen wurden.

1.3.7.3.2 Behaglichkeit und Luftqualität

Die Bewertung der Raumtemperaturen zeigt über große Zeiträume ein Temperaturfeld zwischen 20° und 25° C. Bei einer Anzahl von 352 Stunden mit einer Außenlufttemperatur von über 26° C ergibt sich einzig und allein im Obergeschoss eine Überschreitung von 0,63 %. Bedingt durch die geringere Nutzung des Souterrainbereiches liegt hier die mittlere Raumtemperatur um ca. 2° C niedriger als in den darüber liegenden Etagen. Die Messungen der Raumtemperatur belegten eindeutig, dass der thermische Raumkomfort während des ganzen Jahres gewährleistet war.

Zur besseren Beurteilung der Raumluftgüte wurde im Obergeschoss (Wohnbereich) ein CO_2-Sensor installiert. Als Beurteilungskriterien werden die von Pettenkofer definierten Werte von 1500 ppm für eine gute Luftqualität und der Wert von 1000 ppm für besonders hohe Ansprüche an die Luftqualität herangezogen. Die Auswertungen zeigen eine fast 100%ige Unterschreitung des Wertes von 1500 ppm. Die strengere Anforderung von 1000 ppm wird nur selten überschritten. Die gemessenen Werte liegen zu 77% in einem hervorragenden Bereich von 400 bis 700 ppm. Höhere CO_2-Konzentrationen treten nur in den Abendstunden und nachts in den Wintermonaten auf.

Zur besseren Beurteilung der vom Menschen subjektiv empfundenen Behaglichkeit werden das h,x-Diagramm mit den Beurteilungskriterien nach DIN EN 13779 herangezogen. Dabei ergibt sich ein Bereich mit Grenzen von: „zu warm / zu kalt“ auf der einen Seite und von: „zu trocken und zu feucht“ auf der anderen Seite. Diese „Behaglichkeitsflächen“ werden für der Sommer und Winter etwas unterschiedlich festgelegt. Die Auswertungen zeigen, dass sowohl im Winter als auch im Sommer die gemessen Temperaturen innerhalb der Bereichsgrenzen liegen.
Der VIP-Haus-Komfort ist somit entgegen den Befürchtungen mancher Experten (Thermoskanneneffekt) in vollem Umfange gewährleistet.

1.3.7.3.3 Heizenergie

Der Heizenergieverbrauch wurde monatlich ausgewertet und auch gradtagsbereinigt berechnet. Die Korrektur über die Gradtagszahl nach VDI 3807 erlaubt somit auch einen Vergleich mit anderen Gebäuden in anderen Regionen von Deutschland und deren Klimata.

Der Winter 2006/2007 war ein sehr milder. Die tatsächlichen Temperaturen lagen deutliche unter denen der Vergleichsberechnungen. Kleinere Messausfälle wurden über die Gradtagszahlen und berechneten Energiebedarfe entsprechend angepasst.
Beim Vergleich der einzelnen Geschosse untereinander ergibt sich für das Souterrain ein deutlich geringerer Wert mit 13,9 kWh/m²NGFa als in den darüber liegenden Geschossen mit Werten von 22,1 bzw. 25,0 kWh/m²NGFa. Daraus ergibt sich für das gesamte Demohaus ein Heizenergieverbrauch von 20,4 kWh/m²NGFa. Bei den vorgestellten Zahlen handelt es sich um die mit der Gradtagszahl bereinigten. Der Unterschied zu den prognostizierten Werten beträgt ca. 36 %. Diese doch relativ große Abweichung vom tatsächlichen Verbrauch könnte ihre Ursache in den noch baufeuchtebelasteten Betonwänden im Souterrain und EG haben. Weitere Ursachen liegen in der individuellen Nutzungsweise des Gebäudes mit höheren Temperaturen, welche nicht rechenkonform sind, sowie den äußerst geringen internen Wärmequellen, bzw.
Wärmegewinnen durch geringe Nutzungszeiten.

Die thermische Kollektoranlage lieferte in den Monaten Mai bis Oktober den kompletten Bedarf an Heizung und Warmwasser. Bei Betrachtung des gesamten Jahres ergibt sich ein Anteil von 44 % am gesamten Heizenergie- und Warmwasserbedarf.

Die Beurteilung der Effizienz der Wärmepumpe erfolgt über den so genannten COP-Wert. Dieser coefficient of performance errechnet sich aus dem Quotienten von Nutzwärme zu elektrischer Antriebsenergie. Um die primärenergetischen Vorteile zur Geltung zu bringen, sollte der COP-Wert über dem Vergleichswert einer Gasbrennwerttherme mit 3,0 liegen. Die berechneten Werte liegen in einem Bereich von 1,5 bis 5, 0. Allerdings muss bei der primärenergetischen Gesamtbetrachtung auch die Tauchpumpe mit einer Leistung von 850W in der Wärmezisterne berücksichtigt werden. Dadurch bedingt sinkt natürlich die Effizienz der Wärmepumpe deutlich. Die COP-Werte erreichen nur noch Werte von 1,0 bis 3,5. Bei zukünftigen Anlagen sollte eine kleinere und effizientere Pumpe möglichst auch in einem geschlossenen Kreislauf zum Einsatz kommen.
Das zweite Beurteilungskriterium für die Gesamteffizienz der Anlage über das Jahr betrachtet ist die Jahresarbeitszahl (JAZ). Auch hier werden wieder unterschiedliche Bilanzgrenzen mit einbezogen. Im Einzelnen errechnet sich die Jahresarbeitszahl wie folgt:

- Ohne Schichtenspeicherpumpe: 2,69
- Mit Schichtenspeicherpumpe: 2,59
- Mit zus. Zisternenpumpe 1,73

Anhand dieser Werte wird deutlich, dass an der Verbesserung der Effizienz noch gearbeitet werden muss. Eine Ursache für die niedrige Effizienz ist die zu hoch eingestellte Nutztemperatur von 55°C. Eine Reduzierung auf 35°C sollte hier aber schon eine deutliche Verbesserung bringen. Das Betriebsverhalten wurde durch eine neue Regelstrategie ab 4/2007 erheblich optimiert. Die Ladung des Pufferspeichers erfolgte nur noch bis auf +38° C, und der Heiz-Kühlmodus wurde von einer ursprünglich direkten Umschaltung auf eine intermitierende Lösung umgerüstet.

1.3.7.3.4 Photovoltaikanlage

Die Anlage erwirtschaftete in die Monaten Mai bis Juli die maximalen Erträge von 124 bis 154 kWh/kWp. Für das gesamte untersuchte Jahr im Zeitraum von März 2006 bis Februar 2007 ergab sich eine Strommenge von 3857 kWh Energie.
Der Strombedarf konnte in den Monaten April bis September durch die PV-Anlage gedeckt werden. Der Hilfsstrom konnte in den Monaten März und Oktober gedeckt werden. Insgesamt könnte in Zukunft durch eine weitere Betriebsoptimierung der Energiebezug noch gesenkt werden, so dass der Deckungsgrad durch die PV-Anlage weiter verbessert werden kann.

1.3.7.3.5 Elektrische Energiebilanz

Die Gesamtbilanz deckte Fehler in der noch nicht korrekt geregelten Heizanlage auf. So wurde in den ersten Monaten ein Großteil der benötigten Wärme über das elektrische Nachheizregister im Speicher erzeugt, was natürlich die Gesamtbilanz verschlechterte. Der gesamte Jahresverbrauch an elektrischer Energie für die TGA betrug 6408 kWh. Insgesamt ist der Anteil an Hilfsenergie für die Kühl- und Heizpumpen mit 21 % am Gesamtverbrauch der Betriebsenergie sehr hoch. Hier wurde durch Reduzierung und Optimierung der Pumpenlaufzeiten, sowie das zeitweise Abschalten des Heiz- und Kühlsystems eine deutliche Verminderung des elektrischen Energiebedarfes erreicht.

1.3.7.3.6 Wärmebilanz

Bedingt durch die schon angesprochenen Regelungsprobleme der Heizanlage in der Anlaufphase wurde vermehrt mit dem Heizregister des Speichers geheizt. Dadurch bedingt liegen die gemessenen Werte natürlich oberhalb der berechneten. Des Weiteren war die Wärmequelle der Wärmepumpe im Februar 2006 erschöpft, so dass ebenfalls mit dem Nachheizregister dazugeheizt werden musste. Die Thermische Solaranlage konnte in den Sommermonaten von Juli bis September den gesamten Warmwasserbedarf decken.

An Kälteenergie wurden im Gesamtjahr ca. 3,4 kWh/m² verbraucht. Diese konnte durch die Kältezisterne komplett gedeckt werden. Der tatsächliche Verbrauch trat in den Monaten Mai bis September auf, wobei der Monat Mai fast ganz zu vernachlässigen wäre.

2. Verwertungsmöglichkeiten

2.1 Marktsituation VIP 2003 – 2005

- VIP im Baueinsatz ohne einen Experten – bzw. VIP-Sachverständigen pro qm Bauteil, wäre nicht zu empfehlen!
- Fehlen jeglicher baupraktischer Planungs- und Einbauempfehlungen
- Keine, bzw. nur minimales Wissen über das Wesen der VIP`s bei allen Baubeteiligten
- Keine initiierte Nachfrage seitens des Baumarktes

2.2 Analyse möglicher VIP-Einsatzpotentiale

Bekannte Einsatzbereiche waren wenige Boden- und Dachterrassen, sowie die beschriebenen Forschungs-Fassaden.

Auf Basis einer groß angelegten Architekten- und Bauphysikerbefragung seitens VARIOTEC mit über 5000 Aussendungen, bzw. Fragebogenaktionen im Rahmen der VARIOTEC Architekten- und Innovationstage mit insgesamt 3450 Teilnehmer konnte eine Vielzahl an möglichen Einsatzpotentialen eruiert werden.

Diese wurden exemplarisch in der Broschüre **„Veni Vici Vip“** zusammengefasst und teilweise bereits bauphysikalisch sicheren Lösungen in Form von Planungs- und Datenblättern pro Einsatzbereich zugeführt.

2.2.1 VARIOTEC-Untersuchung über Passivhaus-Bauwillige und tatsächlichem Realisierungsgrad

Warum planen Architekten nicht mehr Passivhäuser?
Warum gibt es keinen Einsatz von VIP, zumindest als „Wärmebrückenkiller“?

Kurzfassung der VARIOTEC-Untersuchung:

Im Zeitraum 2004 und 2005 wurden 50 Bauherren bei VARIOTEC nach Passivhauskriterien, bzw. KFW 40-Zielen beraten. 9 Monate später erfolgte die Befragung zu den Umsetzungszielen.

- In der Befragung stellte sich heraus, dass lediglich 9 von 50 nach den ursprünglich energetisch definierten Zielen ihr Projekt realisiert haben.

Die Hauptbeweggründe für die Rückkehr zu einfachen Lösungen waren im Originalton wie folgt:

A) Der Architekt hat uns abgeraten, da zu kompliziert, zu teuer und zu langwierig.
B) Der Aufwand würde in keinem Verhältnis zu Förderungsmaßnahmen oder Energiekosteneinsparungen stehen.
C) Es gäbe keine Fachleute, bzw. nur sehr teuere, welche die komplizierten Einbauten / Umbauten sicher abwickeln könnten.

2.3 Ermittlung und Detaillierung von VIP-prädestinierten Einsatzbereichen im Bauwesen

Um die Fülle der möglichen VIP-Einsatzbereiche in Alt- und Neubau entsprechend handhabbar darzustellen, wurde ein Navigationssystem nach entsprechenden Gebäude- und Wandtypen konzipiert und in der Planungs-CD **„In Isothermen Veritas“** zusammengeführt.

Dieses Werk bietet mit 258 Darstellungen die Anfangsgrundlage für eine spätere Komplettdokumentation mit ca. 1000 Einzeldarstellungen über bauphysikalisch sicheres Planen und bautechnisch perfekte Umsetzung mit **VIP**. Die aufwändige

Ausarbeitung jeder einzelnen Lösung mit Betrachtung des jeweiligen Umfeldes erfordert jedoch einen weiteren Kosteneinsatz von ca. 80 bis 100 T €.

Feldversuche mit ausgewählten Passivhaus-Architekten aus dem VARIOTEC-Fundus mit insgesamt 4357 registrierten Büros (europaweit) ergab, dass dieser Weg einen Durchbruch im Arbeiten mit **VIP** ermöglicht. Es ist keinem Architekten aufgrund der nicht vorhandenen Erfahrung zuzumuten, dass er nur, um 3 – 50 qm VIP einzusetzen, einen Informations-, Berechnungs- und Planungsaufwand betreibt, der durch keinerlei Honorargegenleistungen abgedeckt ist. Siehe Punkt 2.2.1

Nach Präsentation der ersten Version **„In Isothermen Veritas“** mit ca. 10 Varianten wurde eine umfangreiche Nachfrage initiiert, welche dann auf dem 4. VARIOTEC-Innovationstag am 28.02. in 2007 mit der ersten Vollversion, präsentiert werden konnte.

2.4 Entwicklung eines Produkt-Konzeptes

Aus den Marktanalysen und Feldbefragungen ergab sich ganz klar die Notwendigkeit von sicheren Bauteilen, welche gleichzeitig alle Ansprüche des jeweiligen Projektes so erfassen, dass sie auch von normal qualifizierten, bzw. informierten Bauhandwerkern eingebaut, bzw. weiterverarbeitet werden können.

2.5 Bildung von VIP-Produktfamilien

Qasa wurde geboren und als Markenzeichen eingetragen.
Qasa bedeutet: Q für Wärme, Casa = Gebäude

Qasa verfügt über dem jeweiligen Einsatzzweck angepasste Schutzschichten oder Finnish-Oberflächen. **Qasa ist** eingeteilt in unterschiedliche Werkstoffgruppen, von einfachen Schutzhüllen, bis hin zu Glas, Aluminium, Edelstahl, Kunststoffen und Holzwerkstoffen, bzw. Furnieroberflächen und wurde in eine Dicken-, Format- und Formenpalette integriert. Für die Sanierung entstand das Programm mit dem anpassungsfähigen Qasaflex.

2.6 VIP und Wirtschaftlichkeitsgrenzen

Liegen im Neubaubereich die Grundstückspreise im Bereich von ca. 218,- € / qm aufwärts, ist eine Kompensation mit dem Flächengewinn darstellbar.

Im Sanierungsbereich entscheiden dagegen vordringlich die Themen: Aufbauhöhe, zur Verfügung stehender Platz, vermeidbare teuere Umbau-Folgemaßnahmen usw.

Das Investor-Nutzen-Dilemma wird häufig als Argument dafür angeführt, dass sich VIP-Optimierungsmaßnahmen für den Investor wirtschaftlich nicht lohnen. Hier sind mit entsprechenden Berechnungsmethoden dem Investor aufzuzeigen, dass die eingesparten Energiekosten auch im Mietwohnungsbereich über entsprechend höhere Warm-/Kaltmieten honoriert werden.

Systeme der Barwertberechnung sind auf VIP hin noch zu verfeinern und zu optimieren. Von entscheidender Bedeutung ist dabei natürlich, mit welchem Lambda-Rechenwert kann letztendlich geplant werden und auf welche Nutzungsdauer 25 / 50 ? Jahre kann die Zeitperiode bilanziert werden.

In diesem Punkt ist eine Software-Vernetzung mit **„In Isothermen Veritas“** sinnvoll und auch möglich und würde dann sofort neben dem jeweiligen wirtschaftlichen Ergebnis, die eingesparten kwh, die CO_2-Relevanz und noch weitere Entscheidungskriterien aufzeigen können.

2.7 Entwicklung einer Vertriebsstrategie

Wer kauft VIP`s?
Wer plant mit VIP`s?
Wer verarbeitet VIP`s?

Ausgehend von den bereits erläuterten VARIOTEC-Architekten- und Innovationstagen ergab sich relativ schnell die ideale Vertriebsstrategie. Diese beruht auf den 4 Säulen:

- Kommunikation
- Information bezüglich Detailwissen
- Schulung und Training für das Umsetzungspersonal
- 3 D-Erfassung von Bauprojekten, kombiniert mit einer CAD-Umsetzung für den Planungs- und Produktionsprozess

Diese Aufgaben konnten nur ansatzweise gelöst, bzw. in VARIOTEC implementiert werden.

2.8 Ausarbeitung und Einsatzplanung für VIP`s in Neubau und Sanierung

Um Architekten, Bauphysikern und Ingenieurbüros, sowie Energieberatern die Potentiale von VIP aufzuzeigen, entstand die erste Ausgabe des Handbuches **„Veni Vici Vip“** (10.000 Stück)**.** Eine zweite Auflage (30.000 Stück) mit ca. 250 Einsatzbereichen und Details sind für Anfang 2008 geplant.

2.9 Marketing-Planung für VIP-Qasa-Bauelemente

Durch Einschaltung entsprechender Marketing- und Internet-Experten konnten Plattformen geschaffen werden, die VIP-Qasa bereits international kommunizieren und mit Hilfe von entsprechenden Planungstools und Checklisten eine nonverbale Kommunikation ermöglichen. Die weitere Internationalisierung dieses Bereiches, sowie der Aufbau von VIP-e-learning-Konzepten ist in Vorbereitung.

2.10 Umsetzung und Markteinführung

Der Aufbau einer eigenen VIP-Produktion, deren Integration in die VARIOTEC-Sandwichproduktion, sowie die Nutzung der bestehenden Passivhauskontakte, ermöglichte eine professionelle Markteinführung mit großen Wachstumsraten und hochspezialisierten Produktions-, sowie Montageabwicklungen.

3. Ergebnisse Dritter

Die umfangreichen Untersuchungen des ISE sind in die erwähnten Darstellungen eingeflossen und werden an dieser Stelle nicht weiter aufgeführt.

3.1 Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (FIW)

3.1.1 Wärmebrückeneffekte bei VIP`s

Vom FIW wurde auf rechnerischem Wege untersucht, wie sich die Randausbildung der Elemente auf den Gesamtwärmeverlust eines Elementes auswirkt. Die Folie selbst wirkt als kleine Wärmebrücke im Elementstoß. Aus den vorliegenden Berechnungen wird deutlich, dass dieser Einfluss nicht zu vernachlässigen ist. Daraus resultiert in Anforderung, möglichst große VIP-Paneel-Abmessungen zu wählen, um so das Verhältnis Umfang zu Fläche möglichst gering zu halten. Aufgrund der Untersuchungen ist es möglich, für 2 Paneele den effektiven U-Wert abzuschätzen, aber auch weiteres Verbesserungspotential dafür zu nutzen.

3.1.2 Wärmebrückeneffekt eines Glasfaserankers

Die Wärmeleitfähigkeit eines Glasfaserankers ist im Vergleich zu metallischem Material deutlich niedriger. Daraus resultiert auch ein zu vernachlässigender Wärmebrückeneinfluss. Bei einer typischen Konstruktion mit 4 Ankern / m² beträgt der Einfluss weniger als 2 % und kann somit in Anlehnung an die DIN EN ISO 6946 vernachlässigt werden.

3.1.3 Zulassungsprüfung gemäß Prüfplan DIBt

Die Prüfungen wurden im Zweiplattengerät durchgeführt an Proben der Dicke 10, 30, 50 mm und einem Qasa-Element mit zusätzlichen beidseitig angebrachten Deckschichten. Es wurde die Wärmeleitfähigkeit im Ausgangszustand ermittelt, sowie nach 2 unterschiedlichen Klimawechselprüfungen. Der erste Alterungstest besteht aus 8 Zyklen über je 24 Stunden mit einem Temperaturwechsel von +80° C auf -15° C und anschließender Temperaturlagerung bei 80° C über 90 Tage. Der zweite Alterungstest beinhaltet wiederum eine 90-tägige Lagerung bei 80° C. Die genauen Ergebnisse sind im Prüfbericht L3-08/07 erläutert. Betrachtet man den Mittelwert aus den 3 unterschiedlichen Dicken nach dem künstlichen Alterungsprozess, dann liegt dieser Wert bei ca. 0,008 W/mK.

3.2 LGA – Zweigstelle Würzburg – Prüfamt für Baustatik

Untersucht wurde hierbei das Kriechverhalten von VIP-Elementen unter ständiger Druckbelastung, welches dem Einsatzfall Perimeterdämmung unter der tragenden Bodenplatte entspricht. Die Prüfungen wurden über einen Zeitraum von 20 Monaten durchgeführt. Die Zusammendrückungen aus der Kriechverformung betragen ca. 2,1 mm für einen Zeitraum von 50 Jahren. Die Verformungen aus der Last ergaben weniger als 5 mm, so dass sich die Dämmschichtdicke von 40 auf 35 mm reduziert. Bei der vorhandenen Konstruktion des Demohauses sind diese Verformungen als unbedenklich einzustufen.

4. Veröffentlichungen

4.1 Erstellung von Werkberichten, VIP-Qasa-Infobroschüren, Film- und Fernsehbeiträgen (3sat), Planungshilfsmitteln und Einbauanleitungen, wie z. B.:

4.1.1 Entwicklung der Einstiegsbroschüre **Impulse** – eine Übersicht über alle VARIOTEC-Leistungsbereiche, vorzugsweise unter Einsatz der VIP-Technologie.
Auflage: 20.000 Exemplare

4.1.2 Grundlage zum technisch sicheren Umgang mit VIP bildet die VARIOTEC-Broschüre **HEUREKA** – ein bauphysikalischer Leitfaden.
Auflage: 20.000 Exemplare

4.1.3 Der **Werkbereicht VIP-Nullheizenergiehaus** – modulares Bauen mit Qasa – beinhaltet alle Planungs- und Umsetzungserkenntnisse, sowie die in der Peripherie noch mit verwendeten zusätzlichen neuartigen Produkte, bzw. auch außerhalb des Forschungsprojektes liegenden Erkenntnisse.
Auflage: 30.000 Exemplare

4.1.4 Die Broschüre **Veni Vici Vip** über das Planen, Bauen und Sanieren mit VIP-Qasa – den hocheffizienten und raumsparenden Wärmebrückenkiller – ist zwischenzeitlich ein Bestseller im Markt geworden.
Gesamtauflage: 40.000 Exemplare

4.1.5 Mitwirkung und Realisation des 3sat-Filmes „Warme Bude“ (Sommer 2006) mit bisher 12 Ausstrahlungen → siehe auch CD

4.1.6 Im „**Aufbruch in neue Dimensionen“** sind alle Möglichkeiten der Passivhausoptimierung mit Fenster, Türen und Vakuum-Isolationspaneelen, sowohl in der Gebäudehülle, als auch in einzelnen Bauteilen, wie Fensterlaibungen, Fensterbrüstungen, Türen und Pfosten-Riegel-Fassadensystemen zusammengefasst.

4.1.7 Der energetischen Gebäudesanierung mit **Faktor 10** und VIP widmet sich eine Broschüre, die von Dr. Schulze Darup, in Zusammenarbeit mit einem Arbeitsteam, unter Mitwirkung von VARIOTEC, entwickelt wurde.
Auflage durch die DBU: zwischenzeitlich ca. 5.000 Exemplare

VARIOTEC

die meisterliche tür
Außen- und Funktionstüren
VARIOTEC
d-pac
das professionelle Partnerkonzept

Aufbruch in neue Dimensionen...
Passivhaussysteme im Aufwind
Mit Leichtigkeit in neue Märkte
VARIOTEC - mehr als nur eine Garantie
VARIOTEC

IN ISOTHERMEN
Einbauatlas für energieoptimierte Baukörperanschlüsse
in Neubau, Sanierung und für Spezialaufgaben
Planungsvorlagen für KfW 40/60 und nach Passivhauskriterien
VARIOTEC

veni - vici - vip
Planen Bauen Sanieren
mit VIP + Qasa, den hocheffizienten
und raumsparenden Wärmebrückenkillern
... inkl. Kurzfassung des
Werkberichtes über das
VARIOTEC-Nullheizenergiehaus
VARIOTEC

Heureka!
Ein Leitfaden für den Umgang
mit Außentüren und Fenstern
Archimedes
285 - 212
v. Chr.
... und warum
ist heute
vieles anders?
VARIOTEC

Energetische
Gebäudesanierung
mit Faktor 10
Dr. Burkhard Schulze Darup
DBU

4.1.8 Ende 2006 wurde mit dem **Erfolgsplaner 2007 / 08** eine Übersicht über alle VIP-Aktivitäten geschaffen, welche mit einer Auflage von 50.000 Stück an alle gespeicherten Adressen, aus Planung, Beratung und Wissenschaft, bis zu den Bauausführenden, versandt wurde.

4.1.9 Entwicklung und Umsetzung der Planungs-CD **In Isothermen Veritas** mit 258 Planungsdetails für Baukörperanschlüsse in 3 energetischen Klassen, wie KFW 60 – KFW 40 – Passivhaus und unter Berücksichtigung des jeweiligen Umfeldes Fenster, Türen, Fassaden etc.
Auflage: 5.000 Stück (bereits vergriffen)
Ausbau dieses äußerst wichtigen Informationskonzeptes erfolgt Anfang 2008 mit einer Auflage von voraussichtlich 15.000 Stück.

4.1.10 Den vorläufigen Abschluss fand die Schriftenreihe mit der Erstellung:
Vakuumgedämmte Fertigteile in der Baupraxis seitens BINE.
Projekt Info 09/07.

Ein Großteil dieser Publikationen steht zwischenzeitlich in folgenden Sprachen zur Verfügung:
Englisch, französisch, italienisch, polnisch, russisch, tschechisch und arabisch

Alle erwähnten Veröffentlichungen sind im Komplett-Berichtsordner als Anlage zu finden, ebenso die letzten Beiträge zum VARIOTEC-Innovationstag 2007,
→ siehe CD.

4.2 Umfangreiche Pressearbeit mit 12 verschiedenen redaktionellen Beiträgen

Diese VIP-Presseartikel wurden in insgesamt 23 in- und ausländischen Fachorganen mit 54 Veröffentlichungen publiziert. Sie geben einen Einblick in die Öffentlichkeitsarbeit von VARIOTEC, auch eine Steilvorlage für den gesamten VIP-Markt, denn die daraus resultierenden Nachfragen zeigen die Auswirkungen dieser zeit- und kostenintensiven VARIOTEC-Bemühungen.

Presseartikel
- VIP Vakuum-Isolations-Paneele QASA von VARIOTEC
- Mit Vakuumdämmung in die Zukunft
- VARIOTEC sucht den Eiswetten-Champion
- Auf nach Berching! – VARIOTEC lädt zum Innovationstag
- Sanieren mit Faktor 10 ist möglich
- Energieeffizienz im Rampenlicht
- Dünner dämmen im Passivhaus
- VARIOTEC glänzt auf der Bau 2007
- Auf zum VARIOTEC-Innovationstag
- Wegweisende Planungshilfe für Fenster- und Außentürenanschlüsse entwickelt
- VARIOTEC mit Preis „Produktinnovation Bauen im Bestand 2007“ ausgezeichnet
- Qasaflex mit BAKA

4.3 Planung und Durchführung von VARIOTEC-Architekten- und Innovationstagen
→ siehe hierzu auch www.variotec.de → Presse → Pressearchiv

Die Erkenntnis, dass VIP im Baubereich nur über eine kontinuierliche und professionelle Kommunikation möglich ist, führte zu der Einrichtung eines jährlichen

„VARIOTEC-Architekten-, bzw. Innovationstages“

Diese insgesamt 5 Veranstaltungen, beginnend in 2003 mit 45 Teilnehmern, und in 2007 mit 1023 (Gesamtteilnehmer: 3580), zeigt die massiven VARIOTEC-Bemühungen, VIP im Bauwesen zu verankern.
Siehe auch www.variotec.de → Innovationstage

Eine effizientere Verwertungsmöglichkeit, bzw. Veröffentlichung, von Projektergebnissen wird es kaum geben können.

4.4 Ausarbeitung von Vorträgen und Platzierung auf nationalen / internationalen Foren (Dubei, Abu Dhabi), nationalen Veranstaltungen, Messebegleitenden Symposien usw.

4.4.1 Im Projekt-Zeitraum 2004 bis Ende 2007 wurden von VARIOTEC-Mitarbeitern, sowie von Netzwerk-Partnern aus dem Bereich Architektur, Bauphysik, bzw. von beteiligten Forschungspartnern, insgesamt 223 Vorträge absolviert. Das Spektrum erstreckt sich von Universitäten, Fachhochschulen, bis hin zu Techniker- und Meisterschulen, sowie Fachvorträgen auf Veranstaltungen, wie z. B. Erneuerbare Energien, Passivhaus-Tagungen, Baumessen in West- und Osteuropa usw.

4.4.2 Nachfolgende Auflistung der 12 Vortragsthemen zeigt die Breite, sowie Tiefe, der kommunizierten VIP-relevanten Themen.

- Werkbericht: Vakuumgedämmtes Nullheizenergiehaus in Elementbauweise
- Energieautark und Zukunftssicher im Passivhaus
- Modulares Bauen mit vakuumgedämmten Raumzellen
- Monitoring, Zwischenergebnisse und Betriebserfahrungen aus dem vakuumgedämmten Nullheizenergiehaus in Voggenthal
- Veni Vici Vip – mit innovativen Hightech-Dämmstoffen zu neuen Lösungen. Anwendungen, Einsatzgebiete, Kosten-Nutzen-Analyse

- VARIOTEC „In Isothermen Veritas“, der revolutionäre Wärmebrückenatlas für energieoptimierte Baukörperanschlüsse
- Qualitätssicherung bei VIP-Elementen und gütegesicherte Bauprozesse mit Qasa-Elementen
- Die Zukunft der Energiegesellschaft Ressourcen-Potentiale-Lösungen: von 23 l auf 1,5 l - Sanieren mit „Faktor 10“
- **„Energieeffizienz und PCM“ (Latentwärmespeicher)**
  Evaluierung der Energieeffizienz von aktiv durchströmten Wandkühlflächen mit Phasenwechselmaterial in Wohngebäuden in Kombination mit einer Zisternenkühlung und Optimierung des Betriebes durch Entwicklung geeigneter Regelstrategien.
  Entwicklung und Evaluierung der Restwärmedeckung eines Passivhauses durch Einschaltung einer Warmwasserzisterne mit Wasser-Wärmepumpe.
- **„Vakuum-Innendämmung für den Denkmalschutz“**
  Hierfür erhielt VARIOTEC den Preis „Produktinnovation Bauen im Bestand 2007“ auf der BAU München 2007
  Wissenschaftliche Analyse eines auf vorgefertigten Vakuum-Paneel-Verbundplatten beruhenden Innenwandsystems.
- **„Vakuum-Dämmelemente in der energetischen Sanierung“**
  Maßgefertigte Vakuum-Dämmelemente für das Bauen im Bestand, vorzugsweise Fassaden-Systeme mit 3D-Vermessungstechnologie
- **„Energetische und wirtschaftliche Optimierung von VIP-Paneelen“**
  Optimierung der energetischen Eigenschaften und der Wirtschaftlichkeit von VIP-Paneelen durch die optimale Kombination von Kieselsäure-, Mineralfaser- und EPS-Dämmstoff für verschiedene Bauweisen

4.5 Teilnahme mit VIP-Produkten an nationalen / internationalen Messen und Ausstellungen

4.5.1 Im Zeitraum 2003 bis 2007 wurden im In- und Ausland insgesamt 16 Großmessen für Bau und Baunebenprodukte mit Messeständen, zwischen 15 und 120 qm, beschickt.

4.5.2 Ergänzend zu dieser Strategie wurden zielgruppenspezifische Veranstaltungen konzipiert und diese in Zusammenarbeit mit folgenden Gremien umgesetzt:

- Architekten-Verbände
- Industrie- und Handelskammern
- Handwerkskammern und Innungen
- Netzwerkpartnern
- Großkunden, sowie
- Veranstaltern für energieeffizientes Planen, Bauen und Sanieren

Auf den insgesamt 176 Veranstaltungen wurden ca. 16.300 Fachleute informiert.