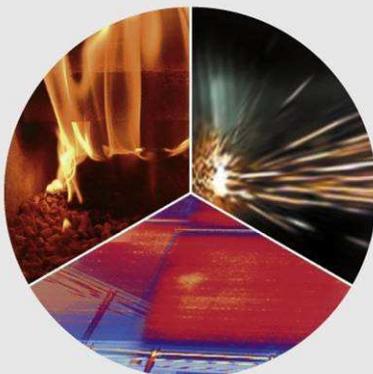


VIP - PROVE

Vakuumisolationspaneele

- Bewährung in der Baupraxis -**
- wissenschaftliche Begleitforschung –**

Report ZAE 2 - 1210 - 11 (2010)



**BAYERISCHES ZENTRUM FÜR
ANGEWANDTE ENERGIEFORSCHUNG E.V.**
BAVARIAN CENTER FOR
APPLIED ENERGY RESEARCH

Dieses Heft enthält den Schlussbericht für das vom
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
geförderte Vorhaben

“Energieoptimiertes Bauen, ViBau:

VIP - PROVE

Vakuumisolationspaneele
- Bewährung in der Baupraxis -
wissenschaftliche Begleitforschung

Förderkennzeichen: 0327321N

Autoren:

Dr. Ulrich Heinemann

Ronny Kastner

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie übernimmt keine Gewähr insbesondere für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben.

Alle Rechte vorbehalten

© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. ZAE Bayern, 2010

Am Hubland, 97074 Würzburg, Tel. 0931 / 70564-0, Fax 0931 / 70564-60,

info2@zae.uni-wuerzburg.de, <http://www.zae-bayern.de>

Das Vorhaben wurde gefördert durch:



und finanziell unterstützt durch:

Bifire S.r.l, Nova Milanese



E.ON Energie AG, München



Porextherm Dämmstoffe GmbH, Kempten



Vaku-Isotherm GmbH, Rossau



Va-Q-tec AG, Würzburg



Variotec Sandwichelemente GmbH & Co.KG, Neumarkt



Wipak Walsrode GmbH & Co.KG, Walsrode



Vorwort

Das physikalische Prinzip der Vakuumdämmung ist schon lange bekannt, deren hervorragende Wärmedämmwirkung auch dem Laien in Form der Thermoskanne aus dem täglichen Leben geläufig.

Mitte der 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurden flache evakuierte Elemente entwickelt, die vor allem in Kühl- und Gefriergeräten eingesetzt wurden. Während bei Thermoskannen die Druckkräfte des umgebenden Luftdrucks von der zylindrischen Hülle getragen werden, muss bei flachen Elementen ein in den Hohlraum eingebrachtes Füllmaterial die enormen Drucklasten aufnehmen (10 Tonnen pro m²). Mit diesem zusätzlichen Füllmaterial ist zwar im Vergleich zur Thermoskanne ein erhöhter Wärmetransport verbunden, gleichzeitig verringern sich aber auch die Anforderungen an die Qualität des Vakuums und somit an die Dichtigkeit der Hülle. Andere Hüllkonzepte ermöglichen eine von den Thermoskannen ungewohnte hohe Flexibilität in der Fertigung.

Aufbauend auf Grundlagenuntersuchungen und Tests in einigen ersten Demonstrationsobjekten konnte in den Jahren bis etwa 2005 auf wissenschaftlicher Ebene in der Vergangenheit abgeleitet werden, dass diese schlanken, hocheffizienten Wärmedämmelemente, so genannte **Vakuumisolationspaneele VIP**, im Prinzip auch für den Einsatz im Bauwesen mit besonders hohen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit (> 50 Jahre) geeignet sind. Dem Reiz hocheffizienter, schlanker Dämmungen mit einer gegenüber herkömmlichen Dämmstoffen 5 bis 10 mal höheren Dämmwirkung, steht jedoch ein tiefes Misstrauen entgegen, die Unversehrtheit der Vakuumschale bei der Verarbeitung in der baulichen Praxis betreffend, wie auch der dauerhaften Qualität des Vakuums in den Paneelen.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Begleitforschung, in der vor allem auch an einer Vielzahl kommerziell realisierter Objekte die Funktionstüchtigkeit der VIP in der mitunter rauen Baupraxis untersucht wurde. Die unerwartet positiven Ergebnisse dürften das Vertrauen in diese „nicht ganz einfache“, mit einigen Besonderheiten behaftete neue Hochleistungsdämmtechnik erheblich stärken.

An dieser Stelle sei all denen gedankt, die zu der erfolgreichen Durchführung dieses Vorhabens beigetragen haben:

- An erster und besonderer Stelle all jenen, die ihr Objekt für das Monitoring zur Verfügung gestellt, uns mit vielen Detailinformationen unterstützt und auch die wiederholten „nächtlichen“ Aufnahmeaktionen geduldet haben. Wir danken Ihnen für Ihr Verständnis, dass wir aus juristischen

Gründen ein Gesamtergebnis präsentieren, dass die den einen oder anderen besonders interessierenden Detailergebnisse nicht enthält.

- Herrn Prof. Wolfgang Sorge und Mitarbeiter Herrn Moritz Wagner für die Ausarbeitung der umfangreichen Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung. Die intensive Einarbeitung in das Thema hat sicherlich mehr Zeit in Anspruch genommen als ursprünglich geplant.
- Herrn Dietmar Walberg von der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. für die Vermittlung möglicher Untersuchungsobjekte im Norddeutschen Raum;
- Herrn Prof. Georg-Wilhelm Mainka und Herrn Heiko Winkler von der Universität Rostock für die zur Verfügungsstellung von Unterlagen und Thermografieaufnahmen aus dem Projekt „Energetische Verbesserung der Bausubstanz der Kindertagesstätte ‚Plappersnut‘ in Wismar“;
- zahllosen ungenannten Beteiligten für das Einbringen und Austauschen von Erfahrungen, auf nationaler wie aber auch auf internationaler Ebene. Diese Informationen bilden eine wesentliche Grundlage für die Inhalte der Kommunikations- und Informationsplattform zur Anwendung von Vakuumisolationspaneelen im Gebäudebereich www.vip-bau.de;
- Herrn Johannes Lang vom BINE Informationsdienst, nicht nur für unterstützende Beiträge auf dem Internetauftritt EnOB - Forschung für Energieoptimiertes Bauen www.enob.info, sondern auch für die hervorragende Moderierung der abschließenden Plenardiskussion auf der 3. Fachtagung VIP-BAU;
- auch den Mitarbeitern aus dem eigenen Hause, Frau Jennifer Wiseman-Weismann für die Neugestaltung und Pflege der Internetplattform www.vip-bau.de, Herrn Stephan Braxmeier für die Unterstützung bei den Thermografieaufnahmen in manch bitterkalter Winternacht, wie auch vielen weiteren, die bei der Organisation und Durchführung der beiden Fachveranstaltungen zum Thema Vakuumdämmung tatkräftig mitgeholfen haben.

Besonderer Dank gilt aber auch denjenigen, durch die dieses Vorhaben überhaupt erst möglich wurde, die das Projekt finanziell und ideell und mit zahlreichen Anregungen getragen haben:

- dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und dem projektbegleitenden Team des Projektträgers Jülich PTJ, Herrn Markus Kratz und Frau Dr. Astrid Wille,
- den VIP-Herstellern Porextherm Dämmstoffe GmbH/Kempton, Vaku-Isotherm GmbH/Rossau, Variotec Sandwichelemente GmbH & Co.KG, Neumarkt und Va-Q-tec AG/Würzburg, sowie
- den Firmen Bifire S.r.l./Nova Milanese, E.ON Energie AG München und Wipak Walsrode GmbH & Co.KG/Walsrode.

Würzburg, im Dezember 2010

Die Autoren

Zusammenfassung

Hocheffiziente schlanke Wärmedämmelemente auf der Basis von **Vakuumisolationspaneelen** VIP weisen gegenüber herkömmlichen Wärmedämmstoffen eine 5 bis 10 mal höhere Dämmwirkung auf. Auch im Bauwesen werden sie seit einigen Jahren vor allem dort eingesetzt, wo Platz nur begrenzt vorhanden oder wertvoll ist, oder aber wo sich bei hervorragendem Wärmeschutz neue architektonische Gestaltungsmöglichkeiten eröffnen. Allerdings ist diese Dämmtechnik mit einigen Besonderheiten behaftet: Die Elemente können nicht vor Ort zugeschnitten oder angepasst werden. Daraus ergibt sich ein für eine Wärmedämmung ungewohnter zusätzlicher Planungsaufwand. Auch wirken sich Wärmebrücken deutlich kritischer auf den Gesamtwärmedurchgang aus. Insbesondere ist aber bei der Handhabung und Montage besondere Sorgfalt erforderlich, damit die Vakuumschicht nicht beschädigt wird und ein Großteil der guten Dämmwirkung verloren geht.

Ziel der wissenschaftlichen Begleitforschung, des Projektes VIP-PROVE, war daher für einen verbreiteten Einsatz dieser neuen Technologie bestehende Hemmnisse abzubauen. Insbesondere sollte dem tiefen Misstrauen, die Unversehrtheit der Vakuumschicht bei der Verarbeitung in der baulichen Praxis betreffend, wie auch der dauerhaften Qualität des Vakuums in den Paneelen, begegnet werden. Zur Stärkung des Vertrauens in die VIP-Technologie wurden insbesondere folgende Arbeitsschwerpunkte bearbeitet:

- Prüfung / Nachweis der Praxistauglichkeit durch Monitoring,
- unterstützende Maßnahmen zum Nachweis gesicherter Qualität,
- Übertragung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern, sowie
- eine verstärkte Informationsaufbereitung und Informationsverbreitung.

Für das wissenschaftliche Monitoring standen 29 überwiegend kommerziell realisierte Objekte mit einer Gesamtfläche von 8206 m² installierter Vakuumisolationspaneele zur Verfügung. Hiervon konnten an 19 Objekten 3224 m² thermografisch untersucht werden. Bei 2403 m² wurden diese Untersuchungen in größeren zeitlichen Abständen mehrfach durchgeführt. Es waren unterschiedliche Anwendungsbereiche - Innen, Außen, Decke, Kern, Brüstung, Dach - mit Paneelen aller Hersteller in Deutschland berücksichtigt.

Die Thermografieaufnahmen wurden im Detail hinsichtlich auffälliger Oberflächentemperaturen jeweils für die Mitte der Paneele analysiert. Temperaturabweichungen wurden quantifiziert und mit numerischen Berechnungen verglichen. Von den 3224 m² untersuchter VIP waren über alle Objekte und Anwendungsbereiche hinweg 12,8% als auffällig einzustufen. Dabei fielen drei Objekte in

der statistischen Auswertung besonders aus dem Rahmen. Lässt man diese drei Objekte in der Auswertung begründet unberücksichtigt - es lagen jeweils konkrete Hinweise für Fehler in der Ausführung vor -, so reduziert sich der Anteil auffälliger Paneele auf insgesamt 4,9%.

Für den allergrößten Teil dieser Paneele ist von einer Belüftung aufgrund einer Beschädigung der Hülle auszugehen. Nur bei insgesamt vier Objekten besteht der begründete Verdacht, dass die Dämmwirkung beschleunigt nachlässt: Bei einem Objekt wurde bekanntermaßen ein ungeeigneter Kleber verwendet, bei drei Objekten eines anderen Herstellers ist die Ursache ungeklärt. Die wiederholt durchgeführten Untersuchungen haben darüber hinaus keine weiteren ungewöhnlichen Änderungen oder Ausfallmechanismen erkennen lassen. Auch bei der ältesten, inzwischen mehr als 10 Jahre im Einsatz befindenden Anwendung, war die geringe reguläre Degradation erwartungsgemäß nicht aufzulösen.

Somit scheint für die Anwendung von Vakuumisolationspaneelen in der Baupraxis insbesondere die Handhabung und Verarbeitung kritisch. Einmal intakt in der baulichen Anwendung integriert, scheint die Vakuumdämmung über alle unterschiedlichen Anwendungen hinweg zuverlässig zu funktionieren. Angesichts der Tatsache, dass bei den untersuchten Objekten Planer und Ausführende vielfach zum ersten Mal mit dieser neuen Dämmtechnik beschäftigt waren, scheint bei entsprechender Sorgfalt eine deutliche Verringerung der „Auffälligkeitsquote“ möglich.

Im Verlauf des Vorhabens wurden für verschiedene Produkte verschiedener Hersteller und verschiedene Anwendungsbereiche allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erteilt. In dem dort festgelegten, für den Planer relevanten Bemessungswert für die Wärmeleitfähigkeit sind jeweils nicht nur die Wärmebrückeneffekte stumpf gestoßener Paneele und Sicherheitszuschläge berücksichtigt, sondern auch die für die ersten 25 Jahre zu erwartende Alterung. In Übereinstimmung mit den Erkenntnissen aus diesem Vorhaben, ist dort auch festgeschrieben, dass der Einbau nur durch geschultes Fachpersonal erfolgen darf, das über ausreichende Erfahrungen für den sorgfältigen Umgang mit den VIP-Elementen verfügt.

Die Internetseite www.vip-bau.de ist nach wie vor die zentrale Informationsplattform zu hocheffizienten Dämmelementen auf der Basis evakuierter Bauelemente. Dort sind neben vielen anderen Übersichts-, wie auch Detailinformationen auch die Beiträge zu den Fachveranstaltungen, die im Rahmen dieses Vorhabens (mit-)organisiert wurden, eingestellt.

Umfangreiche Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern in Form eines allgemeinen Informationsskriptes, sowie mehrerer Sätze von Powerpointpräsentationen unterschiedlicher Detaillierung, die fachgruppenspezifisch eingesetzt werden können, stehen dort ebenfalls kostenlos zum Herunterladen zur Verfügung.

Inhaltsverzeichnis

EINLEITUNG	1
1 VORHABENBESCHREIBUNG.....	4
1.1 Gesamtziel des Vorhabens.....	4
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	6
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	7
1.4 Wissenschaftlich und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	10
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	13
2 EINGEHENDE DARSTELLUNG DER EINZELNEN ARBEITEN	15
2.1 Monitoring	15
2.1.1 Sammlung und bewertete Darstellung von Objekten	16
2.1.1.1 Suche und Auswahl geeigneter Objekte.....	16
2.1.2 Auswahl für das Monitoring geeigneter Objekte	27
2.1.2.1 Auswahlkriterien	27
2.1.2.2 Ausgewählte Objekte.....	30
2.1.2.3 Untersuchungsmethoden	37
2.1.2.4 Bewertung	46
2.1.3 Ergebnisse der Untersuchungen	48
2.1.3.1 Ergebnisse erstmaliger Aufnahmen: der „IST-Zustand“	49
2.1.3.2 Interpretation der Momentaufnahmen	52
2.1.3.3 Wiederholte Momentaufnahmen im Vergleich.....	56
2.1.3.4 Sichtkontrollen.....	60
2.1.3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse des Monitorings.....	62
2.2 Erarbeitung von Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung	64
2.2.1 Umfragebogen.....	64
2.2.2 Literaturrecherchen	69
2.2.3 Struktur der Lehr- und Weiterbildungsunterlagen.....	69

2.2.3.1	Vorlesungsskript.....	69
2.2.3.2	Präsentationen	72
2.2.3.3	Entscheidungsmatrix	73
2.3	öffentlichkeitsarbeiten	74
2.3.1	3. Fachtagung VIP-BAU	75
2.3.2	8 th Int. Vacuum Insulation Symposium 2007/Würzburg	76
2.3.3	9 th Int. Vacuum Insulation Symposium 2009/London	78
2.3.4	Internetplattform www.vip-bau.de	78
2.3.5	Güteschutzgemeinschaft	84
2.3.6	Publikationen und Vorträge	85
3	FAZIT / VORAUSSICHTLICHER NUTZEN DER ARBEITEN.....	93

Einleitung

Die zunehmende Einsicht, dass einerseits die „Vorräte“ an fossilen Energieträgern, auf denen unsere Energieversorgung nach wie vor wesentlich basiert, endlich sind, dass andererseits mit der Nutzung dieser fossilen Energieträger Treibhausgase freigesetzt werden, die zu Veränderungen des Klimas auf unsere Erde führen, deren negative Konsequenzen für die Vielfalt des Lebens, aber auch deren wirtschaftliche Folgen kaum abzuschätzen sind, zwingt uns immer drängender unsere Energieversorgung zu hinterfragen, nach Alternativen zu suchen, uns aber auch um eine deutlich rationellere Energienutzung zu bemühen. Bei unverändertem weltweiten Verbrauch dürften in wenigen Jahrzehnten (Öl und Gas) oder Jahrhunderten (Kohle) voraussichtlich aufgebraucht sein. Bei zunehmender Verknappung, zusätzlich beschleunigt durch zunehmende Nachfrage aus den bevölkerungsstarken Schwellenländern, ist mit einem dramatischen Anstieg der Rohstoffpreise zu rechnen.

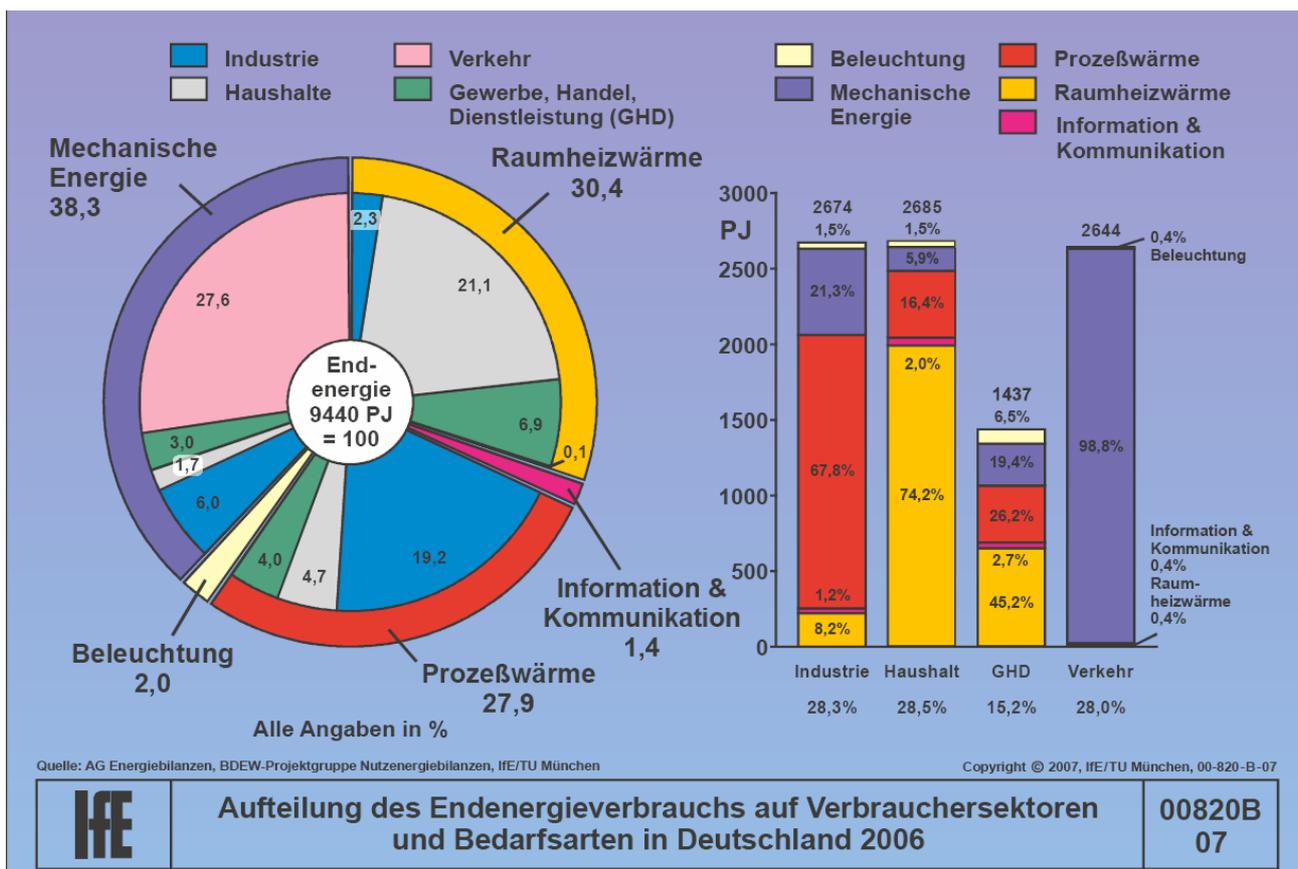


Abbildung 1: Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2006 (Quelle: Tzschentschler P., Nickel M., Wernicke I., Buttermann H.-G, Energieverbrauch in Deutschland - Stand 2006: Daten, Fakten, Kommentare. erschienen in BWK Ausgabe 3-2008, Seite 46-51; ISSN: 1618-193X; Düsseldorf 2008).

Auch wenn es hinsichtlich identischer Lösungsansätze als günstiger Umstand zu werten ist, dass diese beiden unabhängigen Probleme zusammentreffen, so scheint doch im zu erwartenden zeitlichen Verlauf die Notwendigkeit, die Klimaänderungen in Grenzen zu halten, dringender.

Neben allen Bemühungen die Energieversorgung auf alternative, regenerative Energiequellen umzustellen, bieten sich erhebliche Potentiale den Energieverbrauch durch Erhöhung der Energieeffizienz zu reduzieren. Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass wir in Deutschland 30% der gesamten Endenergie aufwenden, um durch die Gebäudehülle entweichende Wärme zu ersetzen. Im privaten Haushalt liegt dieser Anteil sogar bei nahezu 75%. Was liegt also näher, als diese Verluste zu reduzieren?

Energieeffizienzmaßnahmen speziell in Wohngebäuden setzen daher vor allem und zu aller erst an einer Reduzierung der Transmissionswärmeverluste der Gebäudehülle an. Neben dem verstärkten Einsatz konventioneller Dämmmaterialien können neue Materialien und Komponenten weitergehende Lösungen bieten, die insbesondere unter dem Gesichtspunkt des hierfür benötigten Raums effizienter sind, aber auch neue technische und gestalterische Möglichkeiten eröffnen.

Was bei der Thermoskanne funktioniert, kann auch ein Weg für den Wärmeschutz von Gebäuden sein: die Dämmung durch Vakuum. In den vergangenen Jahren wurden solche Elemente entwickelt und erprobt. Die Dämmwirkung dieser so genannten Vakuumisolationspaneele (VIP) übersteigt die konventioneller Dämmsysteme um das Fünf- bis Zehnfache. Die Vakuumdämmung benötigt für die gleiche Wirkung also entsprechend geringere Dämmstoffstärken – ein großer Vorteil bei beengten Platzverhältnissen oder bei hohen Ansprüchen an den Wärmeschutz.

Allerdings ist diese Dämmtechnik mit einigen Besonderheiten behaftet: Die Elemente können nicht vor Ort zugeschnitten oder angepasst werden. Daraus ergibt sich ein für eine Wärmedämmung ungewohnter zusätzlicher Planungsaufwand. Auch wirken sich Wärmebrücken deutlich kritischer auf den Gesamtwärmedurchgang aus. Insbesondere ist aber bei der Handhabung und Montage besondere Sorgfalt erforderlich, damit die Vakuumschicht nicht beschädigt wird und ein Großteil der guten Dämmwirkung verloren geht.

Vakuumdämmungen für die Baubranche wurden in den vorangegangenen Jahren in verschiedenen Forschungsprojekten erprobt, getestet und stetig weiterentwickelt. In ViBau, einem Forschungsakzent der Forschungsinitiative „Forschung für Energieoptimiertes Bauen“ (EnOB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, arbeiten verschiedene Forschungsinstitute und Entwicklungsabteilungen von Unternehmen weiterhin an besseren und kostengünstigeren Kombinationen alternativer Kernmaterialien und noch dichterem Folien, sowie an neuen Hüll- und Versiegelungstechniken. Gleichzeitig erprobten Architekten, Planer und Unternehmen aus der Baubranche die

praktische Anwendung im Bauprozess. Der Forschungsschwerpunkt verlagerte sich in den vorangegangenen Jahren von der Herstellung der Paneele hin zu den baupraktischen Anwendungen. Zuletzt standen die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung im Fokus.

Dennoch stand dem Reiz hocheffizienter, schlanker Dämmungen auf Basis von VIP, ein tiefes Misstrauen entgegen, die Unversehrtheit der Vakuumhülle bei der Verarbeitung in der baulichen Praxis betreffend, wie auch der dauerhaften Qualität des Vakuums in den Paneelen. Höhere Investitionskosten im Vergleich zu einer konventionellen Dämmung verstärken zudem die daraus resultierende Zurückhaltung von Ingenieuren und Architekten, Bauherren und Hausbesitzern, diese Dämmtechnik für die Praxis in Erwägung zu ziehen.

Vor diesem Hintergrund war das Ziel des Projektes VIP-PROVE, einer wissenschaftlichen Begleitforschung, die im wesentlichen vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, allen VIP-Herstellern in Deutschland, sowie einigen Zulieferern unterstützt und getragen wurde, das Vertrauen in diese neue Technologie zu stärken und für einen verbreiteten Einsatz bestehende Hemmnisse abzubauen.

1 Vorhabenbeschreibung

1.1 Gesamtziel des Vorhabens

Aufbauend auf Grundlagenuntersuchungen und Tests in einigen ersten Demonstrationsobjekten konnte auf wissenschaftlicher Ebene in der Vergangenheit abgeleitet werden, dass schlanke, hocheffiziente Wärmedämmelemente auf der Basis evakuierter Paneele, so genannter **Vakuu-isolationspaneele VIP**, im Prinzip auch für den Einsatz im Bauwesen geeignet sind. Die Kombination bestimmter Füllmaterialien einerseits und Hüllen aus speziellen, relativ einfach und flexibel zu verarbeitenden Kunststoffhochbarrierelaminaten andererseits ermöglicht VIP-Produkte, die – so die ersten Erfahrungen - voraussichtlich auch die enormen Anforderungen bezüglich der Dauerhaftigkeit im Bauwesen in der Größenordnung von 50 Jahren erfüllen.

Dem Reiz hocheffizienter, schlanker Dämmungen auf Basis von VIP, mit einer gegenüber herkömmlichen Dämmstoffen 5 bis 10 mal höheren Dämmwirkung, stand und steht jedoch ein tiefes Misstrauen entgegen, die Unversehrtheit der Vakuuhülle bei der Verarbeitung in der baulichen Praxis betreffend, wie auch der dauerhaften Qualität des Vakuums in den Paneelen. Höhere Investitionskosten im Vergleich zu einer konventionellen Dämmung verstärkten zudem die daraus resultierende Zurückhaltung von Ingenieuren und Architekten, Bauherren und Hausbesitzern.

Vor diesem Hintergrund war das Ziel des Projekts VIP-PROVE die Stärkung des Vertrauens in die VIP-Technologie, eine Vergrößerung der Benutzerakzeptanz und damit das Erreichen einer beschleunigten, gesicherten Technologieeinführung.

Die Bezeichnung des Projektes VIP-PROVE ist aus dem englischsprachigen Begriff „to prove“ abgeleitet, in den Bedeutungen „zeigen, dass / prüfen“, wie auch „sich erweisen als...“.

Um für einen verbreiteten Einsatz dieser neuen Technologie bestehende Hemmnisse abzubauen, waren insbesondere Maßnahmen geplant, die das Vertrauen in diese Technik stärken. Erreicht werden sollte dies durch:

- Prüfung / Nachweis der Praxistauglichkeit durch Monitoring,
- unterstützende Maßnahmen zum Nachweis gesicherter Qualität,
- Erarbeitung allgemein umsetzbarer Konzepte für die Integration von VIPs in die Gebäudehülle,

- Übertragung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern, sowie
- eine verstärkte Informationsaufbereitung und Informationsverbreitung.

Zentraler Ansatz war die einheitliche, komprimierte und bewertete Darstellung von bereits durchgeführten Bauvorhaben mit VIP-Technologie (Sanierung und Neubau) und den dort im Einzelnen gemachten Erfahrungen. Für mehrere ausgesuchte Objekte, bereits bestehende und auch in der Planung oder Realisierung befindliche, sollte über mehrere Jahre ein wissenschaftliches Monitoring durchgeführt werden. Eine Bewertung sollte auf einheitlichen, zu erarbeitenden Kriterien basieren. Basierend u.a. auch auf diesen Erfahrungen sollten allgemein umsetzbare Konzepte zur Integration von Vakuumisolationspaneelen in die Gebäudehülle erarbeitet werden. Eine öffentliche Darstellung der Ergebnisse, sollte im Internet z.B. auf der Site www.vip-bau.de erfolgen.

Begleitet werden sollte dieses Monitoring-Programm durch die Bereitstellung von strukturierter, neutraler und fachgerechter Information für relevante Berufsgruppen und die allgemeine Öffentlichkeit und die frühzeitige Heranführung und umfassende Information zum Einsatz von VIPs durch die Ausarbeitung von Konzepten zur Integration dieser Technik in die Ausbildung. Hierfür sollte didaktisch besonders aufbereitetes Informations- und Lehrmaterial für die Aus- und Weiterbildung von Architekten, Ingenieuren, Studenten, Handwerkskammern erarbeitet werden.

Als ergänzende und unterstützende Maßnahmen zur Vertrauensbildung waren zudem umfassende Informationen durch Publikationen, Fach- und Fortbildungsveranstaltungen vorgesehen.

Die Internetseite www.vip-bau.de sollte für dieses Projekt, wie auch für alle Fragen und Informationen zu hocheffizienten Dämmelementen auf der Basis von evakuierten Bauelementen die zentrale Informationsplattform in der Bundesrepublik Deutschland sein.

Zur Erreichung des Ziels war eine enge, aber auch kritische Zusammenarbeit und ein umfangreicher Informations- und Erfahrungsaustausch mit Herstellern, Verarbeitern und Anwendern erforderlich.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Anfang 2007 gab es fünf Hersteller, die Vakuumisolationspaneele für die Anwendung im Bauwesen produzierten. Die Firmen Porextherm Dämmstoffe GmbH in Kempten, Vaku-Isotherm GmbH in Rossau, VARIOTEC-Sandwichelemente GmbH&Co.KG in Neumarkt und va-Q-tec AG in Würzburg setzten hierbei auf Paneele mit einem Kern aus zu Platten gepressten pyrogene Kieselsäurepulver plus Additiven und Hüllen aus speziellen Kunststoffhochbarrierelaminaten, die Firma lambdasave GmbH in Emden auf Paneele mit ähnlichem Kern, jedoch Hüllen aus Edelstahl. Einer der Vorreiter auf diesem Gebiet, die Firma Wacker Chemie GmbH in Kempten, hatte im Vorfeld (im November 2004) das Wärmedämmstoffgeschäft und so auch die Vakuumisolierpaneelherstellung an die Firma Porextherm Dämmstoffe GmbH übergeben.

Die einzelnen Paneelhersteller arbeiteten mit unterschiedlichen Vertriebs- und Montagepartnern zusammen.

Zu Beginn des Vorhabens hatte noch keiner der Hersteller für ein VIP-Produkt eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) durch das Deutsche Institut für Bautechnik, DIBt in Berlin. Wenige VIP-Anwendungen waren mit einer Zulassung im Einzelfall realisiert worden, einige im Rahmen von wissenschaftlichen Test- und Demonstrationsvorhaben. Die insgesamt in Deutschland bis dahin im Bauwesen eingesetzte Menge VIP wurde seinerzeit auf etwa 100.000 m² geschätzt. Für die Schweiz wurde in etwa die gleiche Menge angenommen.

Ein wirtschaftlicher Wettbewerb zwischen den verschiedenen Herstellern zeichnete sich bereits zu diesem Zeitpunkt deutlich ab.

Kritisch in Hinblick auf die Wettbewerbssituation, wie aber auch in Hinblick auf mögliche Gewährleistungsansprüche seitens der Endverbraucher oder auch zwischengeschalteter Vertriebs-, Installations- oder Weiterverarbeitungspartner war der Umgang mit sensiblen Informationen und Erkenntnissen einzustufen. So sollten keine Detailinformationen der im Arbeitspunkt „Monitoring“ untersuchten Objekte an die jeweiligen Wettbewerber weitergereicht oder gar veröffentlicht werden. Insbesondere aber im Umgang mit beim Monitoring gefundenen Auffälligkeiten, die möglicherweise auf defekte Paneele schließen ließen, war ein sensibler Umgang angebracht. Wenn Fehler oder Schwachstellen aufgedeckt werden, so sollten Hersteller und Verarbeiter hieraus lernen. In Hinblick auf eine zuverlässige Anwendung der Vakuuwärmedämmung im Bauwesen sollten dementsprechend Produkte und Verarbeitungsprozesse angepasst und optimiert werden.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die drei Schwerpunkte „Monitoring“, „Aus- und Weiterbildung“ und „Öffentlichkeitsarbeiten“ spiegeln sich in einer dreigliedrigen Projektplanung wider.

Das Projekt gliederte sich dementsprechend in drei Arbeitspakete (AP 1 – AP 3). Diese Arbeitspakete sind nochmals in Unterarbeitspakete (UAP) gegliedert. Arbeitspunkt 1 und Arbeitspunkt 3 sollten vom ZAE Bayern bearbeitet werden, Arbeitspunkt 2 im Wesentlichen vom Unterauftragnehmer Prof. Sorge und Mitarbeitern mit Unterstützung durch das ZAE Bayern.

Bei der ursprünglichen Projektplanung war eine Laufzeit vom 1. Februar 2007 bis 31. Januar 2010 vorgesehen. Die entsprechende Zeit- und Meilensteinplanung ist Tabelle 1 und Tabelle 2 zu entnehmen.

Die Bewilligung des Vorhabens erfolgte im April 2007 rückwirkend zum 01.03.2007. Aufgrund des späteren Projektbeginns und der außergewöhnlich warmen sommerlichen Witterung im April 2007 war ein Monitoring von bestehenden Objekten in der Heizperiode 2006/2007 nicht mehr möglich. In der zunächst vorgesehenen Laufzeit waren somit nicht mehr vier, sondern nur noch drei Messphasen möglich. Da eine Reihe von Objekten zudem auch in der folgenden Heizperiode 2007/2008 für das Monitoringprogramm noch nicht zur Verfügung standen, wurde Ende 2009 eine zeitliche Streckung des Vorhabens bis Mitte 2010 beantragt und genehmigt. Somit konnte eine weitere Messphase auch an diesen Objekten in der Heizperiode 2009/2010 durchgeführt werden.

Tabelle 1: Zeitplanung (gegenüber der ursprünglichen Planung war der Zeitplan entsprechend dem tatsächlichen Projektbeginn um mindestens zwei Monate zu verschieben).

Jahre		2007				2008				2009			
Arbeitspakete		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
AP 1	Monitoring												
UAP 1.1	Methodik und Bewertungskriterien	■											
			▲										
				MS1.1									
UAP 1.2	Datenbank	■											
			▲										
				MS1.2									
UAP 1.3	Konstruktionen	■											
UAP 1.4	Messen und Auswerten	■				■				■			■
			▲			▲				▲			▲
				MS1.3			MS1.4				MS1.5		MS1.6
AP 2	Aus- und Weiterbildung												
UAP 2.1	Lehrmaterial erstellen	■											
			▲		▲								
				MS2.1			MS2.2						
UAP 2.2	Erweiterungen u. Verbesserungen					■							
										▲			▲
											MS2.3		MS2.4
AP 3	Öffentlichkeitsarbeiten												
UAP 3.1	Internetseite neu gestalten	■											
			▲	▲									
				MS3.1	MS3.2								
UAP 3.2	Öffentlichkeitsarbeiten	■											
					▲								
					MS3.3								
UAP 3.3	Multiplikation	■											
Koord.	Projektleitung und Koordination	■											

Tabelle 2: Liste der Meilensteine.

Meilenstein	Zeitpunkt	Erfüllungskriterium
M1.1	Monat 3	Methodik, Bewertungskriterien und Darstellungsart ist festgelegt, Messplan festgelegt
M1.2	Monat 3	Erste Auswahl der Gebäudeobjekte, die in das Monitoring-Programm einbezogen werden, ist getroffen und Zugangsrechte mit Eigentümern und Informationsbasis sind geklärt.
M1.3	Monat 6	Monitoring Programm ist angelaufen, erste Objekte sind mit ihren Steckbriefen Online geschaltet. Das Monitoring im ersten Winter ist abgeschlossen.
M1.4	Monat 17	Monitoring im zweiten Winter ist abgeschlossen.
M1.5	Monat 29	Monitoring im dritten Winter ist abgeschlossen.
M1.6	Monat 36	Monitoring im vierten Winter ist abgeschlossen. Die Ergebnisse aller Monitoringmaßnahmen sind ausgewertet.
M2.1	Monat 5	Konzept für Lehr- und Unterrichtsmaterial liegt vor
M2.2	Monat 12	Lehrmaterial erarbeitet und Online geschaltet
M2.3	Monat 24	Erste Aktualisierung des Lehrmaterials Online geschaltet
M2.4	Monat 36	Zweite Aktualisierung des Lehrmaterials Online geschaltet
M3.1	Monat 2	Überarbeitungsvorschläge zum Internet-Auftritt www.vip-bau.de erarbeitet
M3.2	Monat 6	Neuer Internet-Auftritt Online
M3.3	Monat 9	Zwei Fachtagungen wurden durchgeführt.

Bei der Erarbeitung von Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung hatten sich bei dem Unterauftragnehmer, der Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH, Verzögerungen von nahezu zwei Jahren ergeben. Die Online-Verfügbarkeit der ersten Fassung von Skript und Powerpoint-Präsentationen war erst gegen Projektende Anfang Juli 2010 gegeben.

Die Verzögerungen bei diesem Schwerpunkt hatten jedoch keinen Einfluss auf die anderen Arbeitsschwerpunkte und die weitere Gesamtplanung. Die Öffentlichkeitsarbeiten und das Monitoring - unter Berücksichtigung der genannten zeitlichen Verschiebung der Messphasen - erfolgten wie geplant. Die Ausgaben für das Ingenieurbüro Sorge wurden entsprechend den verzögerten Leistungen zurückgestellt. Im Übrigen liefen die Arbeiten plangemäß und im Rahmen der vorkalkulierten Kosten.

Die Detailergebnisse der umfangreichen Thermografischen Untersuchungen unter dem Arbeitsschwerpunkt „Monitoring“ wurden herstellerbezogen in separaten Sitzungen im Zeitraum Juni 2009 bis Juli 2010 den einzelnen Herstellern, zum Teil auch Verarbeitern und weiteren Beteiligten vorgestellt und mit diesen gemeinsam diskutiert.

1.4 Wissenschaftlich und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Umfassende Patentrecherchen und deren statistische Auswertungen hatten ergeben, dass das Thema evakuierte Dämmungen auf der Basis von Vakuumisolationspaneelen in den vorangegangenen 20 Jahren ganz erheblich an Bedeutung gewonnen hatte (siehe <http://www.vip-bau.de/patente.htm>, sowie Abbildung 2). Zunehmende Aktivitäten in den letzten Jahren waren insbesondere für Japan zu verzeichnen.

Schutzrechtsanmeldungen für die Anwendung der evakuierten Dämmungen im Bauwesen waren insbesondere in den vorangegangenen 6 Jahren zu verzeichnen. Die Aktivitäten in diesem Bereich schienen sich auf die Länder Deutschland und Japan zu konzentrieren (siehe <http://www.vip-bau.de/patente.htm> , sowie Abbildung 3).

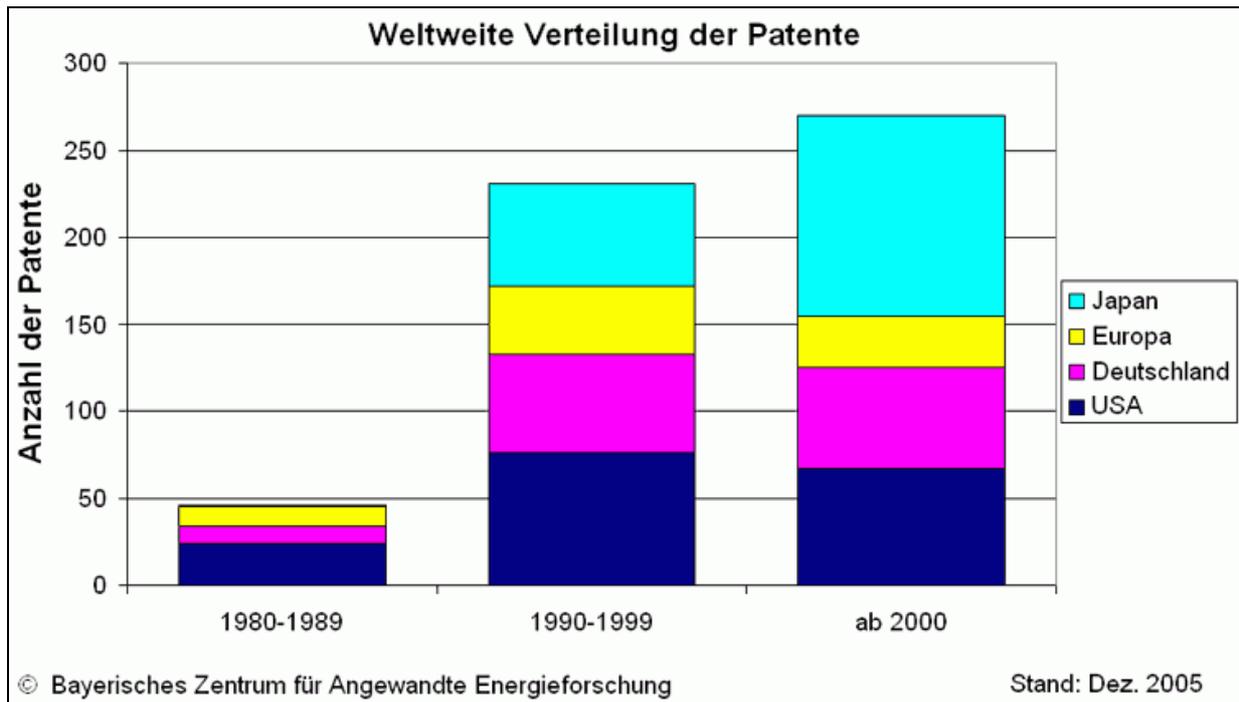


Abbildung 2: Anzahl der Patente zu Vakuumdämmungen in den verschiedenen Ländern.

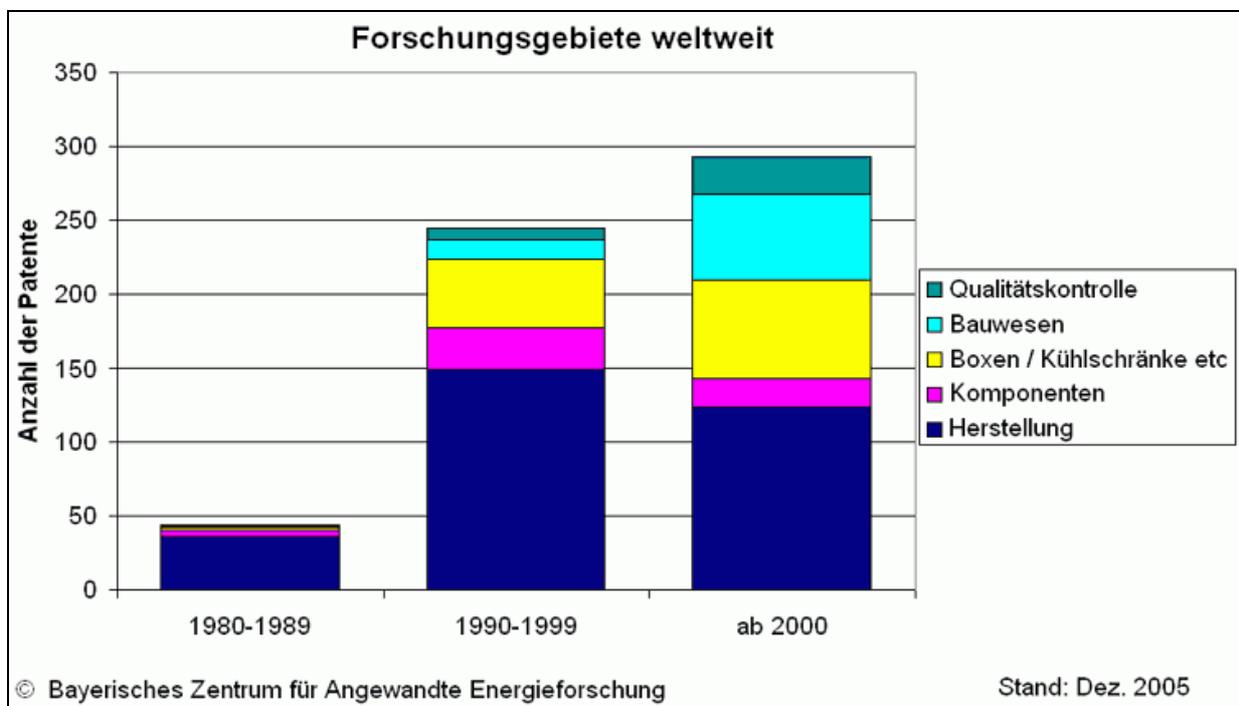


Abbildung 3: Veränderung der weltweiten Forschungsschwerpunkte in den vergangenen Jahrzehnten.

Weitere Publikationen beschränkten sich weitgehend auf den wissenschaftlichen Bereich. In der Fachliteratur von Fachplanern, Architekten und Handwerkern gab es bis dahin kaum technische Details und Anleitungen zu dem Thema „Vakuumisolationen im Bauwesen“. Allgemein verständliche Informationen zu der Technik der Vakuumisolationspaneele waren im Wesentlichen auf verschiedene Internet-Seiten beschränkt. Im deutschen Sprachbereich waren dabei die Seiten der Schweizer Arbeitsgruppe, sowie die des ZAE Bayern hervorzuheben (www.vip-bau.ch und www.vip-bau.de). Bei den Schweizern war anzumerken, dass der Ansatz, das Thema Vakuumdämmung in einen übergeordneten Zusammenhang ‚Energieeffizienter Maßnahmen im Bauwesen‘ einzubinden und auf einer entsprechenden Plattform darzustellen, dazu geführt hat, dass die technikspezifischen Informationen kaum mehr aufzufinden sind. Die ursprüngliche Informationsplattform www.vip-bau.ch wird seit dem Jahr 2006 nicht mehr gepflegt und verlor daher zunehmend an Nutzen.

Eine Darstellung von Demonstrationsobjekten mit VIP-Technologie und der jeweils gemachten Erfahrungen erfolgte seinerzeit auf den genannten Internet-Seiten. Die Qualität der Berichterstattung hing dabei jeweils stark von dem Autor ab, der Umfang war meist unzureichend. Eine zentrale und vereinheitlichte Darstellung einer größeren Anzahl von Demonstrationsobjekten in Deutschland existierte nicht. Insbesondere zu Fragenstellungen wie

- wärmebrückenarme Konstruktionen,
- mechanischer Schutz,
- eventuell Austauschbarkeit der VIP,
- Konstruktionen, bei denen auch nach Ausfall einiger / aller Paneele es dennoch nicht zu Schäden aufgrund von Taupunktunterschreitung kommt,
- dampfdiffusionsdichter Anschluss der VIP,

waren technische Informationen nur schwer und oftmals nur unvollständig der Allgemeinheit zugänglich. Aufbauend auf den Erfahrungen der vorangegangenen Tätigkeiten im Rahmen des IEA Annex 39 „High Performance Thermal Insulation“, wie auch der nationalen Koordinationsstelle KoHiPTI zeichnete sich hier ein enormer Informationsbedarf ab. Dies machte sich auch in den zahlreichen Anfragen mit der Bitte um technische Information bemerkbar (telefonisch, per Email, Vortragsanfragen, Anfragen zur Messeteilnahme).

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zur Erreichung des Ziels war eine enge, aber auch kritische Zusammenarbeit mit den Vakuumisolationspaneelherstellern erforderlich. Insbesondere aber auch die praktischen Erfahrungen von Verarbeitern und Anwendern flossen in das Projekt ein.

Die Vermittlung von für das Monitoring geeigneten Objekten erfolgte zu einem großen Teil über die Hersteller der Vakuumisolationspaneele und deren Vertriebspartner. Besonders zu erwähnen ist hier aber auch die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. / Schleswig – Holstein (ARGE-SH). Über diese konnten insbesondere Objekte in Norddeutschland gewonnen werden. Letztendlich entscheidend war jedoch bei jedem einzelnen Objekte die Bereitschaft und die Zustimmung des Bauherren oder Betreibers. Informationen zur technischen Ausführung wurden in vielen Fällen von den planenden Architekten bereitgestellt.

Die Ausarbeitung von praxisgerechten und jeweils fachspezifisch Unterlagen für Lehre, Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern im Arbeitspunkt 2 wurde von der Wolfgang Sorge Ingenieurbüro für Bauphysik GmbH im Unterauftrag durchgeführt.

Unter dem Dach der Güteschutzgemeinschaft Hartschaum e.V., einem Europäischer Verband von Dämmstoffherstellern, konnte sich im Verlauf des Projektes die RAL-Güteschutzgemeinschaft „Vakuu-Isolations-Paneele“ etablieren. Das ZAE Bayern war hier im Vorfeld als neutrale Stelle mit seiner Sachkompetenz unterstützend eingebunden.

Die Organisation und Durchführung der „3. Fachtagung VIP-BAU, Vakuu-Isolations-Paneele - Evakuierte Dämmungen im Bauwesen“ am 20. September 2007 und des „8th International Vacuum Insulation Symposium“ am 18. und 19. September 2007 in Würzburg erfolgten durch das ZAE Bayern in enger Kooperation mit dem Physikalischen Institut der Universität Würzburg, Lehrstuhl für Experimentelle Physik VI. Bei der Organisation des „9th International Vacuum Insulation Symposium“ am 17. und 18. September 2009 in London, gemeinsam durchgeführt und organisiert von der Cambridge University und der Oxford Brookes University, konnte das ZAE Bayern zuarbeiten.

Im Rahmen dieses Projektes war entsprechend der Aufgabenstellung auf eine Einbindung von Projektpartnern mittels Kooperationsvereinbarung bewusst verzichtet worden. In einem sich dynamisch entwickelnden Umfeld sollte der Zugang und die Mitwirkung an den Koordinations- und Informationsaktivitäten einer möglichst großen Zahl von Akteuren offen stehen.

Vorgenannte Aufzählung von Firmen und Instituten erhebt daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zahlreiche weitere Firmen und Forschungseinrichtungen haben zu einzelnen Veranstaltungen

beigetragen. Informelle Gespräche wurden nicht nur mit Anwendern und sonstigen Interessierten geführt, sondern auch mit Entscheidungsträgern und Multiplikatoren aus Politik, Wirtschaft, Forschung und Medien.

Neben zahlreichen Artikeln in Zeitschriften und Zeitungen, Vorträgen auf verschiedenen Fachveranstaltungen und Anderem wurde bei den Öffentlichkeitsarbeiten speziell auch der BINE Informationsdienst für den Informations- und Wissenstransfer aus der Energieforschung eingebunden, wie auch das Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe mit der Web-Site www.enob.info, auf der der interessierten Fachöffentlichkeit aktuelle, qualifizierte und allgemein zugängliche Fachinformationen zum Förderkonzept Energieoptimiertes Bauen (EnOB) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie angeboten werden.

2 Eingehende Darstellung der einzelnen Arbeiten

2.1 Monitoring

Dem Reiz hocheffizienter, schlanker Dämmungen auf Basis von VIP, mit einer gegenüber herkömmlichen Dämmstoffen 5 bis 10 mal höheren Dämmwirkung, stand und steht ein tiefes Misstrauen entgegen, die Unversehrtheit der Vakuumschale bei der Verarbeitung in der baulichen Praxis betreffend, wie auch der dauerhaften Qualität des Vakuums in den Paneelen.

Um den erfolgreichen Einsatz von VIP im Baubereich zu dokumentieren und das Vertrauen in diese noch junge Technologie zu fördern, sollte daher eine Auswahl von - überwiegend kommerziell realisierten - Objekten einem wissenschaftlichen Monitoring unterzogen werden.

U.a. sollte dabei ein Internetkatalog mit einer einheitlichen, vergleichbaren und bewerteten Darstellung von Objekten mit VIP erarbeitet und auf der Internetseite www.vip-bau.de präsentiert werden. Es sollte damit ein Objektkatalog mit Referenzcharakter geschaffen werden, in dem Interessierte konkrete Informationen zu folgenden Themen finden:

- U-Werte,
- Wärmebrücken,
- Handling,
- Verarbeitung,
- Qualitätskontrolle,
- Langzeitbeständigkeit,
- Architektur,
- Kosten,
- evtl. Fehlerursachen (mit Vermeidungs-/Lösungsvorschlägen).

Letztendlich sollten optimale Lösungen und Lösungsansätze hervorgehoben werden und damit das „Lernen vom Besten“ unterstützt werden.

Neben dem Nachweis der Funktionstüchtigkeit und der Dauerhaftigkeit der Vakuumdämmtechnik sollte auch die Mannigfaltigkeit unterschiedlicher Anwendungen dokumentiert werden.

Zentraler Ansatz war eine einheitliche, komprimierte und bewertete Darstellung von bereits durchgeführten Bauvorhaben mit VIP, insbesondere solchen aus der energetischen Ertüchtigung von Bestandsgebäuden, aber auch Anwendungen im Neubau.

Für mehrere ausgesuchte Objekte, bereits bestehende und auch solche, die sich zu Beginn des Vorhabens noch in der Planungs- oder Realisierungsphase befanden, sollte über mehrere Jahre ein wissenschaftliches Monitoring durchgeführt werden. Eine Bewertung sollte dabei auf einheitlichen, zu erarbeitenden Kriterien basieren. Aufbauend u.a. auch auf diesen Erfahrungen sollten allgemein umsetzbare Konzepte zur Integration von Vakuumisolationspaneelen in die Gebäudehülle erarbeitet werden. Eine öffentliche Darstellung der Ergebnisse, sollte im Internet auf der Site www.vip-bau.de erfolgen.

Zur Prüfung der Funktionstüchtigkeit und - durch wiederholte Funktionsprüfungen - dem Nachweis der Dauerhaftigkeit wurde dabei im Wesentlichen die Infrarotthermografie eingesetzt. In einigen wenigen Einzelfällen wurde zusätzliche Messtechnik installiert.

2.1.1 Sammlung und bewertete Darstellung von Objekten

2.1.1.1 Suche und Auswahl geeigneter Objekte

Bei der 3. Fachtagung „VIP-BAU Vakuu Isolations Paneele - Evakuierte Wärmedämmungen im Bauwesen“ am 20. September 2007 in Würzburg waren nicht nur die Vakuumisolationspaneelhersteller, sowie ein Großteil Ihrer Vertriebspartner, sondern auch an dem Einsatz dieser Hochleistungswärmedämmtechnik interessierte Planer und Bauherren zusammengekommen. Diese Veranstaltung bot somit eine hervorragende Möglichkeit, zur Teilnahme an dem Monitoring aufzurufen und einzuladen.

Die Vakuumisolationspaneelhersteller und Vertriebspartner wurden explizit um Vermittlung geeigneter Objekte angeschrieben. Eine Einladung erfolgte auch über das Portal des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zum Förderschwerpunkt EnOB, Forschung für Energieoptimiertes Bauen www.enob.info (siehe Abbildung 4). Ebenso wurde auf zahlreichen öffentlichen Veranstaltungen, im Rahmen von Vorträgen zu dem Thema Vakuumdämmung und Vakuumisolierverglasung, wie auch bei persönlichen und telefonischen Kontakten auf diese Möglichkeit hingewiesen. Nicht zuletzt wurde auch über das Feld „Aktuelles“ auf der Startseite der Informationsplattform www.vip-bau.de zu der Unterseite weitergeleitet, wo mit einem kurzen Anschreiben und einem herunterladbaren Kontaktformular die persönlichen Kontaktdaten, wie aber auch die wesentlichen und wichtigsten Daten zu dem Objekt und den VIP abgefragt wurden (siehe Abbildung 5 bis Abbildung 8).



EnOB
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Newsletter | Inhaltsübersicht | Impressum | Kontakt | English
Suchbegriff

Sie sind hier: [Startseite](#) > [News](#) > **Vakuuminisierung: Gebäude für Monitoring gesucht**

- **Neubau**
- Sanierung
- Neue Technologien
- Betriebsoptimierung
- Analysen
- Themensuche
- Publikationen
- Forschungsfelder
- Presse
- Glossar

28. Sep 2007 - Vakuuminisierung: Gebäude für Monitoring gesucht

 **ViBau**

Nach ersten Praxistests mit der → Vakuuminisierung an einzelnen Bauteilen wurden in der Folge einige Demonstrationsgebäude realisiert und vielfältige Erfahrungen mit der neuen Wärmeschutztechnologie gesammelt. Jetzt sollen im Rahmen des Forschungsprojekts VIP-PROVE weitere Gebäude aus dem normalen Baugeschehen genauer unter die Lupe genommen werden, um die Eignung und den Erfolg von Vakuuminisierung an Referenzbeispielen dokumentieren zu können. Gesucht werden Gebäude, bei denen Vakuuminisierung bereits eingesetzt wird oder deren Einsatz beabsichtigt ist.



Die junge Technologie Vakuuminisierung bietet einige Chancen für das Bauwesen. Der effiziente und schlanke Wärmeschutz mit Vakuumtechnologie ist reizvoll, doch es gibt noch eine gehörige Portion Misstrauen: Bleiben die Vakuumpaneele im rauen Baualltag unversehrt, hält das Vakuum auch mehrere Jahrzehnte, ist die Technologie schon ausgereift und mit welchen Mehrkosten ist zu rechnen?

Das Forschungsprogramm VIP-PROVE beinhaltet ein dreijähriges Monitoring-Programm, mit dem die Wärmeschutzqualität und Praxiseignung der neuen Technologie mit wissenschaftlichen Methoden nachgewiesen werden soll. Das Institut ZAE Bayern ist mit der Durchführung beauftragt und sucht nun geeignete Gebäude aus den Bereichen Neubau und Sanierung. Geeignet sind Gebäude, bei denen der Einsatz von → Vakuuminisierung beabsichtigt oder bereits realisiert ist.

Nehmen Sie Kontakt auf mit dem ZAE Bayern!

 [Aufruf Objekte gesucht für VIP-PROVE - ZAE Bayern \(PDF, 43,8 KB\)](#)

 [Kontakt: ZAE Bayern](#)

 [Link: \[www.vip-bau.de\]\(http://www.vip-bau.de\)](#)

 [News drucken](#)

Abbildung 4: Einladung „Gebäude für Monitoring gesucht“ auf dem Portal des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zum Förderschwerpunkt EnOB, Forschung für Energieoptimiertes Bauen www.enob.info (www.enob.info/de/news/news/details/vakuuminisierung-gebaeude-fuer-monitoring-gesucht/).



Objekte für Monitoring gesucht:

VIP-PROVE

Stärkung des Vertrauens in die VIP-Technologie – Wissenschaftliche Begleitforschung –

Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Vorhabens soll das Vertrauen in die VIP-Technologie gestärkt werden.

Mit jeweils geringem Aufwand soll zumindest über einen Zeitraum von 3 Jahren die hervorragende Dämmwirkung der Vakuumdämmung in der zunehmenden praktischen Anwendung nachgewiesen werden.

Hierzu suchen wir Objekte, bei denen Vakuumdämmelemente eingesetzt sind oder werden.

Haben Sie Zugang zu solch einem Objekt und sind Sie an einer Aufnahme in die Monitoring-Liste interessiert, teilen Sie uns bitte Ihre Kontaktdaten, wie auch die Basisdaten des Objektes im beigefügten Formular mit.

Wir kommen gerne auf Sie zu.

Besten Dank für Ihre Unterstützung

Dr. Ulrich Heinemann

Dipl. Ing. FH Ronny Kastner

Ansprechpartner:
Dipl. Ing. FH Ronny Kastner
Tel: 0931 / 7 05 64 - 13
Fax: 0931 / 7 05 64 - 60
Email: vip-bau@zae.uni-wuerzburg.de
Internet: www.vip-bau.de

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., ZAE Bayern, Abteilung Funktionsmaterialien der Energietechnik
Am Hubland, D-97074 Würzburg, Tel.: 09 31/7 05 64-0, Fax: 09 31/7 05 64-60, www.zae-bayern.de, www.vip-bau.de



Gefördert durch das



© ZAE Bayern

Abbildung 5: Anschreiben des Kontaktformulars, ...

Basisdaten von Objekten im Monitoring-Programm

Der/die Ausfüllende des Formulars ist

- Eigentümer/ Bauherr
- Architekt/ Planer
- Handwerker
- VIP-Hersteller
- Sonstige

Kontaktdaten des Objekteigentümers

Name:

Strasse:

PLZ und Ort:

Telefonnummer:

Email-Adresse:

Kontaktdaten des Architekten/Planers

Name:

Strasse:

PLZ und Ort:

Telefonnummer:

Email-Adresse:

Kontaktdaten des Ausfüllenden (wenn nicht Eigentümer oder Architekt/ Planer)

Name:

Strasse:

PLZ und Ort:

Telefonnummer:

Email-Adresse:

Abbildung 6: ... mit Aufnahme der persönlichen Daten des Kontaktes, ...



EnOB
 Forschung für
 Energieoptimiertes Bauen





VIP-BAU.DE
 Vakuu-Isolations-Paneele am Bau

Standort des Objektes

Strasse:

PLZ und Ort:

Konstruktionsart

Massivbau

Holzbau

Skelettbau

Baujahr des Objektes

Die VIP wurden eingebaut bzw. der Einbau ist geplant (Monat / Jahr)

Die VIP wurden im Rahmen einer Maßnahme im Bestand (energetische Sanierung) in die thermische Gebäudehülle integriert.

Die Integration von VIP wurde bei einem Neubau von vornherein vorgesehen.

Einsatzbereich(e), Menge und Stärke der Vakuumisolationspaneele, Stärke der Gesamtdämmung (Daten soweit verfügbar)

	Fläche	VIP-Stärke	Gesamtdämmstärke
<input type="checkbox"/> Außenwand	m ²	mm	mm
<input type="checkbox"/> als Elemente in der Pfostenriegelfassade			
<input type="checkbox"/> Außendämmung			
<input type="checkbox"/> Innendämmung			
<input type="checkbox"/> Dach	m ²	mm	mm
<input type="checkbox"/> als Aufsparrendämmung			
<input type="checkbox"/> als Zwischensparrendämmung			
<input type="checkbox"/> als Untersparren-/Innendämmung			
<input type="checkbox"/> Kellerdecke/Bodenplatte	m ²	mm	mm
<input type="checkbox"/> unter der Kellerdecke			
<input type="checkbox"/> auf der Kellerdecke			
<input type="checkbox"/> unter der Bodenplatte			
<input type="checkbox"/> auf der Bodenplatte			

Seite 3

Abbildung 7: ..., wesentlichen Daten zu dem Objekt, dem Einsatzbereich der VIP, ...



EnOB
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE
Vakuu-Isolations-Paneele am Bau

<input type="checkbox"/>	Dachterrasse	m ²	mm	mm
<input type="checkbox"/>	Sonstige (z.B. Rollladenkasten, Organgdämmung, Fenster- und Türleibung, Türen) Bitte beschreiben:	m ²	mm	mm

Hersteller der VIP

- POREX THERM GmbH, Kempten
- Vaku-Isotherm GmbH, Rossau
- VARIOTEC GmbH & Co. KG, Neumarkt
- va-Q-tec AG, Würzburg
- Wacker-Chemie GmbH, Kempten
- lambdasave GmbH/ ThyssenKrupp tempsafe GmbH, Emden
- Sonstiger:

Besonderheiten

Datum der Datenzusammenstellung:

Bitte speichern Sie das ausgefüllte Formular ab und lassen uns dieses entweder per Email an vip-bau@zae.uni-wuerzburg.de oder per Fax an 0931 / 7 05 64 – 60 zukommen.

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung

Dr. Ulrich Heinemann
Dipl.Ing. FH Ronny Kastner

Seite 4

Abbildung 8: ..., der eingesetzten Menge, und dem VIP-Hersteller.

Hilfreich war aber auch der Kontakt zur „Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Schleswig-Holstein“ (www.arge-sh.de). Im Rahmen von Fördermaßnahmen war in Schleswig-Holstein und in Hamburg der Einsatz von VIP unterstützt worden. Anhand einer zur Verfügung gestellten Liste mit 25 geförderten VIP-Objekten wurden die jeweiligen Bauherren oder Architekten direkt angeschrieben.

Obwohl geschätzt zu Beginn des Vorhabens im Jahr 2007 in Deutschland mehr als hunderttausend Quadratmeter VIP im Bauwesen eingesetzt gewesen sein dürften, war die Bereitschaft Objekte für ein Monitoring zur Verfügung zu stellen, unerwartet verhalten. Vermutlich ist diese Zurückhaltung in dem Wissen um die ungewöhnlichen Erfordernisse hinsichtlich Sorgfalt bei Planung und Ausführung seitens der Architekten und der eingebundenen Handwerksfirmen begründet, und daraus resultierenden Bedenken, dass im Rahmen dieses Monitorings möglicherweise Planungs- oder Ausführungsfehler aufgedeckt und damit Gewährleistungs-, Garantie- oder Regressansprüche begründet werden.

In Ergänzung zu den ersten im Kontaktformular abgefragten Eckdaten wurden bei für das Monitoring geeignet scheinenden Objekten weitere Details erfragt, die insbesondere für die numerische Nachstellung und der Berechnung von Erwartungswerten benötigt wurden: Informationen zu Wandaufbauten und Bauteilkonstruktionen, Grundrissen und Schnitten, Verlegeplänen für und Informationen zu den verwendeten VIP (Formatgrößen, Aufbauten von kaschierten VIP). Zudem wurde um Fotoaufnahmen zu den Gebäuden, nach Möglichkeit auch um Aufnahmen aus der Bau- oder Ausführungsphase gebeten. Auch die Motivation der Bauherren für den Einsatz dieser neuen Dämmtechnik und die persönlichen Erfahrungen mit diesem Ansatz wurden erfragt.

Zum Teil waren nicht alle Daten bei den Bauherren oder Architekten direkt verfügbar. Mitunter mussten die erforderlichen Daten in „Kleinarbeit“ erarbeitet werden.

Für eine Objektdatenbank wurden zunächst möglichst viele Objekte aus den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen gesammelt. Hiermit sollte neben der Vielzahl der Einsatzbereiche eine möglichst große Menge an verbauten VIP aufgenommen werden.

Das größte Gewicht, um Vertrauen in die Anwendung von VIP in Baupraxis zu schaffen, war den kommerziell realisierten Anwendungen zuzuschreiben. Daher wurden Objekte, die im Vorfeld im Rahmen von Test- oder Demonstrationsvorhaben mit wissenschaftlicher Unterstützung realisiert wurden, zurückgestellt.

Lediglich einige wenige solcher Test- und Demonstrationsobjekte wurden dennoch mit aufgenommen:

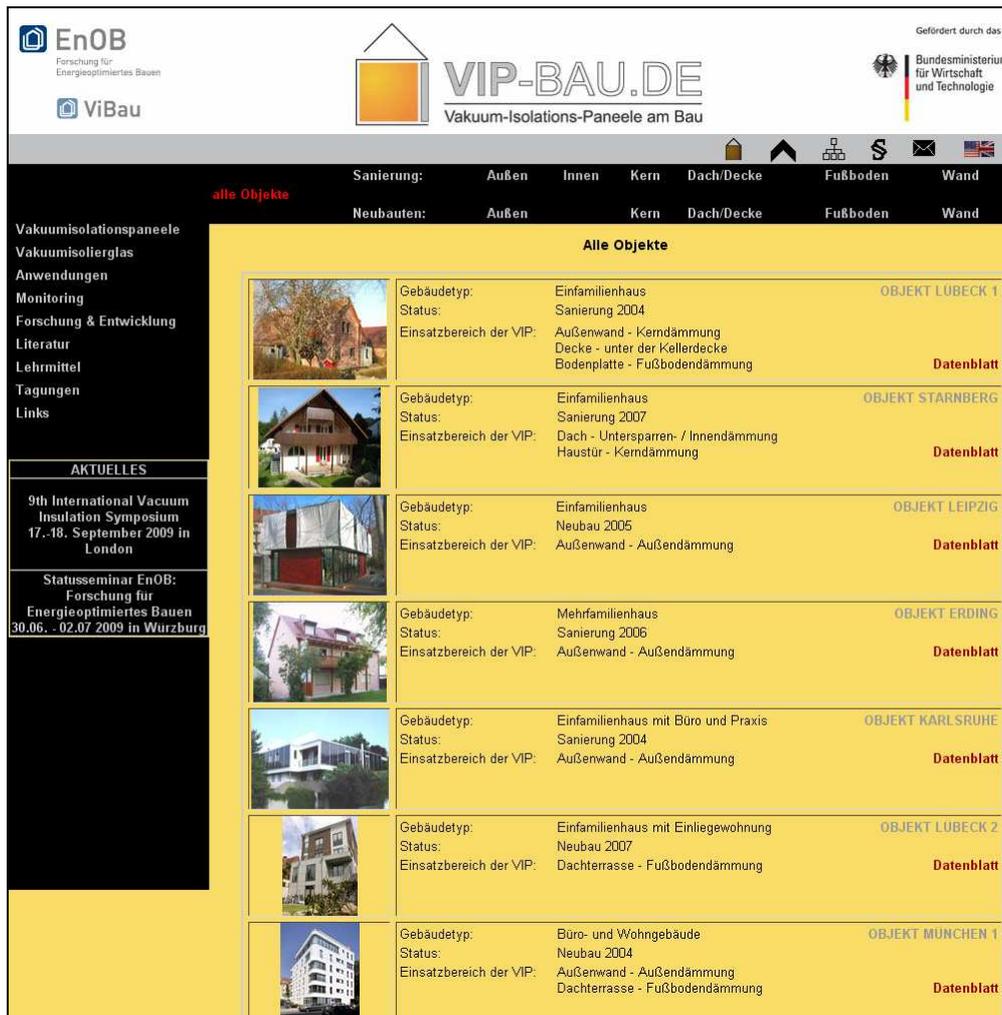
- die „berühmte“ Giebelfassade des im Jahr 2000 mit VIP sanierten, denkmalgeschützten Hauses in Nürnberg, als einer der ersten und damit ältesten VIP-Anwendungen im Bauwesen,
- die Kindertagesstätte „Plappersnut“ in Wismar, ein Objekt bei dem im Rahmen eines Forschungsvorhabens zum einen ein neues Fassadenelementesystem entwickelt und an einer Wandfläche in der Praxis getestet wurde, bei der zum anderen aber auch ein produktnahes System von beidseitig mit Polystyrolschaum kaschierten VIP an einer zweiten Fläche zum Einsatz kam. Beide Flächen waren bereits in der Vergangenheit mit hoher Auflösung thermografiert.

Diese beiden Objekte eigneten sich somit besonders, um die Dauerhaftigkeit der VIP auch über einen über die Laufzeit des anstehenden Vorhabens hinausgehenden Zeitraum zu prüfen.

Als „Exot“ unter den Anwendungen ist sicherlich der Wohn- und Büropavillon zu betrachten, mit dem die Technische Universität Darmstadt im Jahr 2007 den internationalen Wettbewerb „Solar Decathlon“ mit einem besonders energieeffizienten Prototypen für das Wohnen im Jahr 2015 gewann. Die wenigen Quadratmeter VIP, die hier verbaut wurden, fallen jedoch in der späteren statistischen Auswertung kaum ins Gewicht.

2.1.1.1.1 Datenbank / Übersicht der Objekte

Für die Darstellung der Objekte wurde eine Datenbank auf der Internetseite www.vip-bau.de eingerichtet (siehe Abbildung 9). Hier können die gesammelten Gebäude sortiert nach verschiedenen Anwendungsbereichen, Sanierung oder Neubau, Außen-, Innen-, Kern-, Dach-/Decken-, Fußboden- oder Wanddämmung, eingesehen werden.



The screenshot shows the website interface for VIP-BAU.DE. At the top, there are logos for EnOB (Forschung für Energieoptimiertes Bauen), ViBau, and VIP-BAU.DE (Vakuu-Isolations-Paneele am Bau). A navigation bar includes categories like Sanierung (Außen, Innen, Kern, Dach/Decke, Fußboden, Wand) and Neubauten (Außen, Kern, Dach/Decke, Fußboden, Wand). A sidebar on the left lists various resources like Vakuumisolationspaneele, Vakuuisolierglas, and monitoring tools. The main content area, titled 'Alle Objekte', displays a list of projects with a table structure:

Alle Objekte		
	Gebäudetyp: Einfamilienhaus Status: Sanierung 2004 Einsatzbereich der VIP: Außenwand - Kerndämmung Decke - unter der Kellerdecke Bodenplatte - Fußbodendämmung	OBJEKT LÜBECK 1 Datenblatt
	Gebäudetyp: Einfamilienhaus Status: Sanierung 2007 Einsatzbereich der VIP: Dach - Untersparren- / Innendämmung Haustür - Kerndämmung	OBJEKT STARNBERG Datenblatt
	Gebäudetyp: Einfamilienhaus Status: Neubau 2005 Einsatzbereich der VIP: Außenwand - Außendämmung	OBJEKT LEIPZIG Datenblatt
	Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus Status: Sanierung 2006 Einsatzbereich der VIP: Außenwand - Außendämmung	OBJEKT ERDING Datenblatt
	Gebäudetyp: Einfamilienhaus mit Büro und Praxis Status: Sanierung 2004 Einsatzbereich der VIP: Außenwand - Außendämmung	OBJEKT KARLSRUHE Datenblatt
	Gebäudetyp: Einfamilienhaus mit Einliegewohnung Status: Neubau 2007 Einsatzbereich der VIP: Dachterrasse - Fußbodendämmung	OBJEKT LÜBECK 2 Datenblatt
	Gebäudetyp: Büro- und Wohngebäude Status: Neubau 2004 Einsatzbereich der VIP: Außenwand - Außendämmung Dachterrasse - Fußbodendämmung	OBJEKT MÜNCHEN 1 Datenblatt

Abbildung 9: Auszug aus der Internetdatenbank www.vip-bau.de mit verschiedenen Anwendungsbereichen von VIP in Sanierungs- und Neubauobjekten.

Zu jedem aufgeführten Objekt sind in einem herunterladbaren Steckbrief die grundlegenden Gebäudedaten zusammengestellt. In Abbildung 10 ist ein solcher „Steckbrief“ beispielhaft abgebildet.

GEBÄUDEBASISDATEN		
	Gebäudetyp:	Bürogebäude
	Status:	Sanierung 2007 (1.BA) und 2008 (2.BA)
	Baujahr des Objektes:	1962 EG, 1987 Aufstockung OG
	Heizwärmebedarf des Objektes:	EnEV 2007 eingehalten
	Konstruktionsart des Objektes:	Massivbau im EG; Holzbau im OG
	Besonderheiten des Objektes:	
	Einsatzbereich der VIP:	Erster Bauabschnitt: Außenwand - Außendämmung Außenwand - Innendämmung (Rolladenkästen) Außenwand - Innendämmung (Brüstungen)
		Zweiter Bauabschnitt: Außenwand - Außendämmung Außenwand - Innendämmung (Fertigteile) Boden - Fußbodendämmung Decke - Innendämmung (Vermeidung von Wärmebrücken)
	Gesamteinbaufäche der VIP in m ² :	216 m ²
	Motivation:	Energetische Sanierung des Objektes, unter architektonischen und ausführungrelevanten Gesichtspunkten
Planung:	Lichtblau Architekten, München	
Ausführende Firma:	Zimmerei Jakob Papperger, Holzhausen Schreinerei Weber, Ippenheim - Herrnbrechtheim Malerbetrieb Vogt Karl, Bairawies	
SANIERUNG		
HAUS MÜNCHEN 2		

Abbildung 10: Beispiel eines Steckbriefs entnommen der Datenbank für Objekte aus dem Monitoringprogramm (www.vip-bau.de in der Unterseite Monitoring).

2.1.1.1.2 Verschiedene Hersteller, unterschiedliche Typen der VIP

Nach Möglichkeit sollten bei den untersuchten Objekten alle VIP-Hersteller mengenmäßig etwa in gleichem Umfang vertreten sein. Da die Auswahl möglicher geeigneter Objekte nicht ausreichend groß war, wurde dieses Auswahlkriterium hintangestellt. Es wurde jedoch darauf geachtet, dass Paneele von allen Herstellern berücksichtigt wurden. In der Sammlung zur Verfügung stehender Objekte waren die sechs VIP-Hersteller aus Deutschland mit insgesamt 29 unterschiedlichen Objekten vertreten. Die einzelnen Herstellern sind:

ThyssenKrupp tempsafe GmbH später lambdasave GmbH / Emden;

Porextherm Dämmstoffe GmbH / Kempten;

Vaku-Isotherm GmbH / Rossau;

Variotec Sandwichelemente GmbH & Co. KG / Neumarkt;

va-Q-tec AG / Würzburg und

Wacker Chemie GmbH / München.

Anzumerken ist, dass die lambdasave GmbH / Emden die Produktion Anfang 2007 einstellen musste. Die Wacker Chemie GmbH / München hat im Jahr 2004 ihr Dammstoffgeschaft, das von Kempton aus operierte, an die am gleich Ort ansässige Porextherm GmbH übergeben.

Neben den unterschiedlichen Herstellern gibt es unterschiedliche Typen von VIP. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen in der Umhüllung:

Überwiegend werden und wurden Hüllen aus so genannten Kunststoffhochbarrierelaminaten hergestellt. Bei diesen sind mehrere Lagen hauchdünn metallisierter Kunststofftragerfolien zu einem Folienverbund zusammenlaminiert. Die Stärke der typischerweise drei aufgedampften Aluminiumsperrschichten beträgt jeweils nur ca. 20 Nanometer. Durch die geringe Gesamtstärke gut wärmeleitender Aluminiumschichten von insgesamt weniger als 100 Nanometer, fällt der Warmebruckeneffekt durch die Hülle im Bereich von Stostellen zweier VIP kaum ins Gewicht.

Zum Teil wurden in der Vergangenheit auch Aluminiumverbundfolien eingesetzt, mit einer Aluminiumschichtdicke von bis zu 12 Mikrometern. Diese bieten Vorteile in Bezug auf die Dichtigkeit. Aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums sind hier jedoch möglichst große Paneelabmessungen anzustreben, um den Einfluss der Hülle auf den Gesamtwärmedurchgang auf einem noch akzeptabel niedrigen Niveau zu halten.

Bei beiden Typen von Verbundfolien/Folienverbunden erfolgt der „vakuumdichte“ Verschluss durch Heisiegeln von PE oder PP als Siegelmaterial auf der dem Paneelinneren zugewandten Seite. Auf der Außenseite befindet sich typischerweise eine weitere Kunstlage oder zum Teil sogar ein weiteres Glasgewebe um insbesondere den mechanischen Schutz des sensiblen Aufbaus aus Sperrschichten zu verbessern, mitunter aber auch um das Brandverhalten positiv zu beeinflussen. Die Stärke des Gesamtaufbaus beträgt typischerweise jeweils etwa 100 Mikrometer.

Einen anderen Ansatz hatte seinerzeit die Firma lambdasave GmbH verfolgt. Hier kamen Hüllen aus Edelstahlfolien mit Schichtdicken ab etwa 100 Mikrometern zum Einsatz. Das Zusammenfügen erfolgte dabei durch Schweißen. Die Edeldstahlhulle zeichnet sich vor allem durch ihre mechanische Robustheit und eine deutlich höhere Gasdichtigkeit aus, ist jedoch bei der Fertigung der Paneele aufwendiger. Je nach Stärke der verwendeten Folien - entscheidend ist hier der Randbereich - ist der Warmebruckeneffekt noch stärker ausgeprägt, als bei den Aluminiumverbundfolien. Auch führt diese Art der Hülle zu einem höheren Gewicht der Dämmelemente.

Nachdem die Firma lambdasave GmbH Anfang des Jahres 2007 den Betrieb eingestellt hat, werden aktuell (Stand Ende 2010) keine edelstahlumhullten VIP mehr für Bauanwendungen kommerziell produziert.

Häufig wurden bei den zur Verfügung stehenden Objekten nicht die nackten VIP verarbeitet, sondern solche mit aufkaschierten Deckschichten aus Polystyrolschaum, Glasfasergeweben, Gummi-Granulat oder Holz. Hiermit sollte die Gefahr der mechanischen Verletzung der Paneelhülle bei der Handhabung und bei der Verarbeitung reduziert werden.

2.1.2 Auswahl für das Monitoring geeigneter Objekte

In einem ersten Schritt sollten möglichst viele Objekte und Anwendungsbereiche gesammelt werden. Aus einer erwarteten Vielzahl von Objekten sollte dann nach vorher festgelegten Bewertungskriterien eine Auswahl von für das Monitoring besonders geeigneter Objekte getroffen werden.

2.1.2.1 Auswahlkriterien

Im Folgenden werden die einzelnen Auswahlkriterien und die jeweiligen Gewichtungen beschrieben. Insgesamt waren je Objekt maximal 85 Punkte zu vergeben. Je höher die Punktzahl war, um so mehr benötigte Informationen lagen vor und um so eher war ein Objekt für eine sinnvolle Aufnahme in das Monitoringprogramm geeignet. Das Bewertungssystem wurde zu Projektbeginn eingeführt, da erwartet wurde, dass nicht alle eingereichten Objekte in das Monitoringprogramm aufgenommen werden können.

Kommerziell realisierte Anwendung

Da Untersuchungen an kommerziell realisierten Anwendungen besser geeignet sind, Vertrauen in die Anwendung von VIP in der Baupraxis zu schaffen, als Untersuchungen an Objekten, die im Rahmen von Test- oder Demonstrationsvorhaben mit wissenschaftlicher Unterstützung realisiert wurden, war den kommerziell realisierten Anwendungen ein gewisser Vorrang zu geben.

In Bezug auf die Lagerung, dem Einbau, aber auch der Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung im normalen Baustellenablauf dürften bei den kommerziell realisierten Anwendungen folgende Fragen ein besonderes Gewicht haben:

- Sind Ausfallquoten bei den Lieferungen zu verzeichnen?
- Wie und wo lagern die VIP?
- Wie erfolgt eine Qualitätskontrolle?

- Welche Maßnahmen zur Qualitätssicherung werden ergriffen?
- Was passiert beim Ausfall von VIP (Bauverzögerungen durch Nachbestellungen)?
- Welche Entwicklungen werden in der Baupraxis angenommen?
- Wie wirken sich Wärmebrücken als Schwachstellen in Anschlussbereichen zu anderen Bauteilen aus?
- Sind die ausführenden Firmen ausreichend geschult?
- Gibt es Auffälligkeiten bei den ausgeführten VIP-Flächen?

20 Punkte

Zu erwartende Aussagekraft von Thermografieaufnahmen

Thermografische Aufnahmen sind nur dann sinnvoll durchzuführen, wenn daraus Rückschlüsse auf den Zustand der Vakuumisolationspaneele zu erwarten sind. Es sollte zumindest erkennbar sein, wenn ein Paneel belüftet ist und damit der Wärmedurchgang im Vergleich zu benachbarten intakten Elementen signifikant, d.h. um bis zu einem Faktor 5, erhöht ist. Bei einer Kerndämmung mit VIP im Hohlraum zwischen zwei massiven Ziegelwänden ist dies zum Beispiel nicht gegeben.

Bei einigen Objekten war die Einschätzung der zu erwartenden Aussagekraft mit größeren Unsicherheiten behaftet. Bei einigen Objekten lagen Detailinformationen zu den konstruktiven Aufbauten nicht oder noch nicht vor, bei anderen waren aufgrund des Aufbaus nur dann „signifikant messbare“ Unterschiede zu erwarten, wenn die Bedingungen während der Aufnahme außerordentlich günstig sind. Unter Umständen musste bei üblichen Innentemperaturen um +20°C die Außentemperatur während der Aufnahmen unter -10°C liegen. In vielen Fällen waren bei belüfteten im Vergleich zu evakuierten VIP für die Oberflächentemperatur Temperaturunterschiede lediglich im Bereich von wenigen Zehntel Grad zu erwarten. Parasitäre Effekte könnten hier eine Interpretation bezüglich der Qualität der VIP erheblich erschweren.

Je nach erwarteter Aussagekraft der Thermografieaufnahmen wurden max. 20 Punkte vergeben.

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| ▪ keine Aussagekraft erwartet | 0 Punkte |
| ▪ wenig Aussagekraft erwartet | 10 Punkte |
| ▪ deutliche Aussagekraft | 20 Punkte |

20 Punkte

Verfügbarkeit zusätzlicher vergleichender Informationen

Bei den Untersuchungen sollten möglichst viele unterschiedliche Anwendungsbereiche vertreten sein. Ein besonderen Vorteil war es, wenn von dem selben Architekten, Planer oder Ausführenden mehrere unterschiedliche Anwendungsbereiche bearbeitet wurden. So sollten die Erfahrungen des selben Planers oder Ausführenden bei verschiedenen Anwendungen erfragt werden. In vergleichenden Betrachtungen sollte dies helfen, besondere Schwierigkeiten oder Schwachstellen im Einbau und im Arbeitsablauf für die spezielle Anwendungsbereich zu identifizieren.

- ein Anwendungsbereich 5 Punkte
- zwei Anwendungsbereiche 10 Punkte
- drei oder mehr Anwendungsbereiche 20 Punkte

20 Punkte

Alter der Paneele

Um die Dauerhaftigkeit dieser Hochleistungsdämmtechnik aufzuzeigen, sind Anwendungen, bei denen Vakuumisolationspaneele schon recht lange im Einsatz sind, besonders wertvoll. Sollte es neben dem regulären, geringfügigen Anstieg des Wärmedurchlasskoeffizienten mit der Zeit zusätzliche, bisher unerkannte Mechanismen geben, die die Barrierewirkung der Hüllfolie erheblichen verschlechtern, so sollten diese am ehesten bei älteren Anwendungen erkennbar sein. Bei einer mechanische Verletzung der Vakuummhülle ist ein Paneel spätestens innerhalb weniger Tage komplett belüftet. Hier ist die Einsatzdauer ohne Bedeutung.

- erst nach 2007 eingebaut 5 Punkte
- zwischen 2005 – 2006 eingebaut 10 Punkte
- bereits vor 2005 eingebaut 15 Punkte

15 Punkte

Weitere Untersuchungsergebnisse verfügbar oder weitere Messtechnik integrierbar

Es waren zusätzlich 10 Punkte zu vergeben, wenn weitere Messtechnik wie Wärmeflussmesser und Temperaturfühler bei der Anwendung zu integrieren waren. Dies betrifft natürlich nur Anwendungen, die erst während der Laufzeit des Vorhabens realisiert werden sollten. Zusätzliche 10 Punkte sollten aber auch vergeben werden, wenn ältere Untersuchungsergebnis wie schon mög-

lichst weit zurückliegende Thermografieaufnahmen vorliegen, die für eine vergleichende Analyse herangezogen werden können.

10 Punkte

2.1.2.2 Ausgewählte Objekte

Insgesamt war die Anzahl von Objekten, die prinzipiell für die Untersuchungen im Rahmen dieses Vorhabens zur Verfügung gestellt wurden, unerwartet gering (29 Objekte). Da der Zugang zu solchen Objekten im Wesentlichen über Hersteller, Planer und Ausführende gesucht wurde und es kaum gelang, direkt an die Bauherren und Nutzer herantreten zu können, mag die Zurückhaltung in Bedenken der Planer und Ausführenden begründet sein, dass im Rahmen dieses Monitorings möglicherweise Fehler aufgedeckt und damit Gewährleistungs-, Garantie- oder Regressansprüche begründet würden.

In Abbildung 11 sind für die 29 zur Verfügung stehenden Objekte die Bewertungen zusammengestellt. Lediglich drei von diesen Objekten erwiesen sich für ein Monitoring, für thermografische Untersuchungen als wenig geeignet und wurden im Weiteren nicht weiter berücksichtigt. Als Entscheidungskriterium für die Aufnahme von Objekten wurde eine Punktzahl von 40 gewählt.

Waren in den 29 zur Verfügung gestellten Objekten insgesamt 8206 m² Vakuumisolationspaneele verbaut, so reduzierte sich diese Zahl bei den verbleibenden 26 zu untersuchenden Objekten auf insgesamt 7268 m².

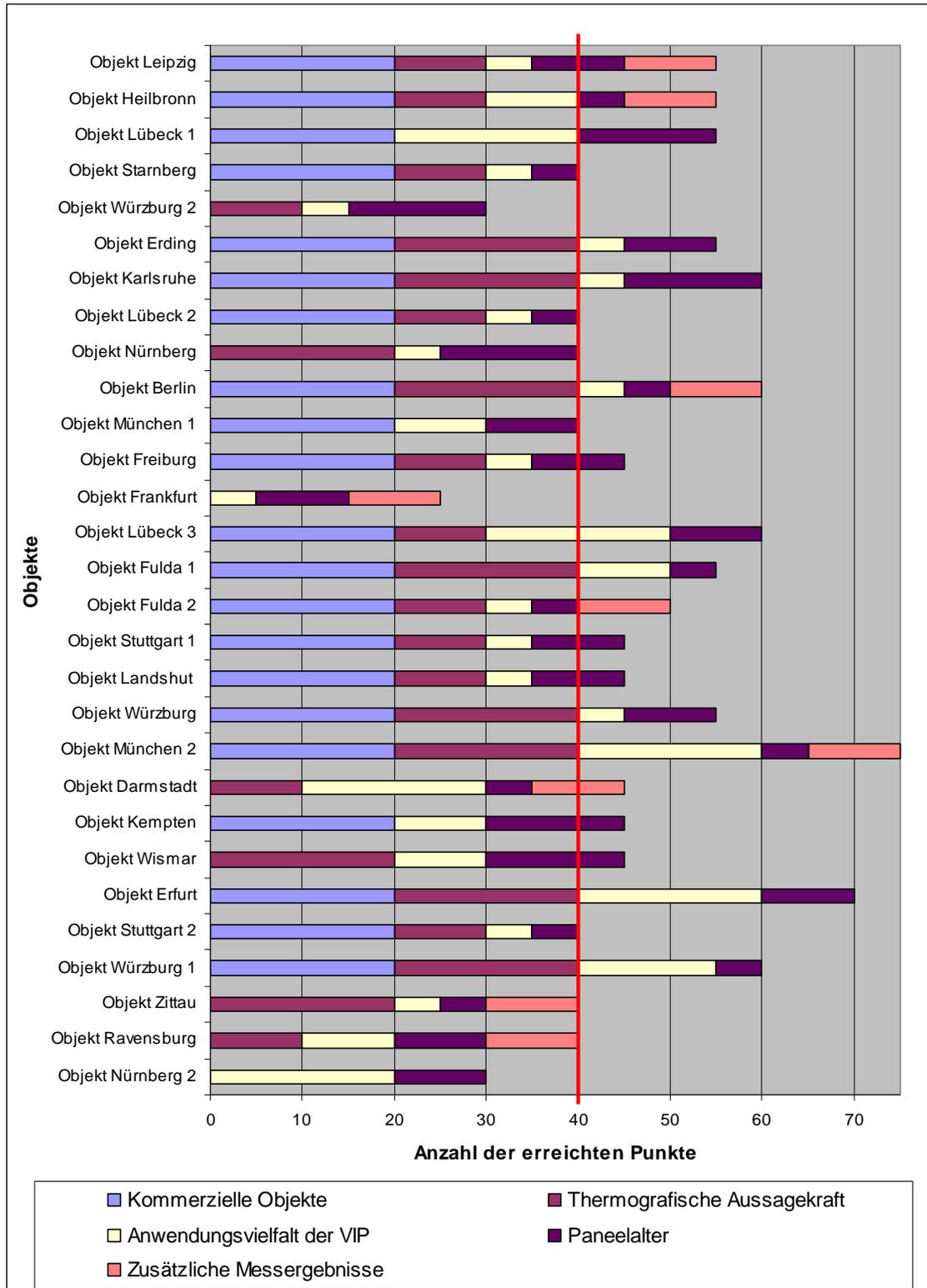


Abbildung 11: Punktebewertung der einzelnen zur Verfügung stehenden Objekte. Lediglich drei Objekte erschienen mit weniger als 40 Punkten für eine Monitoring als wenig geeignet.

2.1.2.2.1 Anwendungsbereiche der ausgewählten Objekte

Im Folgenden werden die ausgewählten Objekte nach unterschiedlichen Merkmalen kategorisiert und die jeweils eingesetzte flächenmäßige Menge Vakuumdämmpaneele tabellarisch aufgeführt.

Tabelle 3: Verteilung der insgesamt 7268 m² Vakuumisolationspaneele auf die einzelnen Objekte und unterschiedlichen Anwendungsbereiche.

Objektname	Außenwand			Bodenplatte, Decke			Dach			Sonstige Türen, Rollladenkästen usw.
	Außenwand	Innendämmung	Pfostenriegelfassade	Fußboden	Dachterrasse, Balkon oder Loggia	unterer Deckenbereich	Untersparrendämmung	Aufsparrendämmung	Kerndämmung	
Objekt Leipzig	264									
Objekt Heilbronn						9				
Objekt Lübeck 1	260			17		15				
Objekt Starnberg							52			2
Objekt Erding	211									
Objekt Karlsruhe	51									
Objekt Lübeck 2					26					
Objekt Nürnberg	35									
Objekt Berlin	96									
Objekt München 1	670				80					
Objekt Freiburg			1198							
Objekt Lübeck 3	40	18	25							
Objekt Fulda 1	12			25	11					
Objekt Fulda 2	35				22					
Objekt Stuttgart 1	14									
Objekt Landshut					36					
Objekt Würzburg		15				100				
Objekt München 2	86	59		64		10				3
Objekt Darmstadt	100		6	75				75		2
Objekt Kempten				43	40					
Objekt Wismar	248									
Objekt Erfurt	111				6	52				
Objekt Stuttgart 2								8		
Objekt Würzburg 2	139	10						69		4
Objekt Zittau	1900			200						
Objekt Ravensburg	370								250	
Gesamtfläche der Anwendungsbereiche	4643	102	1229	423	221	186	52	152	250	11

Knapp 6000 m², diese entsprechen einem Flächenanteil von etwa 82%, wurden dabei zur Dämmung von Außenwänden eingesetzt, 4643 m² hiervon auf der Außenseite, 1229 m² als Innendämmung. Kleinere Flächenmengen verteilen sich auf eine Vielzahl weiterer Anwendungen wie Fußbodendämmung, Dämmungen im Bodenbereich von Balkonen, Terrassen und Loggien, sowie Dachdämmungen. Dämmungen von Türen, Rollladenkästen und ähnliche fallen kaum ins Gewicht.

2.1.2.2.2 Alt-/Neubau

In Tabelle 4 sind die einzelnen Objekte nach dem Einsatz bei Neubauten und dem Einsatz im Rahmen einer energetischen Ertüchtigung von Bestandsgebäuden unterschieden. Beide Anwendungsbereiche sind flächenmäßig in etwa gleich stark im Monitoring vertreten.

Tabelle 4: Aufteilung der Objekte nach Neubau und Altbau mit Angabe der verbauten Quadratmeterzahl an Vakuumisolationspaneelen (VIP).

Objektname	Neubau	Sanierung
Objekt Leipzig	264	
Objekt Heilbronn	9	
Objekt Lübeck 1		292
Objekt Starnberg		54
Objekt Erding		211
Objekt Karlsruhe		51
Objekt Lübeck 2	26	
Objekt Nürnberg		35
Objekt Berlin	96	
Objekt München 1	750	
Objekt Freiburg	1198	
Objekt Lübeck 3		83
Objekt Fulda 1		47
Objekt Fulda 2		57
Objekt Stuttgart 1	14	
Objekt Landshut	36	
Objekt Würzburg		115
Objekt München 2		222
Objekt Darmstadt	258	
Objekt Kempten		83
Objekt Wismar		248
Objekt Erfurt		169
Objekt Stuttgart 2	8	
Objekt Würzburg 2		222
Objekt Zittau		2100
Objekt Ravensburg	620	
Gesamtflächen	3279	3989

2.1.2.2.3 Mittels Thermografie untersuchte Objekte

Nicht für alle ausgewählte Objekte und alle mit VIP versehene Flächen waren thermografische Untersuchungen sinnvoll,

1. weil die Vakuumpaneele von massiven Bauteilen überdeckt oder hinterlüftet waren, so dass für thermografische Aufnahmen keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten waren (Estrich über Fußboden, Pflastersteine über VIP im Boden, Kerndämmung bei zweischaligem Mauerwerk, vorgehängte hinterlüftete Fassaden, Dachbereiche mit Ziegeldeckung ...), oder
2. weil das Objekt als Ganzes oder der Anwendungsbereich nicht zugänglich war, da vermietet oder bei einigen Innendämmungen die Wandfläche mit Möblierung verstellt.

Es verblieben 19 Objekte, an denen thermografische Untersuchungen durchgeführt wurden, mit einer installierten Menge VIP von 4973 m². Da auch hier in Einzelfällen nicht die komplette VIP-Flächen für die Aufnahmen zugänglich waren - durch Sträucher oder Kletterpflanzen verdeckt, oder bereichsweise durch massive Bauteile überdeckt - reduzierte sich die untersuchte Fläche noch weiter. Von den insgesamt angebotenen 29 Objekten mit einer Gesamt-VIP-Fläche von 8206 m² verblieben 19 Objekte mit einer untersuchten und ausgewerteten Fläche von 3424 m². Die Aufteilung auf die einzelnen Objekte und die jeweiligen Anwendungsbereiche sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: Aufgliederung der insgesamt 3424 m² in 19 Objekten mittels Thermografie untersuchten Vakuumisolationspaneele nach Objekt und Einsatzbereich.

Objektname	Außenwand			Bodenplatte, Decke			Dach			Sonstige
	Außenwand	Innendämmung	Pfostenriegelfassade	Fußboden	Dachterrasse, Balkon oder Loggia	unterer Deckenbereich	Untersparrendämmung	Aufsparrendämmung	Kerndämmung	Türen, Rolllädenkästen usw.
Objekt Leipzig	260									
Objekt Lübeck 1	260									
Objekt Erding	205									
Objekt Karlsruhe	49									
Objekt Nürnberg	35									
Objekt Berlin	96									
Objekt München 1	450									
Objekt Freiburg			1100							
Objekt Lübeck 3	40		25							
Objekt Fulda 1	12									
Objekt Würzburg 1		15				100				
Objekt München 2	86	20		40						
Objekt Darmstadt	90		6					12		2
Objekt Kempten				43						
Objekt Wismar	248									
Objekt Erfurt	68					52				
Objekt Stuttgart 2								8		
Objekt Würzburg 2	97									
Objekt Ravensburg	5									
Gesamtfläche der Anwendungsbereiche	2001	35	1131	83	0	152	0	20	0	2

Drei neu realisierte Objekte wurden mit zusätzlicher Messtechnik ausgestattet. Lokal an einzelnen wenigen VIP wurden Wärmeflussmessplatten, Temperaturfühler, sowie va-Q-perm¹-Sensoren angebracht und entsprechende Messleitungen verlegt. Diese Messvorrichtungen erlauben, geringe Änderungen der Dämmwirkung mit der Zeit weitaus sensitiver aufzulösen, als dies mit dem Instrumentarium der Thermografie möglich ist. Allerdings gelten daraus abgeleitet Aussagen nur für die wenigen individuellen VIP-Elemente. Statistische Aussagen für eine große Anzahl von VIP wären mit diesem messtechnischen Ansatz nur mit sehr hohem Aufwand und nur bei neu zu realisierenden Objekten zu gewinnen.

¹ va-Q-perm ist ein geschützter Markenname der Fa. va-Q-tec AG

2.1.2.2.4 Alter der eingebauten VIP

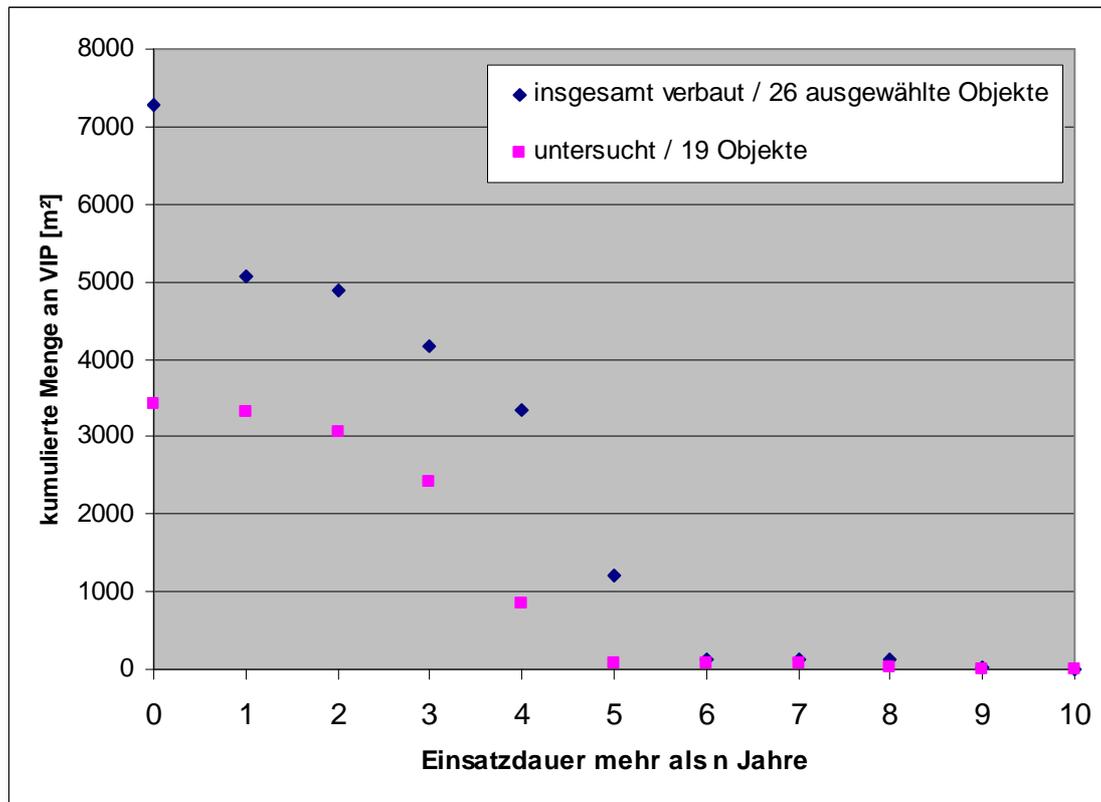


Abbildung 12: Kumulierte Menge an VIP [m²] bzgl. der Einsatzdauer nach insgesamt verbauten und untersuchten Flächen.

Abbildung 12 verdeutlicht das Alter der in diesem Projekt erfassten bzw. der hier thermografisch untersuchten VIP. Da Informationen nicht zum Herstellungsdatum der VIP, sondern lediglich zum Ausführungs- oder Realisierungszeitpunkt der jeweiligen Baumaßnahme vorlagen, wurde die „Einsatzdauer“ herangezogen. Es ist anzunehmen, dass die VIP nur unwesentlich früher gefertigt wurden. Auf der Abszisse ist aufgetragen, wie lange die Paneele mindestens im Einsatz sind: 100% der Paneele sind mehr als 0 Jahre im Einsatz. Die blaue Kurve gibt das „Alter“ der verbauten Paneele aller hier erfassten Objekte zum Zeitpunkt Mitte 2010 wieder, die pinkfarbene Kurve das Alter der thermografisch untersuchten Paneele zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung.

Der signifikante Abfall der Kurven im Bereich zwischen 3 und 5 Jahren zeigt, dass die meisten der hier verbauten bzw. untersuchten Paneele zum jeweiligen Zeitpunkt 2 bis 5 bzw. 2 bis 4 Jahre alt waren. Der Anteil älterer Paneele bezieht sich auf relativ geringe Flächen der wenigen in diesem Monitoring neben den kommerziell realisierten Bau- oder Sanierungsvorhaben nur ausnahmsweise berücksichtigten ersten Demo- und Forschungsobjekte. Der kommerzielle Einsatz von VIP startete signifikant demnach vor etwa 6 Jahren in den Jahren 2004/2005.

2.1.2.3 Untersuchungsmethoden

Im Rahmen des zugrundeliegenden Monitorings kamen drei Untersuchungsmethoden zum Einsatz, um die Funktionsfähigkeit und Dauerhaftigkeit der Vakuumisolationspaneele (VIP) zu prüfen:

- die Thermografie,
- die Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten an einzelnen Paneelen mit Hilfe von Folienwärmestrommessern und Temperaturfühlern, sowie
- die Bestimmung des Paneelinnengasdrucks mit Hilfe eines speziellen Sensorsystems.

2.1.2.3.1 Infrarotthermografie

Die Thermografie ist für die Bewertung einer Wärmedämmung kein einfach zu handhabendes Instrument. Mit diesem bildgebenden Verfahren kann Infrarotstrahlung sichtbar gemacht und unter gewissen Umständen als Temperaturverteilungen interpretiert werden. Hierfür dürfen die Oberflächen im relevanten Infrarot-Spektralbereich Wärmestrahlung nicht reflektieren. Ansonsten sieht man ähnlich wie im sichtbaren Spektralbereich bei einem Spiegel nicht den Spiegel selber, sondern das gespiegelte Bild der Umgebung. Kann man dies ausschließen, so erhält man berührungslos und ohne großen messtechnischen Aufwand die Temperaturverteilung auch größerer Flächen. Bei der Interpretation bleibt jedoch zu beachten, wie sich eine von der Umgebung abhebende Temperatur zustande kommt. Zur Bewertung einer Wärmedämmung muss erstens ein Temperaturgradient zwischen den beiden Seiten der Dämmung vorliegen. Gebäudethermografie kann daher nur bei beheizten Gebäuden und im Winter bei ausreichend niedrigen Außentemperaturen sinnvoll durchgeführt werden. Zweitens muss ein Übergangswiderstand für den Wärmefluss von der warmen oder kälteren Wand zu der Umgebungsluft vorliegen. Dieser Übergangswiderstand ist wohl prinzipiell gegeben, quantitativ aber sehr stark davon abhängig, ob und wie stark Wärme von der Oberfläche durch freie Konvektion oder durch Wind abgeführt wird. So erscheinen „geschützte“ Ecken wie z.B. hinter einem Windfang bei Außenthermografieaufnahmen wärmer, ohne dass man daraus auf einen erhöhten Wärmedurchgang und oder eine Schwachstelle in der Wärmedämmung schließen könnte. Auch der Strahlungsaustausch mit einem klaren oder bedeckten Nachthimmel beeinflusst die Oberflächentemperatur von Außenwänden.

Die besten Verhältnisse für Thermografieaufnahmen liegen bei Windstille, einer stabilen Temperaturschichtung der Luft, wie man sie insbesondere kurz vor Sonnenaufgang vorfindet, besonders niedrigen Außentemperaturen und bedecktem Himmel vor.

Generell wird zwischen Außen- und Innenthermografie unterschieden. Je nachdem, ob die VIP auf der Innen- oder der Außenseite eines Bauteils (Wand, Decke, ...) angebracht sind, ist dementsprechend eine Innen- oder eine Außenthermografie durchzuführen. Folgende Randbedingungen sollten erfüllt sein:

- Thermografieaufnahmen sollten in der Nacht, am besten kurz vor Sonnenaufgang durchgeführt werden. Bei Regen, Schnee, dichtem Nebel, direkter Sonneneinstrahlung, Thermik, Wind, aber auch klarem Nachthimmel werden die Aufnahmen durch parasitäre Effekte beeinflusst oder gar dominiert. Solche Bedingungen sollten daher gemieden werden.
- Die Temperaturunterschied zwischen Innen und Außenraum sollte mindestens 20 Kelvin über einen Zeitraum von 10 Stunden betragen.
- Die Luftgeschwindigkeit sollte möglichst gering sein, um einen möglichst großen äußeren Übergangswiderstand zwischen Außenwandfläche und Luft zu erhalten.
- Der Himmel sollte möglichst bedeckt sein, um einen Strahlungsaustausch mit dem kalten Weltraum zu vermeiden. Überstehende Dächer, gegenüberliegende Gebäude können einen solchen Strahlungsaustausch partiell behindern und damit Auswirkungen auf die Temperaturverteilung der untersuchten Oberfläche haben (Stichpunkt: Strahlungsgeometriefaktoren).
- Feuchtigkeitsablagerungen oder Reifbildungen auf der Oberfläche sollten vermieden werden.
- Die zu untersuchenden Oberflächen sollten nicht hinterlüftet sein (z.B. vorgehängte Fassaden).
- Spiegelnde Oberflächen, wie z.B. Glas, sollten möglichst vermieden werden. Konstruktionen mit spiegelnden oder IR-reflektierenden Oberflächen können kaum noch quantitativ analysiert werden. Spiegelungen aus dem Hintergrund sind individuell zu berücksichtigen. Aufnahmen aus verschiedenen Winkeln können helfen, solche Einflüsse zu identifizieren. Mit erhöhtem Aufwand sind dann meist zumindest vergleichende Aussagen möglich.
- Einzelne unbeheizte Räume innerhalb der beheizten Gebäudehülle sollten vorab bekannt sein.
- Raumtemperaturabsenkungen oder Nachtabschaltungen von Heizungsanlagen sollten in Absprache mit dem Nutzer für die Aufnahmenacht ausgesetzt werden.

Die meisten der vorgenannten Bedingungen zielen darauf, bei gegebenem räumlich variierendem Wärmefluss eine möglichst große Spreizung der Oberflächentemperaturen zu bewirken. In Verbin-

dition mit besonders guten Wärmedämmungen wie der Vakuumdämmung sind nahezu ideale Randbedingungen erforderlich. So war bei einigen der untersuchten Objekte selbst bei besonders guten Bedingungen mit Temperaturendifferenzen zwischen Innen und Außen von mehr als 30 K (!) für komplett belüftete VIP im Vergleich zu intakten VIP an der Oberfläche lediglich Unterschiede von nur wenigen Zehntel Kelvin zu erwarten.

Um solch geringen Temperaturunterschiede überhaupt auflösen zu können, ist ein entsprechend hochwertiges Kamerasystem erforderlich. Im Rahmen der zugrundeliegenden Untersuchungen kam folgendes System der Firma InfraTec GmbH zum Einsatz, welches speziell für diese Untersuchungen angeschafft worden war:

Bezeichnung des IR-Kamerasystems:	VarioCAM
Spektralbereich:	(7,5 ... 14) μm
Temperaturmessbereich:	(-40 ... 1200) $^{\circ}\text{C}$
Temperaturauflösung bei 30 $^{\circ}\text{C}$:	besser als 0,08 K; bis zu 0,05 K im Premium Mode
Messgenauigkeit:	+/- 1;5 K (0 ... 100) $^{\circ}\text{C}$; +/- 2 % (< 0 bzw. > 100) $^{\circ}\text{C}$
Max. Bildformat:	(384 x 288), Resolution Enhancement (768 x 576)

Die Aufnahmen im Rahmen des vorliegenden Vorhabens wurden ausschließlich im Premium Mode mit einer Temperaturauflösung von bis zu 0,05 K betrieben.

Für die Analyse der Thermografieaufnahmen stand ein numerisches Tool zur Verfügung, mit dem Temperaturunterschiede entlang linienförmiger Profile meist präziser quantifiziert werden konnten, als dies anhand von Falschfarben- oder Graustufendarstellungen möglich war.

Nachfolgend werden beispielhaft eine Außenthermografie- und eine Innenthermografieaufnahme erläutert, wie auch jeweils die Identifizierung eines „auffälligen“ VIP beschrieben.

Beispiel Auenthomografie:

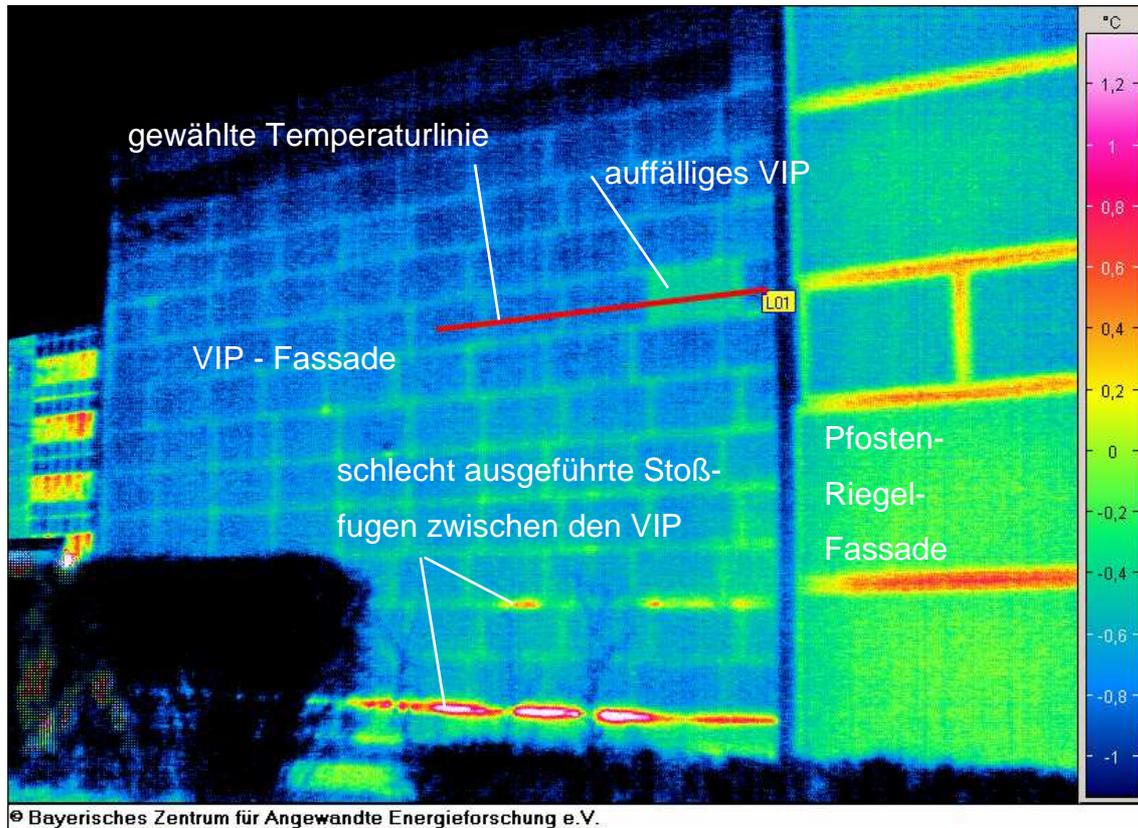


Abbildung 13: Auenthomografieaufnahme einer auf der Außenseite mit VIP gedamten Gebauwand mit einem einzelnen „auffälligen“ VIP. Für die rot eingezeichnete Linie ist in Abbildung 14 das entsprechende Temperaturprofil dargestellt.

Um in der Falschfarbendarstellung der Auenthomografieaufnahme einer VIP-gedamten Fassade in Abbildung 13 leicht erhohnte Wärmeflüsse im Bereich von Stoßfugen oder aber auch eines belüfteten VIP überhaupt erkennbar zu machen, musste der Temperaturbereich extrem gespreizt werden. Die Skala reicht dabei bei dunkelblauer Farbe von $-1,1^{\circ}\text{C}$ bis zu $+1,3^{\circ}\text{C}$ bei Hellpink, einem Temperaturbereich von lediglich 2,4 Kelvin. Den in Grün- oder Rottönen dargestellten Bereichen sind gegenüber blauen Bereichen erhohnte Oberflächentemperaturen zuzuordnen, ist dort der Wärmedurchgang erhohht. Bei den hier mit EPS-Schaum kaschierten, stumpf gestoßenen Elementen beträgt die Temperaturerhöhung im Stostellenbereich meist lediglich 0,1 bis 0,2 K. „Größere Lücken“ in Bodennähe hingegen zeichnen sich deutlicher ab.

Von der rechten Seite ragt der Teil einer in Pfosten-Riegel-Konstruktion erstellten Glasfassade in das Bild hinein. Obwohl die Innentemperatur hinter dieser Fassade, einem nicht beheiztem Zwischenbereich zwischen zwei Gebäuden, deutlich geringer sein dürfte, als in den VIP-gedamten

Gebäuden, werden die typischen Schwachstellen dieser Konstruktionsart augenscheinlich (orange erscheinende Riegel).

In der im dargestellten Temperaturbereich extrem gespreizten Falschfarbendarstellung zeichnet sich optisch im oberen Bereich der VIP-gedämmten Fassade ein VIP-Element ab, welches im Weiteren als „auffällig“ eingeordnet wurde.

Für den Bereich einer gewählte Linie (rote Linie in Abbildung 13) ist in Abbildung 14 das zugehörige Temperaturprofil dargestellt, so wie es sich mit Hilfe des numerischen Tool ergibt. Hieraus lässt sich die Temperaturdifferenz für den zentralen Bereich benachbarter, intakter VIP-Elemente und dem zentralen Bereich des auffälligen Elementes zu 0,30 bis 0,35 K quantifizieren. Eine Temperaturerhöhung in dieser Größe war auch rechnerisch unter Berücksichtigung des individuell vorliegenden konstruktiven Aufbaus und der während der Aufnahme vorherrschenden meteorologischen Bedingungen für ein belüftetes VIP zu erwarten gewesen.

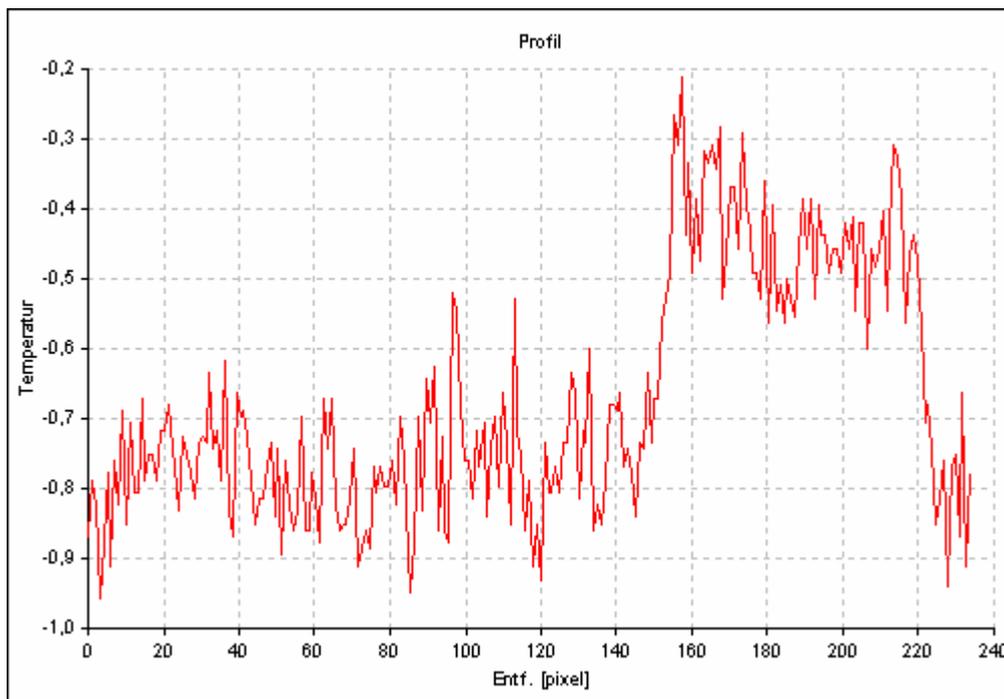


Abbildung 14: Das numerische Tool liefert für die in Abbildung 13 rot eingezeichnete Linie das hier dargestellte Temperaturprofil. Im dort bereits optisch auffälligen Bereich ist die Temperatur im Vergleich zu Nachbarbereichen um 0,30 bis 0,35 K erhöht. Eine Temperaturerhöhung in diesem Umfang war für ein vollständig belüftetes VIP auch rechnerisch zu erwarten.

Beispiel Innenthermografie:

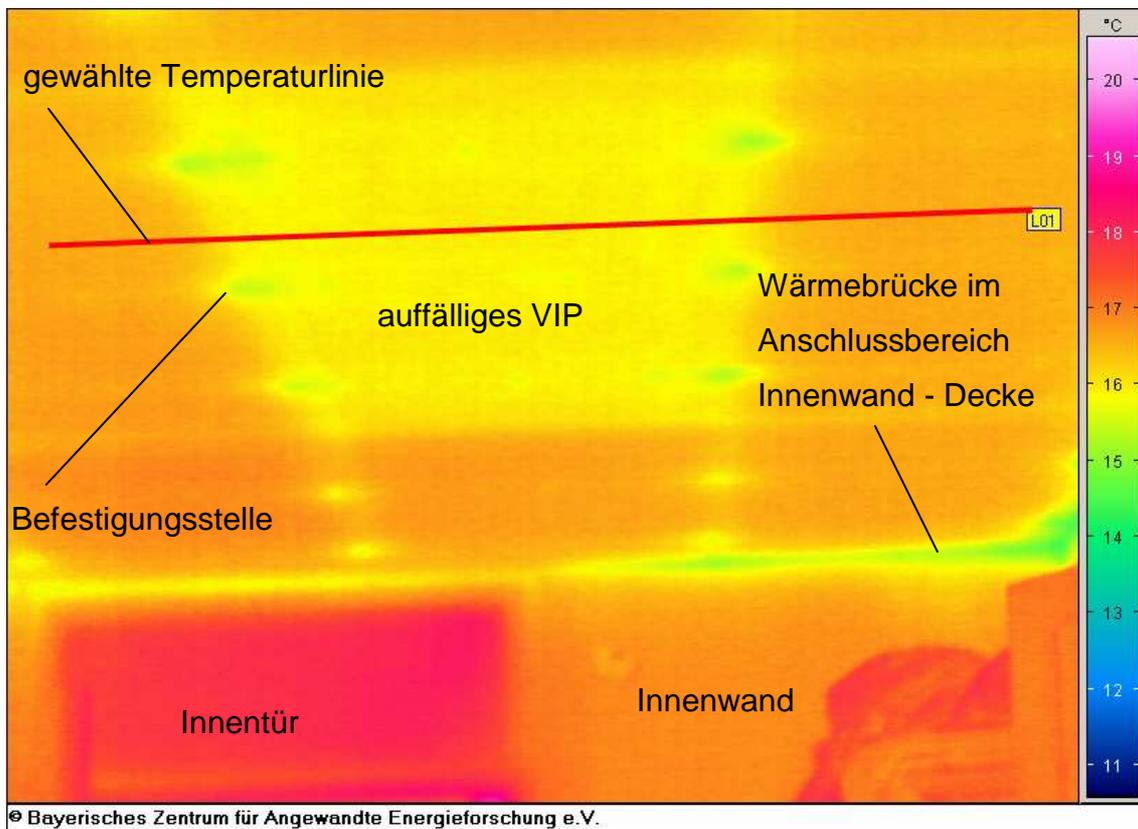


Abbildung 15: Innenthermografieaufnahme eines mit VIP gedämmten Deckenbereiches. Punktuell zeichnen sich als thermische Schwachstellen Schraubensbefestigung ab. Für die rot eingezeichnete Linie ist in Abbildung 16 das zugehörige Temperaturprofil dargestellt.

Bei Innendämmungen sind auffällige VIP meist leichter zu erkennen, als bei Außendämmungen und Außenthermografieaufnahmen. Die für evakuierte und belüftete VIP zu erwartenden Temperaturunterschiede fallen meist größer aus. Die Temperaturspreizung in der Falschfarbendarstellung in Abbildung 15 beträgt etwa 10 K, die Skala reicht von ca. 10,5°C bis 20,5°C. Anders als bei der Außenthermografie stehen hier Bereiche mit niedrigeren Oberflächentemperaturen nicht für besonders gut gedämmte Bereiche, sondern für Bereiche mit erhöhtem Wärmeabfluss. So zeichnen sich in Abbildung 15 in grün/gelb Farbtönen Schwachstellen der Wärmedämmung ab: konstruktiver Art punktuell die hier gewählte Befestigungsart mit Schrauben in speziellen Aussparungen im Stoßstellenbereich der VIP, linienförmig die Anschlüsse zwischen Decke und Wänden, wie auch unplanmäßig ein „auffälliges“ VIP. Die Stoßstellen zwischen den einzelnen VIP sind bei der hier gewählten vergleichsweise geringen Temperaturspreizung kaum auszumachen.

Rechnerisch war für die vorliegende Konstruktion und die Aufnahmebedingungen für einen Bereich mit einem belüfteten Paneel gegenüber dem mit einem intakten Paneel eine Temperaturabsen-

kung auf der inneren Oberfläche von ca. 0,9 K zu erwarten gewesen. Das sich mit Hilfe des numerischen Tools für die in Abbildung 15 rot eingezeichnete Linie ergebende Temperaturprofil ist in Abbildung 16 dargestellt. Hieraus lässt sich die Temperaturabsenkung im auffälligen Bereich zu 0,65 bis 0,7 K quantifizieren. Die „gemessene“ Temperaturabsenkung fällt hier geringer aus als rechnerisch zu erwarten.

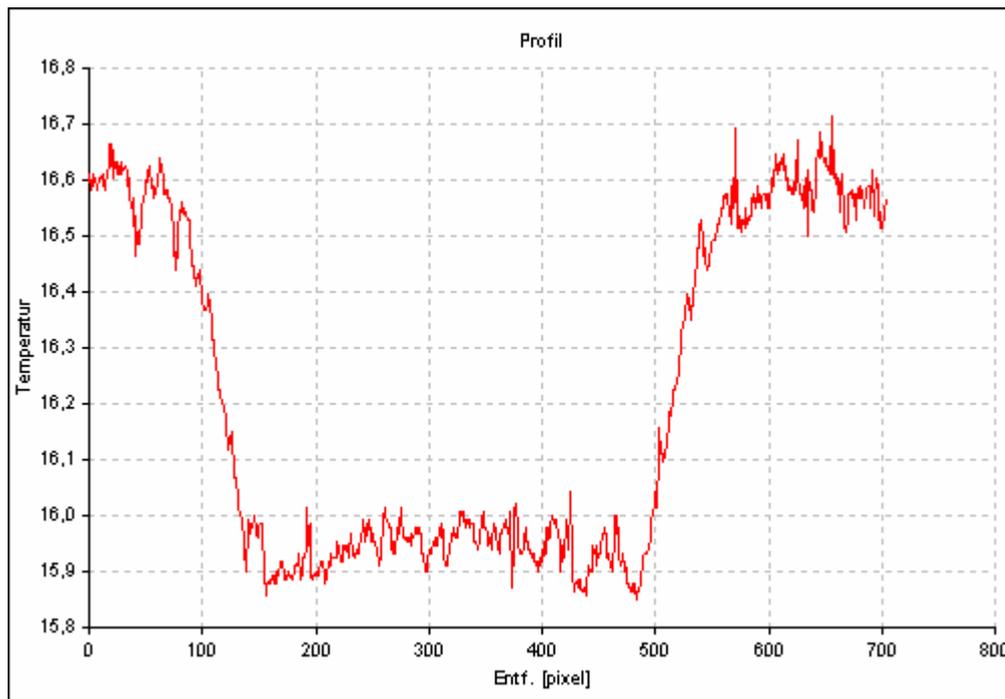


Abbildung 16: Temperaturprofil entlang der in Abbildung 15 rot eingezeichneten Linie. Im Bereich des auffälligen Paneels ist die Temperatur um 0,65 bis 0,7 K abgesenkt.

2.1.2.3.2 Warmeflussmessung

Mit Hilfe eines Folienwarmestrommessers und zweier Temperaturfühler lässt sich bei gegebenem Wärmefluss der Wärmedurchgangskoeffizient oder im Kehrwert der Wärmewiderstand einer Dämmschicht, so auch der eines Vakuuminisierungspaneels recht präzise bestimmen. Voraussetzung auch hier ist das Vorliegen eines Wärmeflusses aufgrund eines Temperaturgradienten. Wie die Thermografieaufnahmen sind auch diese Messungen ohne zusätzlichen Aufwand nur bei winterlichen Außentemperaturen durchzuführen. Die Analyse beschränkt sich dabei jeweils nur auf das einzelne, mit diesen Messsensoren bestückte Vakuuminisierungspaneel (siehe Abbildung 17).

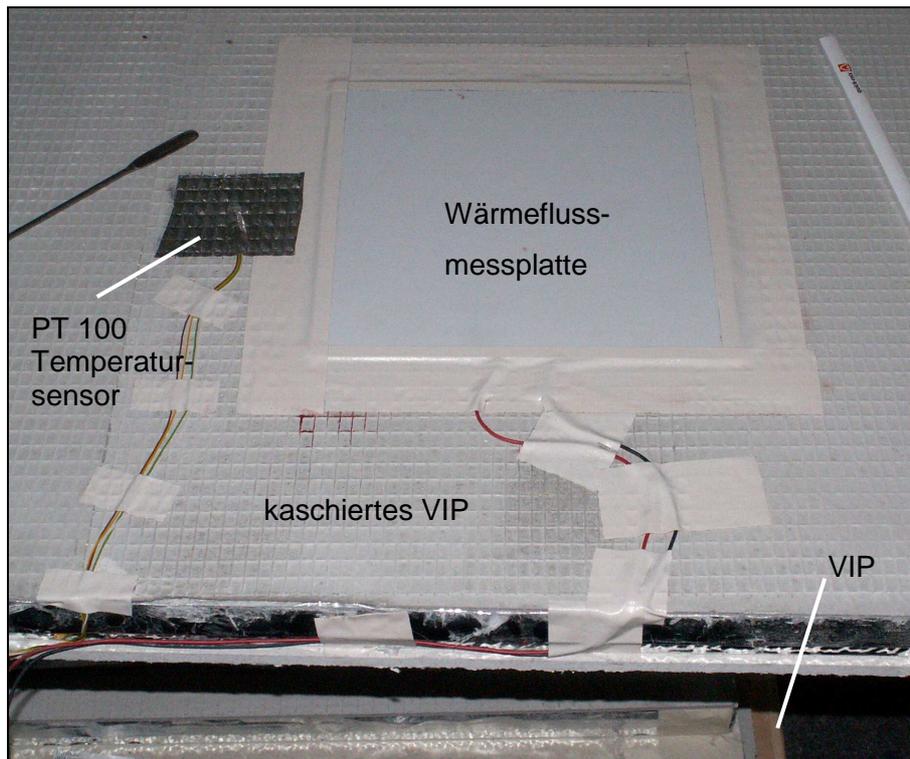


Abbildung 17: Bestückung eines in diesem Beispiel beidseitig mit einer Kaschierung versehenen Vakuumisolationspaneels mit Messsensoren zur Bestimmung des Wärmewiderstandes kurz vor dem Einbau in die Wandkonstruktion.

Die Integration dieser Messvorrichtung muss bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden. Elektrische Anschlüsse der Sensoren müssen vorgesehen und realisiert werden, wie auch die Möglichkeit für mehrere Wochen ein Messgerät anzuschließen. Ein nachträglicher Einbau in eine bestehende Konstruktion scheint wenig praktikabel und wäre mit hohem Aufwand verbunden. Deshalb wurde der Einbau im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen nur bei Objekten in Erwägung gezogen, die sich noch in der Planungsphase befanden, aber doch möglichst früh innerhalb der Projektlaufzeit realisiert werden sollten. Über im Jahresabstand zu wiederholende Messungen sollte dann die prinzipiell erfolgende, in ihrem Umfang jedoch als sehr gering zu erwartende Verringerung der Dämmwirkung gemessen und bestätigt werden.

Im Laufe des Projektes wurden drei Objekte mit Warmeflussmessplatten ausgestattet. Eine Analyse über mehrere Jahre war jedoch nur bei einem einzigen ersten Objekt möglich. Bei einem zweiten Objekt, einem Neubauvorhaben, wurden die Messsensoren bereits zu Beginn des Untersuchungszeitraums installiert. Aufgrund ungewöhnlicher Verzögerungen im Bauverlauf war das Objekt bis zum Ende des Untersuchungszeitraums nicht bezogen, eine Messkampagne nicht möglich. Auch bei dem dritten Objekt, einem Sanierungsvorhaben, konnte die Maanahme nicht rechtzeitig umgesetzt werden.

2.1.2.3.3 va-Q-perm Sensor

Mit einer speziell von der Firma va-Q-tec AG entwickelten Messtechnik lässt sich der Gasdruck innerhalb eines Vakuumisolationspaneels bestimmen. Damit bietet sich die Möglichkeit unabhängig von dem Anliegen eines Temperaturgradienten, unabhängig von geeignet erscheinenden meteorologischen Bedingungen und einem Heizbetrieb indirekt auf die Dämmwirkung eines VIP zu schließen. So sollte es auch möglich sein, die Änderung der Dämmwirkung mit der Zeit zu erfassen.

In gleicher Weise wie bei der Bestimmung des Wärmewiderstands mittels Wärmefluss- und Temperaturmessung beschränkt sich die Analyse auf das individuell mit dieser Messtechnik ausgestattete einzelne Paneel.



Abbildung 18: Integration einer Warmeflussmessplatte, eines Temperatursensors sowie eines va-Q-perm[] Sensors in die Außenseite einer Außenwand. Das VIP wird dann, wie am rechten Bildrand zu erkennen, von Außen auf dieser Anordnung angebracht (Bild: Hochschule Zittau/Görlitz).

Auch hier ist eine Integration nur bei in Planung oder im Bau befindlichen Objekten möglich. Zusätzlich erschwerend kommt hinzu, dass der Sensorkopf und der Anschluss für die Ableseeinheit vergleichsweise viel Platz benötigen (siehe Abbildung 18). Die Technik kann nur bei Paneelen eingesetzt werden, die in der Fertigung mit einem speziellen Sensorchip ausgestattet sind. Aus patentrechtlichen Gründen kamen für diesen Messansatz daher nur Objekte in Frage, bei denen Paneele dieses einen Herstellers zum Einsatz kommen sollten.

Aufgrund der verschiedenen Vorbedingungen und vielerlei Anforderungen war eine Integration dieser Messtechnik nur bei einem einzigen aller zur Verfügung stehender Objekte möglich. Jedoch war auch bei diesem Objekt die baupraktische Umsetzung nicht rechtzeitig abgeschlossen, so dass zu dem Paneelinnendruck keine Messergebnisse vorliegen.

2.1.2.4 Bewertung

Die Interpretation von Thermografieaufnahmen von Gebäudeteilen hinsichtlich ihrer Wärmedämmeigenschaften ist nicht einfach und nicht immer eindeutig. Bei teilweise reflektierenden Oberflächen wird nicht die Temperatur allein der Oberfläche des untersuchten Objektes wiedergegeben, sondern auch Wärmestrahlung von Objekten aus der Umgebung mit erfasst. Aber auch wenn Reflexion nicht stört - bei Oberfläche, die nicht aus Metall oder Glas bestehen, ist dies meist gegeben -, bleibt jeweils zu hinterfragen, wie eine sich von der Umgebung abhebende Temperatur auf einer Oberfläche zustande kommt. So erscheinen windgeschützte Bereiche in Nischen oder unter Überständen wärmer, ohne dass dabei zwangsläufig auf eine Schwachstelle in der Wärmedämmung geschlossen werden kann. Umgekehrt mag im Bereich von Kanten eine erhöhte Umströmung zu einer besseren Wärmeabfuhr führen. Im Vergleich zu benachbarten Bereichen der Gebäudehülle wird die Oberflächentemperatur dort niedriger ausfallen, was als „bessere“ Wärmedämmung missinterpretiert werden kann. Auch geöffnete Fenster oder die Abluft von Lüftungsgeräten führen zu erhöhten Temperaturen an den darüber liegenden Oberflächen. Um dieser fehlenden Eindeutigkeit Rechnung zu tragen, wird im Rahmen dieses Untersuchungsberichts für Paneele mit signifikant abweichenden Temperaturen durchgängig die weniger scharfe Formulierung „**auffällig**“ verwendet. In wenigen Einzelfällen konnten bei Überprüfungen tatsächlich oben genannten Umstände als Ursache für auffällige Temperaturverläufe identifiziert werden, so z.B. der Warmluftauslass einer Backstube. In den allermeisten Fällen dürften abweichende Temperaturen jedoch tatsächlich auf einen Defekt, auf eine Belüftung der betreffenden Vakuumisolationspaneele zurückzuführen sein.

Für fundierte Interpretationen der Thermografieaufnahmen wurden für alle untersuchten Objekte die relevanten bauphysikalischen Daten zusammengetragen und die konstruktiven Aufbauten individuell hinsichtlich des Wärmedurchgangs rechnerisch nachgestellt. Unter Berücksichtigung der

bei jeder einzelnen Aufnahme individuell vorliegenden meteorologischen Bedingungen wurden die zu erwartenden Temperaturen auf den Oberflächen der Wand berechnet. Berechnungen wurden zum einen für die Konstruktion mit intakten VIP, zum anderen für denselben konstruktiven Aufbau jedoch mit defekten, komplett belüfteten VIP durchgeführt. Die Wärmeleitfähigkeit der VIP wurde dabei mit $0,005 \text{ W}/(\text{m K})$ für die intakten Elemente und $0,020 \text{ W}/(\text{m K})$ für belüftete Paneele angesetzt. Für die Interpretation der Thermografieaufnahmen wurden nicht die Absolutwerte der Temperatur herangezogen, sondern vielmehr jeweils die Differenz, die sich für die Mitte eines belüfteten im Vergleich zu einem intakten VIP ergeben würde. Dies ist die maximale Temperaturdifferenz, die in der Praxis für benachbarte Elemente bei ähnlichem Wärmeübergang zur Umgebung zu erwarten sein sollte. Die zu erwartende maximale Temperaturdifferenz betrug auch bei idealen Aufnahmebedingungen typischerweise nur einige Zehntel Kelvin. In den Falschfarbendarstellungen waren Temperaturniveau und Temperaturspreizung dementsprechend geeignet zu wählen. Um mögliche unterschiedliche Einflüsse von Randeffekten zu umgehen, wurden in der praktischen Auswertung jeweils die zentralen Bereiche gleich großer VIP verglichen.

Die Rechnungen sind mit einiger Unsicherheit den Wärmeübergangswiderstand an der Außenfläche zur Umgebung betreffend behaftet. Art und Umfang der Konvektion - freie Konvektion oder erzwungene Konvektion, Wind und dessen Geschwindigkeit - wie aber auch Umfang des Infrarotstrahlungsaustausches mit der Umgebung und vor allem mit dem möglicherweise klaren Nachthimmel können nur abgeschätzt werden. In den Rechnungen wurde dieser Übergangswiderstand-Außen mit einem Wert von $0,08 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$ angenommen. Dieser Wert dürfte die praktischen Bedingungen während der Aufnahmen mit einer stabilen Luftschichtung in der Nacht besser beschreiben, als der nach DIN 4108 anzusetzende Jahresmittelwert von $0,04 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$, der insbesondere auch die thermisch bedingte Konvektion der Luft bei Sonneneinstrahlung am Tag beinhaltet.

VIP-betreffende „Auffälligkeiten“ in den Thermografieaufnahmen der insgesamt 3424 m^2 untersuchten, mit VIP ausgestatteten Flächen wurden nach zwei Kriterien eingestuft:

- **Kriterium 1:** Erreichen der rechnerisch zu erwartenden maximalen Abweichung der Oberflächentemperatur, für den Fall, dass das VIP in der jeweiligen Konstruktion vollständig belüftet ist. In einzelnen Fällen wurden geringfügig größere Temperaturabweichung festgestellt. Hier dürfte in der Praxis der Wärmeübergang zur Umgebung noch geringer gewesen sein, der entsprechende Übergangswiderstand noch höher, als mit dem angenommenen Wert von $0,08 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$ in den Rechnungen berücksichtigt. Sollte bei entsprechender Witterung der Wärmeaustausch mit der Umgebung wider Erwarten effektiver gewesen sein als angenommen, so werden vollständig belüftete Paneele nicht wie eigentlich beabsichtigt, als auffällig nach diesem Kriterium 1 eingestuft.

- **Kriterium 2:** Nach diesem Kriterium werden all die Paneele als „auffällig“ eingestuft, die in den Thermografieaufnahmen bei best geeigneter Darstellung (hohe Spreizung der Temperaturskala bei geeigneter Wahl des Temperaturniveaus) im Vergleich zu benachbarten Paneelen, für die gleiche oder im räumlichen Verlauf sehr ähnliche Übergangsbedingungen anzusetzen sind, augenscheinlich mit abweichendem Temperaturniveau in Erscheinung treten, aber noch nicht dem Kriterium 1 als auffällig eingestuft wurden. Erstes Indiz ist meist der visuelle Eindruck in den Aufnahmen. Unterstützt wird die Einstufung durch die Interpretation von numerisch ermittelten Temperaturverläufen entlang von Linien. Diese Linien auf der Oberfläche werden dabei so gelegt, dass dabei mehrere, vergleichbare Paneele überstrichen werden.

Die Unterscheidung nach dem „harten“ Kriterium 1 und dem weniger „harten“ Kriterium 2 war gedacht, um vollständig belüftete Paneele gegebenenfalls von teilbelüfteten Paneelen mit einer Wärmeleitfähigkeit zwischen der eines bestens evakuierten und eines vollständig belüfteten abgrenzen zu können.

Da die Einordnung per Definitionem nach dem Prinzip „entweder, oder, oder gar nicht“ erfolgt, sind für Gesamtauswertungen „Auffällig“ die Mengewerte, Anzahl der auffälligen Paneele bzw. deren Flächen, nach den beiden Kriterien jeweils zu addieren.

2.1.3 Ergebnisse der Untersuchungen

Die Untersuchungen mittels Thermografie wurden unter zwei Gesichtspunkten durchgeführt: die Feststellung des momentanen Ist-Zustands und Untersuchungen zu Veränderungen durch im Jahresabstand wiederholte Aufnahmen.

Bei einer ersten Momentaufnahme eines mit VIP ausgestatteten Gebäudes lassen sich wohl Aussagen treffen zu „Wo gibt es auffällige VIP?“ und „Wie viele VIP sind auffällig?“, Aussagen zu möglichen Ursachen für Auffälligkeiten wie Beschädigung beim Transport, bei der Lagerung auf der Baustelle, bei der Verarbeitung vor Ort oder aber auch ein Belüften nach Einbau, bleiben jedoch spekulativ. Der Nutzen einer ersten, eventuell auch nur einmalig durchgeführten Aufnahme liegt in einer Aussage über den Anteil unauffälliger VIP, der möglichst nahe bei 100% liegen sollte. Sind einzelne VIP bekanntermaßen belüftet und sind die Temperaturabweichungen bei diesen gegenüber benachbarten Paneelen so groß wie berechnet, dürften die übrigen Paneele tatsächlich auch die Dämmwirkung haben, die bei den Rechnungen für intakte VIP angenommen wurde.

Besonders überzeugend können solche Untersuchungen an Objekten sein, bei denen die VIP schon viele Jahre im Einsatz sind: Sind hier keine besonderen Auffälligkeiten zu beobachten, so ist

dies als Indiz zu werten, dass unabhängig von dem Risiko der mechanischen Beschädigung bei Transport, Lagerung und Einbau, im praktischen Einsatz nicht unerwartete oder bisher unbekannte Mechanismen zu einer Beschädigung der Vakuumschale führen.

Aus im Jahresabstand unter möglichst gleich guten, besonders geeigneten meteorologischen Bedingungen wiederholt durchgeführten Aufnahmen mit anschließenden vergleichenden Analysen lassen sich Aussagen zu möglicherweise in der Zwischenzeit zusätzlich auffällig gewordenen Paneelen treffen. Die reguläre Degradation der Dämmwirkung mit der Zeit, die mit den in sehr geringen Mengen in die Paneele eindiffundierender Gase prinzipiell zu erwarten ist, sollte jedoch so gering ausfallen, dass diese mit dem Instrumentarium der Thermografie auch im Abstand von mehreren Jahren kaum erkennbar sein dürfte. Diese wiederholt durchgeführten vergleichenden Untersuchungen können daher die ausreichende Dauerhaftigkeit der Vakuumdämmtechnik unterstreichen oder aber gegebenenfalls auf unerwartete bisher unbekannte Ausfallmechanismen hinweisen.

In wenigen Einzelfällen hätten durch die vorliegenden Untersuchungen möglicherweise Gewährleistungs- oder Regressansprüche begründet werden können. Da nicht beabsichtigt war, mit diesem öffentlich geförderten Vorhaben möglichen Auseinandersetzungen zwischen Herstellern, Planern, Verarbeitern und Bauherren zuzuarbeiten, wurde auf öffentliche Darstellung von Detailergebnissen verzichtet. Im Folgenden werden daher lediglich summarische, statistische Ergebnisse zu der Gesamtheit aller untersuchten Objekten ausgeführt.

2.1.3.1 Ergebnisse erstmaliger Aufnahmen: der „IST-Zustand“.

Insgesamt standen für das Monitoringprogramm Anwendungen mit einer Gesamtfläche verbauter Vakuumisolationspaneele von 8206 m² zur Verfügung. Hiervon konnten 3424 m² untersucht und ausgewertet werden. Zu der Aufteilung auf die einzelnen Objekte und die spezifischen Anwendungsbereiche siehe Tabelle 5.

Abbildung 19 ist zu entnehmen, wie die 3424 m² untersuchter Paneele nach vielen Untersuchungen im Detail im Gesamtergebnis den drei Kategorien „Unauffällig“, „Auffällig nach Kategorie 1“ und „Auffällig nach Kategorie 2“ zugeordnet werden konnten. Demnach konnte 87,2% der gesamten verbauten Paneelfläche als unauffällig, als in Takt und voll funktionsfähig eingestuft werden. Für 8,0% der Paneele ist davon auszugehen, dass sie belüftet sind. Weitere 4,8% der Paneele (flächenbezogen) waren im Vergleich zu benachbarten Elementen auffällig, jedoch war bei diesen die Abweichung der Oberflächentemperaturen geringer, als rechnerisch für belüftete Paneele zu erwarten. Insgesamt war somit für 12,8% der untersuchten Vakuumisolationspaneele eine vollständige Funktionstüchtigkeit in Frage gestellt.

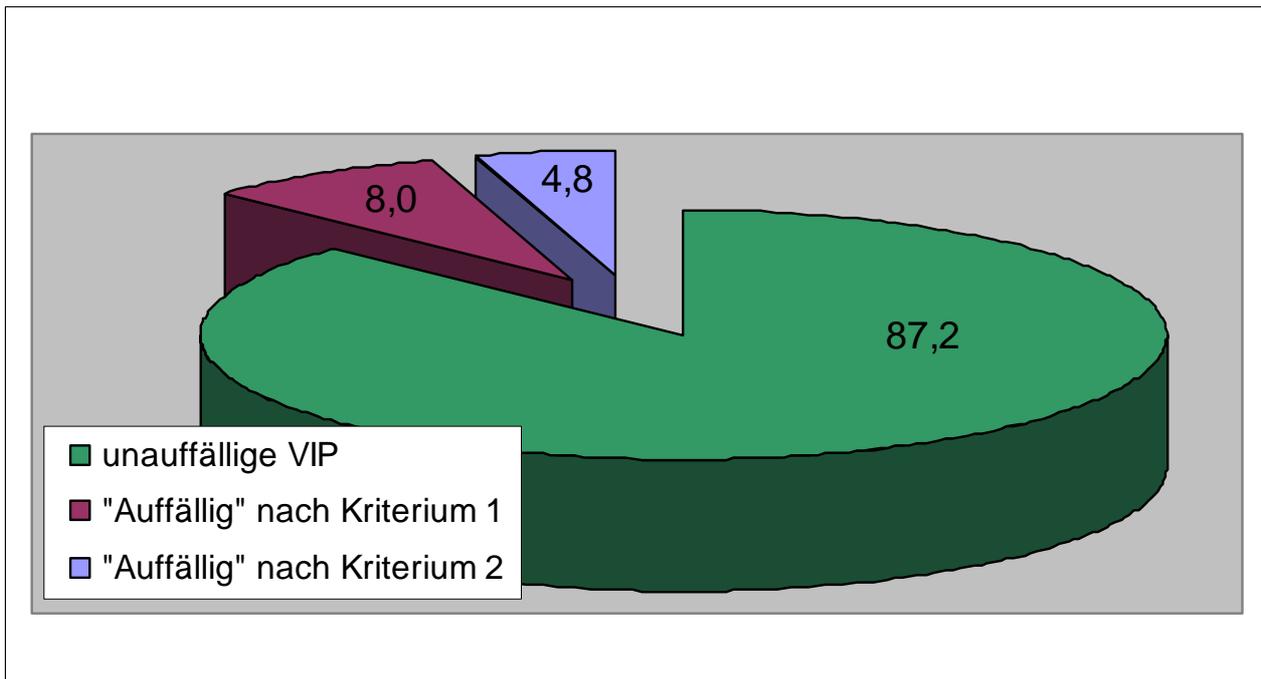


Abbildung 19: Einordnung der 3424 m² untersuchter VIP als „Unauffällig“, „Auffällig nach Kriterium 1“ und „Auffällig nach Kriterium 2“. Die Angaben geben die Flächenanteile wieder.

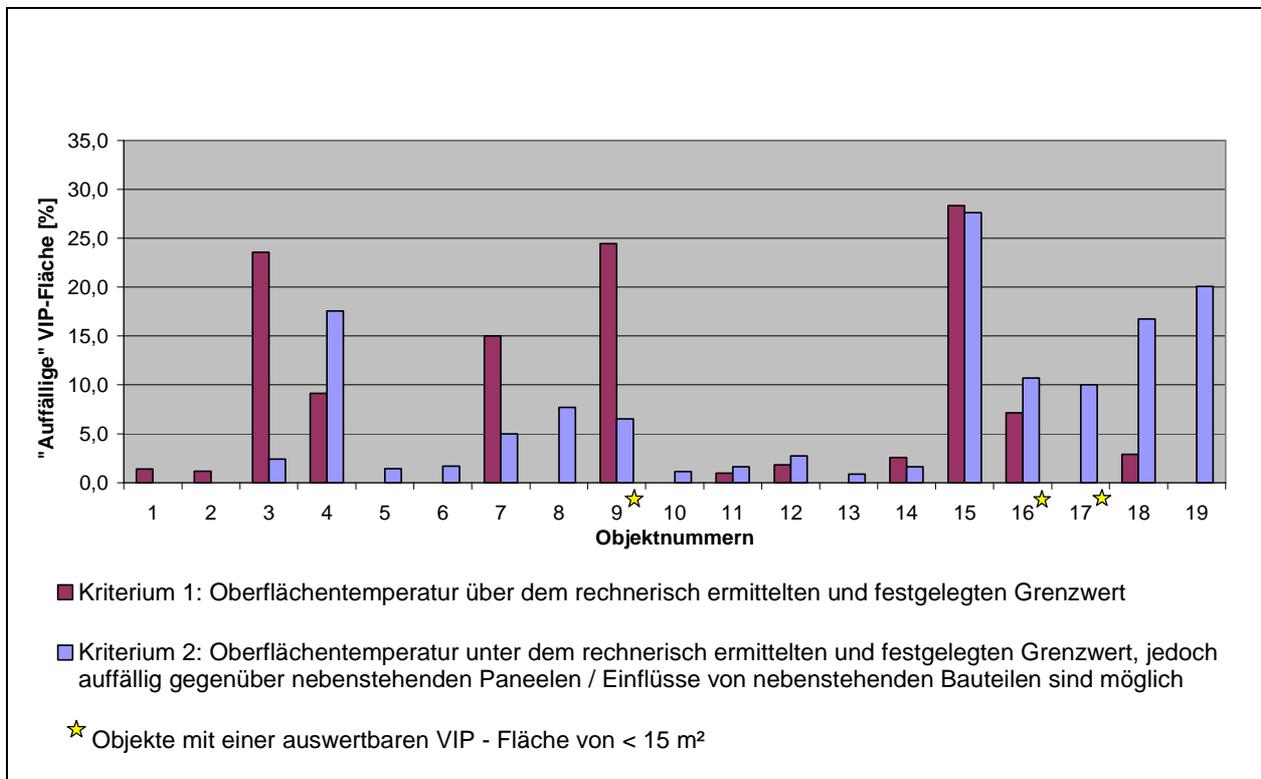


Abbildung 20: Zuordnung der als „Auffällig“ eingearbeiteten Paneele zu den einzelnen Objekten. Objekte, die mit weniger als 15 m² eingesetzter VIP statistisch kaum ins Gewicht fallen, sind mit einem Stern gekennzeichnet.

Die Analyse der einzelnen Objekte ergibt, dass bei etwa knapp der Hälfte aller untersuchter Objekte der Anteil auffälliger Paneele bei weniger als 5% liegt (siehe Abbildung 20). Andererseits gibt es einige Objekten mit besonders hohen Anteilen auffälliger Paneele. Speziell Objekt Nr.15 fällt in diesem Kontext besonders negativ auf mit in der Summe nach beiden Kriterien mehr als 50% auffälliger Paneele. Bei drei der untersuchten Objekte (Nr. 3, 15 und 7) liegt die Vermutung nahe, dass grundsätzlich etwas „schief gelaufen“ sein muss (siehe auch die im Weiteren ausgeführte Interpretation der Ergebnisse). So gibt es berechnete, für diese drei Objekte sehr unterschiedliche Gründe, diese aus der statistischen Auswertung herauszunehmen. Damit verändert sich die anteilige Zuordnung zu den Kategorien „Unauffällig“ und „Auffällig“ wie in Abbildung 21 dargestellt. Nur noch weniger als 5% der in den 16 verbliebenen Objekten 1999 m² untersuchter Paneele sind insgesamt als „Auffällig“ einzuordnen. 1,4% der Paneele dürften tatsächlich vollständig belüftet sein. Insbesondere bei den Objekten Nr. 4, 18 und 19 bleibt zu diskutieren, worauf eine Einstufung nach dem Kriterium 2, „Auffällig im Vergleich zu benachbarten Elementen, Temperaturdifferenz jedoch nicht so hoch wie für vollständig belüftete VIP zu erwarten“ zurückzuführen ist.

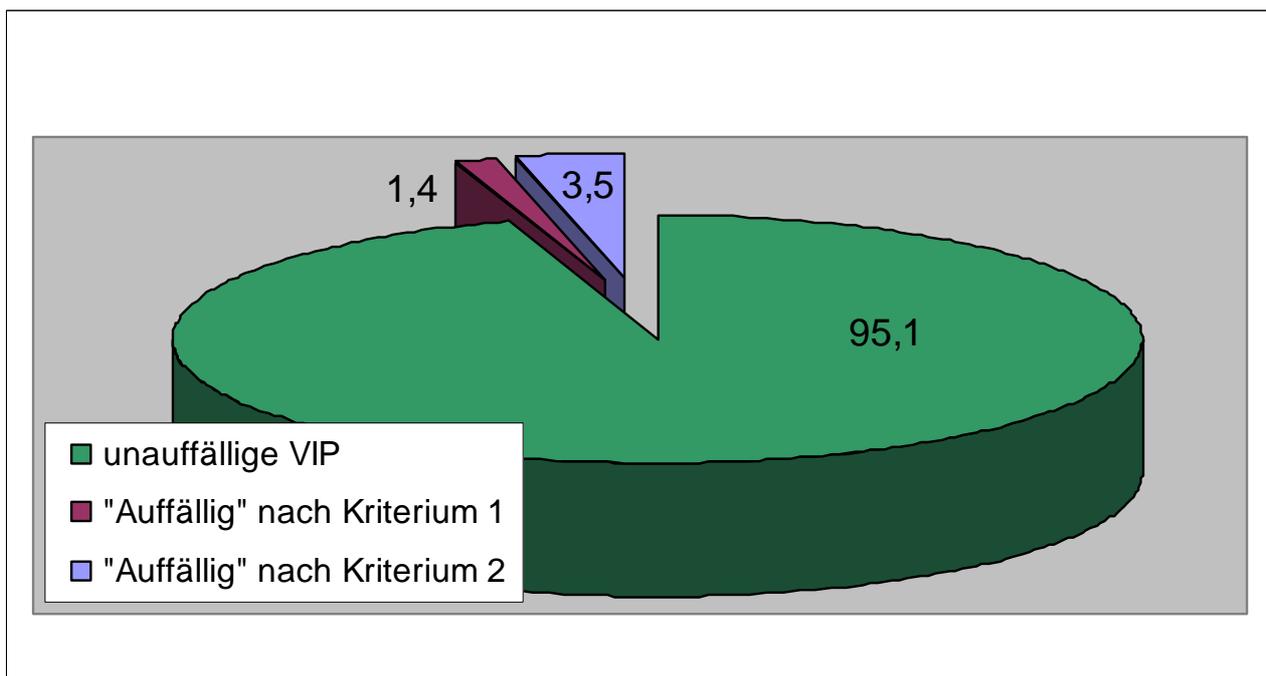


Abbildung 21: Wie Abbildung 19; für die statistische Auswertung blieben hier jedoch die drei Objekte Nr. 3, 15 und 7 begründet unberücksichtigt. Die der Auswertung zugrunde liegende Menge an VIP beträgt 1999 m².

2.1.3.2 Interpretation der Momentaufnahmen

Der Anteil der nach Kategorie 1 als „höchstwahrscheinlich komplett belüftet“ einzustufender Paneele war zunächst mit 8,0% aller untersuchter VIP unerwartet und erschreckend hoch.

Da die Momentaufnahmen keine Rückschlüsse auf die Ursachen zuließen, speziell ob die Belüftung während oder sogar vor der Montage erfolgte, oder erst nach Beendigung der Baumaßnahme im „Betrieb“ und somit eventuell ein Problem zur Dauerhaftigkeit vorliegt, wurde versucht, speziell für die Objekte mit sehr hohem Anteil nach Kategorie 1 auffälliger Paneele weitere Informationen zu der Bauausführung zu erhalten.

2.1.3.2.1 Wahrscheinliche Fehlerursache: Ausführungsfehler

Für Gebäude mit einem sehr hohen Anteil von nach Kategorie 1 als „höchstwahrscheinlich vollständig belüftet“ eingestuften Paneelen wurde nachträglich versucht, möglichst viele Informationen über die Einbausituation und die konkrete Bauausführung in Erfahrung zu bringen. Dabei konnten für drei Objekte Fehler in der Ausführung als wahrscheinliche Ursache identifiziert werden:

Bei Objekt Nr. 3 wurden die blanken VIP ungeschützt auf einen vorhandenen rauen Bestandsputz aufgebracht. Die Befestigung erfolgte zunächst provisorisch durch Klebeschnüre, später durch Dämmstoffdübel in entsprechenden Aussparungen zwischen den VIP. Auf eine zusätzliche Polystyrol-Dämmschicht wurde dann in herkömmlicher Weise ein neuer Putz aufgebracht. Dabei war ein gewisser Anpressdruck erforderlich, mit dem die Paneele auch auf die alte raue Außenfläche gedrückt wurden. Es scheint wahrscheinlich und plausibel, dass hierbei ein Großteil der ungeschützten Paneele beschädigt wurde. Bemerkenswert ist, dass bei diesem an vier Seiten energetisch mit VIP sanierten Gebäude drei Seiten weitgehend unauffällig sind, lediglich einzelne wenige VIP dort als „Auffällig“ einzuordnen waren, auf der Westseite hingegen der überwiegende Teil als belüftet eingestuft werden musste. Informationen über mögliche unterschiedliche Verarbeitungsweisen für die verschiedenen Seiten liegen nicht vor. Daher bleibt spekulativ, ob eventuell eine größere Rauheit auf der „Wetterseite“ den „feinen“ Unterschied ausgemacht hat. Eine in diesem Zusammenhang durchgeführte genauere Untersuchung, ob auch bei anderen Objekten eine Häufung auffälliger VIP an einer bestimmten Gebäudeseite vorliegt, hat jedoch keinen Hinweis auf eine besondere „Richtungsempfindlichkeit“ ergeben.

Bei Objekt Nr. 15 wurden die VIP vom Bauherrn selber beidseitig mit weiteren Deckschichten versehen. Wie diese zusätzliche Kaschierung ausgeführt wurde, ist nicht bekannt. Bilder von der Baustelle lassen jedoch eine schlechte Lagerungssituation erkennen. Der Bauherr schien sich nicht der besonderen Sensitivität der VIP in Bezug auf eine Beschädigung der Hülle bewusst gewesen

zu sein. Unsachgemäße Lagerung und Verarbeitung scheinen auch hier die Ursache für eine außergewöhnliche hohe Ausfallquote von über 50% zu sein.

An diesem Beispiel wird deutlich, wie sinnvoll die „Bestimmungen für die Ausführung“ in den verschiedenen zwischenzeitlich erteilten Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für Vakuum-Wärmedämmplatten verschiedener Hersteller und Anwendungsbereiche für die Praxis sind. Unter Nr. 4 heißt es dort am Beispiel einer dieser Zulassungen:

„Der Einbau der VIP-Elemente darf nur durch geschultes Fachpersonal erfolgen, das über ausreichende Erfahrungen für den sorgfältigen Umgang bei der Handhabung der VIP-Elemente verfügt.

Dabei ist insbesondere Folgendes zu beachten:

- *Bei jeder Lieferung sind die VIP-Elemente durch eine Sichtkontrolle zu überprüfen. Die Hochbarrierefolie muss den Stützkern eng umschließen.*
- *Die VIP-Elemente dürfen nicht mechanisch durch Sägen, Schneiden oder Bohren beschädigt werden.*
- *Der Untergrund für die Verlegung der VIP-Elemente muss eben sein und darf keine Kanten und Grate aufweisen.*
- *Es muss ein ausreichender Schutz der VIP-Elemente vor Beschädigung auch während der Nutzungsphase gewährleistet sein, z.B. durch das Anbringen einer Vorsatzschale.*

Der Antragsteller hat eine Liste der geschulten Fachbetriebe zu führen, die dem Deutschen Institut für Bautechnik und der Überwachungsstelle unaufgefordert in der jeweils neuesten Fassung vorzulegen ist.“

Für Objekt Nr. 7 waren ältere Thermografieaufnahmen vorhanden, die kurz nach Fertigstellung des Objektes erstellt worden waren. Mit dem Wissen der aktuellen Untersuchungen, wo auffällige Paneele zu suchen waren, ließen sich in einigen der weniger hoch aufgelösten alten Aufnahmen mit nicht ganz so geschickt gewählter Darstellung die gleichen Paneele als auffällig identifizieren. Somit waren diese Paneele bereits kurz nach dem Einbau defekt und ist eine Belüftung nicht erst während der langjährigen Nutzungsphase erfolgt. Die Ursache für die Verletzung der Vakuumschale ist nicht geklärt.

2.1.3.2.2 Mögliche Fehlerursache: Kleber?

War eine mechanische Verletzung der Vakuumschale durchgehend mit einer vollständigen Belüftung innerhalb kurzer Zeit verbunden, so soll im Folgenden die Einstufung nach dem Kriterium 2 „Auffällig im Vergleich zu benachbarten Elementen, Temperaturdifferenz jedoch nicht so hoch wie für vollständig belüftete VIP zu erwarten“ für die einzelnen Objekte diskutiert werden.

Durch Variation innerhalb plausibler Grenzen des bei den Rechnungen verwendeten Wertes für den Übergangswiderstand-Außen wurde geprüft, ob eine Einstufung möglicherweise deswegen nicht nach Kriterium 1 erfolgt sein könnte, weil bei den Aufnahmen der Wärmeübergang an die Umgebung doch stärker ausgeprägt war, als mit dem zugrunde gelegten Wert für den Übergangswiderstand abgebildet.

Für einen Großteil der nach Kriterium 2 als auffällig eingestuften Paneele war ein solcher Zusammenhang möglich und sogar wahrscheinlich. Diese Annahme war insbesondere dann zu rechtfertigen, wenn innerhalb einer Aufnahme - etwas vereinfacht - nur zwei Temperaturniveaus für die Mitte der Paneele beobachtet wurden, entsprechend nur zwei Zuständen der Paneele: „evakuiert“ oder „voll belüftet“.

Es gibt nur einige wenige Ausnahmen:

Von einem der relativ früh realisierten Objekte (Objekt Nr.4) ist bekannt, dass dort ein alkalischer Kleber verwendet wurde. Insbesondere dann, wenn die Schnittkanten der Hochbarrierelamine für eine alkalische Lösung zugänglich sind, besteht jedoch für die nur etwa 20 bis 30 Nanometer dünnen Aluminiumsperrschichten innerhalb der Lamine erhebliche Gefahr der Korrosion. In den wiederholt durchgeführten Thermografieaufnahmen für dieses Objekt deutet sich eine beschleunigte Alterung an. Insbesondere ist jedoch die Tatsache, dass für dieses Objekt neben den etwa 18% nach Kriterium 2 eingeordneten Paneelen auch etwa 9% der Paneele nach Kriterium 1 als auffällig eingestuft wurden, ein Indiz dafür, dass der Wert für den Übergangswiderstand hier zutreffend angenommen wurde und tatsächlich einige Paneele „teilbelüftet“ sind und eine beschleunigte Alterung aufweisen. Laut Aussage des Herstellers wird ein solcher Kleber seit Jahren nicht mehr verwendet.

Eine weitere Ausnahme bilden drei Objekte eines bestimmten Herstellers. Hier war nicht nur eine große Streuung beobachteter Temperaturdifferenzen zu beobachten, auch waren diese Temperaturdifferenzen auch bei Variationen des Übergangswiderstandes rechnerisch nicht voll belüftete Paneelen zuzuordnen. Der Gasdruck innerhalb dieser Paneele muss also gegenüber dem Sollwert

signifikant erhöht gewesen sein, ohne dass hierfür eine mechanische Verletzung der Vakuumschicht ursächlich gewesen sein könnte.

Mögliche Erklärungen könnten sein, dass bei diesen Paneelen

- der Vakuumdruck bereits herstellungsbedingt nicht auf dem erforderlichen Niveau war, die Paneele also nicht ausreichend evakuiert waren, oder
- die Hülle nicht die übliche und erforderliche Dichtigkeit aufweist.

Für Letzteres könnte eine unzureichende Dichtigkeit bereits seitens des Lieferanten des Hochbarrierelaminats vermutet werden, oder aber Einflüsse und Veränderungen, die während des Verarbeitungsprozesses beim VIP-Hersteller oder aber auch in der baupraktischen Anwendung zu einer Reduzierung der Sperrschichtwirkung des Laminats oder der Siegelnaht geführt haben.

Bei diesen drei „Ausnahmeobjekten“ eines Herstellers waren die Paneele über einen Klebeprozess mit anderen, von Objekt zu Objekt variierenden Deckschichten kombiniert worden. Da jeweils die gleiche Klebetechnik zum Einsatz kam und zudem andere Objekte mit nicht kaschierten Paneelen des selben Herstellers solche „teilbelüfteten“ VIP nicht aufwiesen, standen insbesondere der Kleber und die Technik des Kaschierens unter Verdacht.

Im Auftrag dieses Herstellers wurden Untersuchungen durchgeführt, mit dem Ziel mögliche schädliche Einflussgrößen zu identifizieren. Ein signifikanter Einfluss des Klebers oder der Verbindungstechnik, in welcher Verarbeitungstiefe auch immer, auf die Dauerhaftigkeit der Paneele konnte hier jedoch nicht ausgemacht werden.

So bleibt die Ursache für die reduzierte Dauerhaftigkeit der Paneele dieser drei Objekte eines Herstellers ungeklärt.

2.1.3.3 Wiederholte Momentaufnahmen im Vergleich

Aus im Abstand von einem oder mehreren Jahren wiederholt durchgeführten Aufnahmen sollte es möglich sein, gegebenenfalls Hinweise für unerwartete bisher unbekannte Ausfallmechanismen zu erhalten. Andernfalls wäre hiermit die Dauerhaftigkeit der Vakuumdämmtechnik zu bestätigen. Es war nicht zu erwarten, dass mit diesem Ansatz die prinzipiell zu erwartende schleichende reguläre Degradation der Dämmung mit der Zeit zu erkennen sein würde.

Derartig wiederholte Momentaufnahmen wurden in ein oder zweijährigem Abstand an 9 Objekten durchgeführt. Für zwei weitere, ältere Objekte standen zudem Thermografieaufnahmen aus früheren Untersuchungen im Rahmen von Test- und Demonstrationsvorhaben für einen Vergleich zur Verfügung (denkmalgeschützte Giebelfassade in Nürnberg und Kindertagesstätte in Wismar). Insgesamt wurden so 2403 m² VIP wiederholt untersucht.

Abgesehen von dem Objekt Nr. 4, bei dem bekanntermaßen ein ungeeigneter Kleber zum Einsatz gekommen war (siehe oben), konnten in den vergleichenden Analysen **im Ergebnis** bis auf ein einziges Paneel **keinerlei Veränderungen** bei den einzelnen Objekten festgestellt werden.

Die unter 2.1.3.2.2 diskutierten drei Objekte eines Herstellers, bei denen eine deutlich erhöhte Degradation mit der Zeit zu vermuten ist, standen erst zum Ende des Untersuchungszeitraums und nur einmalig für Thermografieaufnahmen zur Verfügung. Hier wäre eine zweite Aufnahme sehr hilfreich gewesen, um die Vermutung zu bestätigen oder zu widerlegen.

Das einzige Paneel, bei dem eine Veränderung beobachtet wurde, ist in einer der allerersten mit VIP realisierten Bauanwendungen aus dem Jahr 2000 eingesetzt, der „berühmten“ Giebelfassade eines denkmalgeschützten Gebäudes in Nürnberg. Im Rahmen eines ersten Forschungsvorhabens wurden VIP seinerzeit in unterschiedlichen Bauanwendungen getestet und dabei auch über die ersten Jahre wiederholt thermografiert. So dürfte dieses Objekt nicht nur einer der ältesten, sondern auch der am besten dokumentierten VIP-Fassaden haben.

In der vergleichenden Analyse der Thermografieaufnahmen aus den Jahren 2001, 2003 und Ende 2008 ist nur für ein einziges Paneel links, unterhalb des rechten unteren Fenster in der Aufnahme von Ende 2008 eine Veränderung zu erkennen (in Abbildung 22 durch einen roten Pfeil gekennzeichnet). Ein anderes Paneel in der Mitte unterhalb der beiden Fenster war von Beginn an belüftet. Dieses dient auch heute noch als Orientierung. So lange, wie sich die anderen Paneele in den Thermografieaufnahmen deutlich von diesem abheben, ist nach wie vor von einer außerordentlich hohen Dämmwirkung der übrigen Paneele auszugehen. In einigen Bereichen, insbesondere oberhalb der Fenster, wurden nicht VIP sondern Passtücke aus Polystyrolschaum eingesetzt.

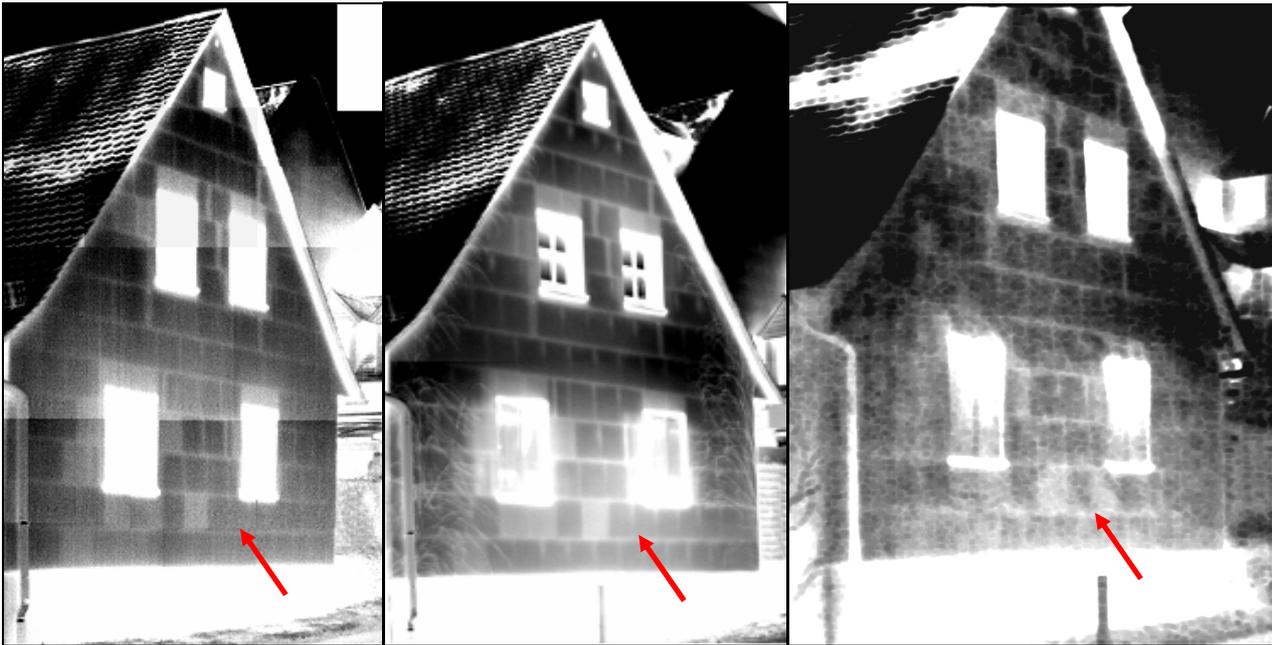


Abbildung 22: Thermografieaufnahme der Giebfassade unmittelbar nach der Sanierung im Jahr 2001 (links), nach zwei Jahren im Jahr 2003 (mitte) und knapp acht Jahre nach der ersten Aufnahme Ende 2008 (rechts).



Abbildung 23: Auf der Fotografie dieser Giebfassade von Ende 2008 ist deutlich der Bewuchs mit Kletterpflanzen zu erkennen.

Bei den ersten Aufnahmen in den Jahren 2001 und 2003 wurde ein Kamerasystem mit gekühltem Detektor verwendet. Mit der Abkühlung des Detektors auf 77 K (-196C) wird das thermische Eigenrauschen der Kamera weitgehend unterdrückt, sind somit deutliche „schärfere“ Aufnahmen

möglich. Allerdings ist die benötigte Technik komplex und schwer und somit für den mobilen Einsatz nur bedingt tauglich. Die neuere transportable „Handkamera“ liefert prinzipbedingt sichtbar stärker verrauschte Aufnahmen. Auch kamen bei den beiden Kameras Objektive mit unterschiedlichen Brennweiten zum Einsatz. Die Darstellungen in Abbildung 22 für die Jahre 2001 und 2003 sind aus mehreren Bildern zusammengesetzt, der Darstellung für das Jahr 2008 liegt lediglich eine Aufnahme zugrunde. Somit ist die „schlechtere Bildqualität“ auch einer geringeren räumlichen Auflösung zuzuschreiben.

Der zunehmende Bewuchs dieser Fassade mit einer Kletterpflanze (siehe auch Abbildung 23) erschwert die (optische) Zugänglichkeit und die Interpretierbarkeit aktueller Thermografieaufnahmen zusätzlich. So ist auch das sich verändernde Paneel teilweise durch Bewuchs verdeckt. In Detailaufnahmen ist die Veränderung jedoch deutlicher erkennbar als in Abbildung 22.

Bis auf die Ausnahme dieses einen Paneels kann für die untersuchte Fassade somit auch über einen Zeitraum von 8 Jahren die dauerhafte Funktionstüchtigkeit der Vakuumdämmpaneele bestätigt werden.

Als zweites Beispiel sei die kommerziell mit VIP ausgestattete Fassade der Kindertagesstätte „Pluppersnut“ in Wismar dargestellt. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens war hier zum einen ein Fassadenelementesystem neu entwickelt und an einer Wandfläche in der Praxis getestet worden, zum anderen kam aber ein produktnahes System von beidseitig mit Polystyrolschaum kaschierten VIP an einer zweiten Fläche zum Einsatz.

Im Vergleich der Thermografieaufnahmen aus dem Jahr 2006, die von Herr Prof. Mainka und Mitarbeiter, Universität Rostock, erstellt wurde, und einer Aufnahme aus dem Jahr 2009 sind keinerlei Veränderungen auszumachen (siehe Abbildung 24 und Abbildung 25). Auch hier dient - wohl unbeabsichtigt - ein von Beginn an defektes Paneel der „Orientierung“. Auch hier lässt sich im Vergleich zu diesem auffälligen Paneel die Funktionstüchtigkeit der übrigen Paneele hervorragend bestätigen.

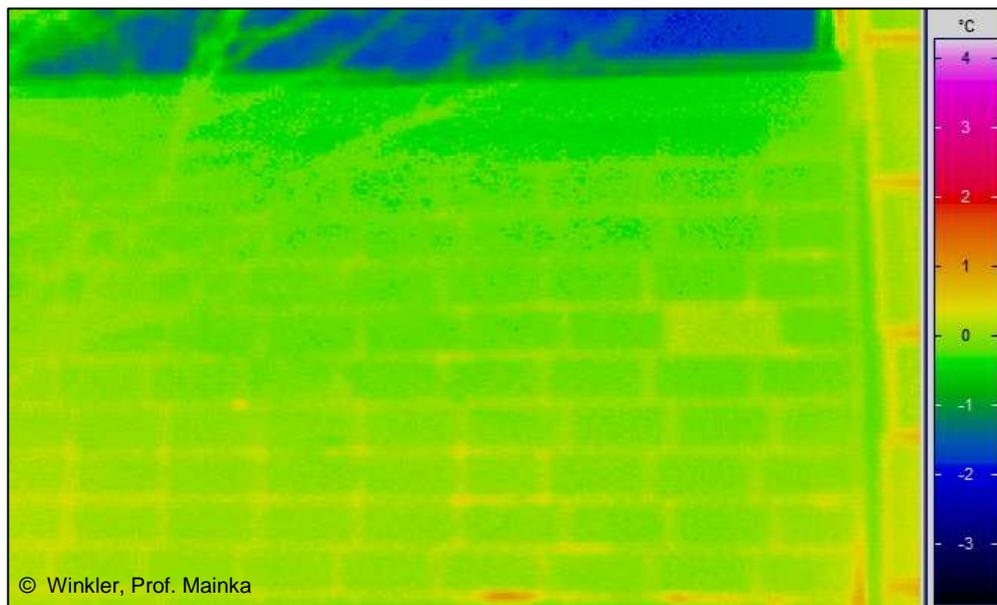


Abbildung 24: Thermografieaufnahme kurz nach dem Einbau der VIP (Anfang 2006). Bei in Gelb- oder Orangetönen dargestellten Bereichen ist die Oberflächentemperatur lokal erhöht und damit auch der Wärmedurchgang.

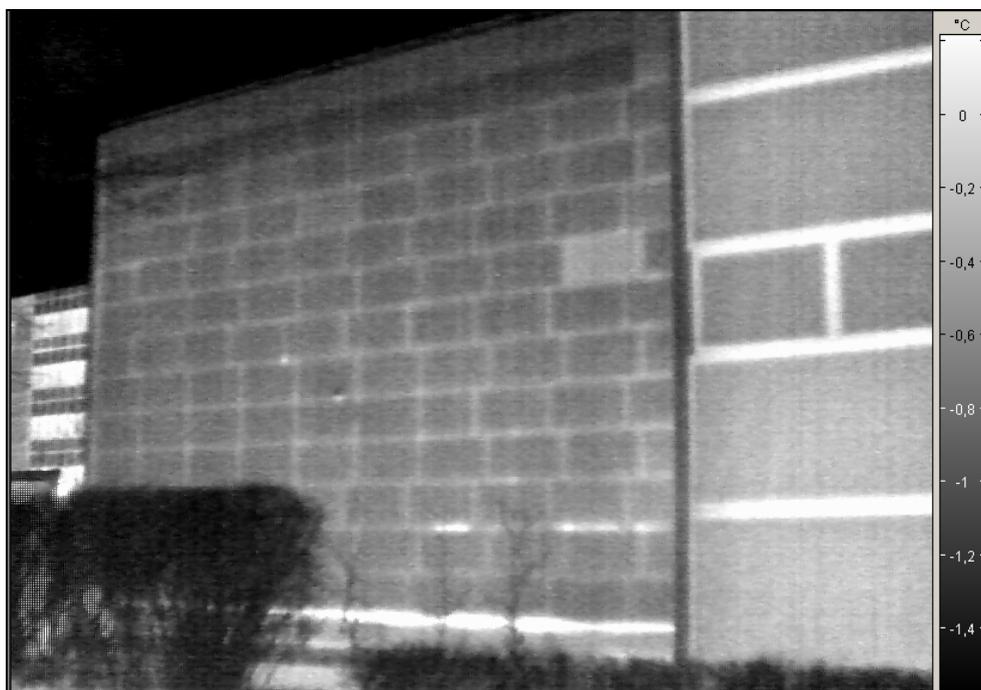


Abbildung 25: Drei Jahre später, Anfang 2009, sind das gleiche Muster für die Stoß- und Schwachstellen, wie auch ein einziges belüftetes VIP zu erkennen. Auch in der höheren thermischen Auflösung, der Darstellung mit noch weiter gespreizter Temperaturskala und für eine Erkennung besser geeigneten Darstellung in Grautönen sind weder Veränderungen noch weitere Auffälligkeiten auszumachen.

2.1.3.4 Sichtkontrollen

Im Rahmen der Aufnahmekampagnen vor Ort wurden jeweils auch Sichtkontrollen der betreffenden Bereiche durchgeführt. Hierbei wurde vor allem auf Veränderungen oder Auffälligkeiten der Oberflächen geachtet, wie möglichen Rissbildungen, Abzeichnungen von Stoßkanten oder ungewöhnlichen Wölbungen der Oberfläche nach Innen oder Außen.

Lediglich bei zwei Objekten waren sichtbare Auffälligkeiten zu notieren:

Bei einem ersten Objekt war die Wandfläche mit VIP gedämmt. Im Anschluss zur Decke fiel eine leichte konkave Wölbung auf (siehe Abbildung 26). Auch bei den Thermografieaufnahmen hob sich dieser Bereich von den übrigen Mustern ab. Eine Zuordnung war jedoch nicht möglich.

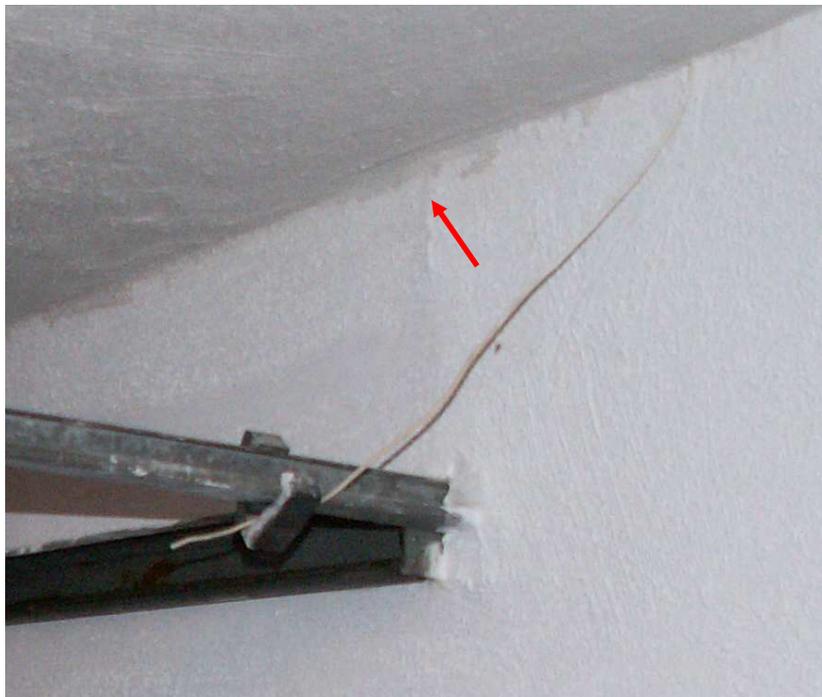


Abbildung 26: Konkave Ausbildung des Putzes im Anschluss von VIP-gedämmter Wand und Decke.

In einem zweiten Objekt waren VIP in einer Unterführung außenseitig an einer Decke angebracht. Da hier keine weitere Überdeckung, zum Beispiel mit einer dünnen Schicht konventionellen Dämmmaterials vorgesehen war, zeichnen sich die Stostellen der stumpf gestoßenen VIP optisch relativ deutlich ab, ein „Schönheitsfehler“ (siehe Abbildung 27).



Abbildung 27: Optisch störende Abzeichnung der VIP-Stoßfugen in der Sichtfläche.

2.1.3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse des Monitorings

Für das wissenschaftliche Monitoring standen 29 Objekte mit einer Gesamtfläche von 8206 m² an Vakuumisolationspaneelen zur Verfügung. Hiervon konnten 3224 m² in 19 Objekten thermografisch untersucht werden. Bei 2403 m² wurden diese Untersuchungen mehrfach durchgeführt. Es waren sehr unterschiedliche Anwendungsbereiche mit Paneelen aller Hersteller in Deutschland Gegenstand dieser Untersuchungen.

Die Thermografieaufnahmen wurden hinsichtlich auffälliger Oberflächentemperaturen jeweils für die Mitte der Paneele analysiert. Temperaturabweichungen wurden quantifiziert und mit numerischen Berechnungen verglichen. Von den 3224 m² untersuchter VIP waren über alle Objekte und Anwendungsbereiche 12,8% als auffällig einzustufen, mindestens 8% hiervon sind mit größter Wahrscheinlichkeit voll belüftet. In der Analyse der einzelnen Objekte fallen drei Objekte besonders aus dem Rahmen, bei denen Hinweise oder Indizien für Fehler in der Ausführung vorliegen.

Lässt man diese drei Objekte in der Auswertung unberücksichtigt, so reduziert sich der Anteil auffälliger Paneele auf insgesamt 4,9% (bei einer verbleibenden Fläche von 1999 m²).

Für den allergrößten Teil dieser Paneele ist von einer Belüftung aufgrund einer Beschädigung der Hülle auszugehen.

Nur bei insgesamt vier Objekten besteht der begründete Verdacht, dass die Dämmwirkung beschleunigt nachlässt: Bei einem Objekt wurde bekanntermaßen ein ungeeigneter Kleber verwendet, bei drei Objekten eines anderen Herstellers ist die Ursache ungeklärt.

Die wiederholt durchgeführten Untersuchungen haben darüber hinaus keine weiteren ungewöhnlichen Änderungen oder Ausfallmechanismen erkennen lassen. Lediglich für ein einziges Paneel zeichnete sich nach mehr als 8 Jahren im Einsatz eine ungewöhnliche Änderung ab. Für die geringe reguläre Degradation war eine Erkennbarkeit nicht zu erwarten.

Somit scheint insbesondere die Handhabung und Verarbeitung kritisch. Einmal intakt in der baulichen Anwendung integriert, scheint die Vakuumdämmung über alle unterschiedlichen Anwendungen hinweg zuverlässig zu funktionieren (die Ursache für die signifikant beschleunigte Alterung bei einem Teil der Objekte eines Herstellers bliebe zu klären).

Bei der Mehrzahl der untersuchten Objekte waren VIP ohne zusätzliche werksseitige Schutzschichten oder Umhüllungen verwendet worden. Hier war das Risiko einer mechanischen Verletzung der Vakuumschicht besonders groß. Vor diesem Hintergrund mag eine Quote von weniger als

5% auffälliger Paneel erstaunlich gering erscheinen. Deutet dies doch darauf hin, dass bei entsprechendem Wissen um die Sensitivität und entsprechender Sorgfalt bei der Handhabung und Verarbeitung, VIP-Elemente durchaus zuverlässig in die Gebauhulle integriert werden können.

Das Risiko einer mechanischen Verletzung der Hülle ist bei kaschierten Elementen sicherlich deutlich geringer. So wurden und werden Paneel zunehmend mit Schutz- aber auch weiteren Funktionsschichten versehen: GFK-Hüllen, vorder- und/oder rückseitiger Kaschierung oder allseitiger Umhüllung mit Polystyrolschaum, Kombination mit Gummigranulatmatten oder Kaschierungen mit einer ganzen Reihe von verschiedenen Holzprodukten.

2.2 Erarbeitung von Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung

Ziel des Arbeitsschwerpunktes „Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung“ war die Übertragung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern durch die Bereitstellung von strukturierter, neutraler und fachgerechter Informationen. Die Erarbeitung dieser Informationen war in vier Phasen unterteilt:

- Umfrageaktion von insgesamt 150 Meisterschulen, 320 Lehrstühlen an Universitäten und Hochschulen sowie 150 Energieberatern;
- Konzeptentwicklung auf Grundlage der Umfrageergebnisse und der Ergebnisse aus Literaturrecherchen;
- Entwicklung von Vorlesungsinhalten in Form von:
 - o einem umfassenden, modular aufgebauten Skript,
 - o Powerpoint-Präsentationen in jeweils zwei Detaillierungsgraden,
 - o einer Empfehlungsmatrix,
- Pflege und Verbesserung des Lehrmaterials.

2.2.1 Umfragebogen

Grundlage für den Aufbau der Vorlesungsinhalte sowie für die Empfehlungsmatrix war das Ergebnis einer Umfrage, die vom IfB Sorge erfolgte. In einer Fragebogenaktion wurden ca. 600 Akteure aus Universitäten, Fachhochschulen und Baufachinstitutionen angeschriebenen. Insgesamt wurden etwa 80 Rückläufe für die detaillierte Auswertung herangezogen. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Vakuumdämmtechnik entgegen den Erwartungen des ZAE Bayern zu Beginn des Forschungsprojektes einem Großteil der Befragten bekannt war und etwa 50% bereits schon über VIP lehrten, Tendenz steigend. Hieraus konnte ein sehr großes Interesse der Befragten an VIP nachgewiesen werden. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass je nach Institution die fachlichen Interessen für das Bauprodukt VIP variieren:

- an Universitäten ist ein höheres theoretisches Hintergrundwissen gefragt,
- an Fachhochschulen und Ausbildungsstätten sind baupraktische Informationen gefragt.

Weiterhin konnte durch die Umfrage gezeigt werden, dass die Schwerpunkte in der Aus- und Weiterbildung auf bauphysikalische Aspekte sowie Baukonstruktionen und weniger auf Messverfahren zu legen sind. Die Ergebnisse der Auswertung sind Abbildung 28 bis Abbildung 34 zu entnehmen.

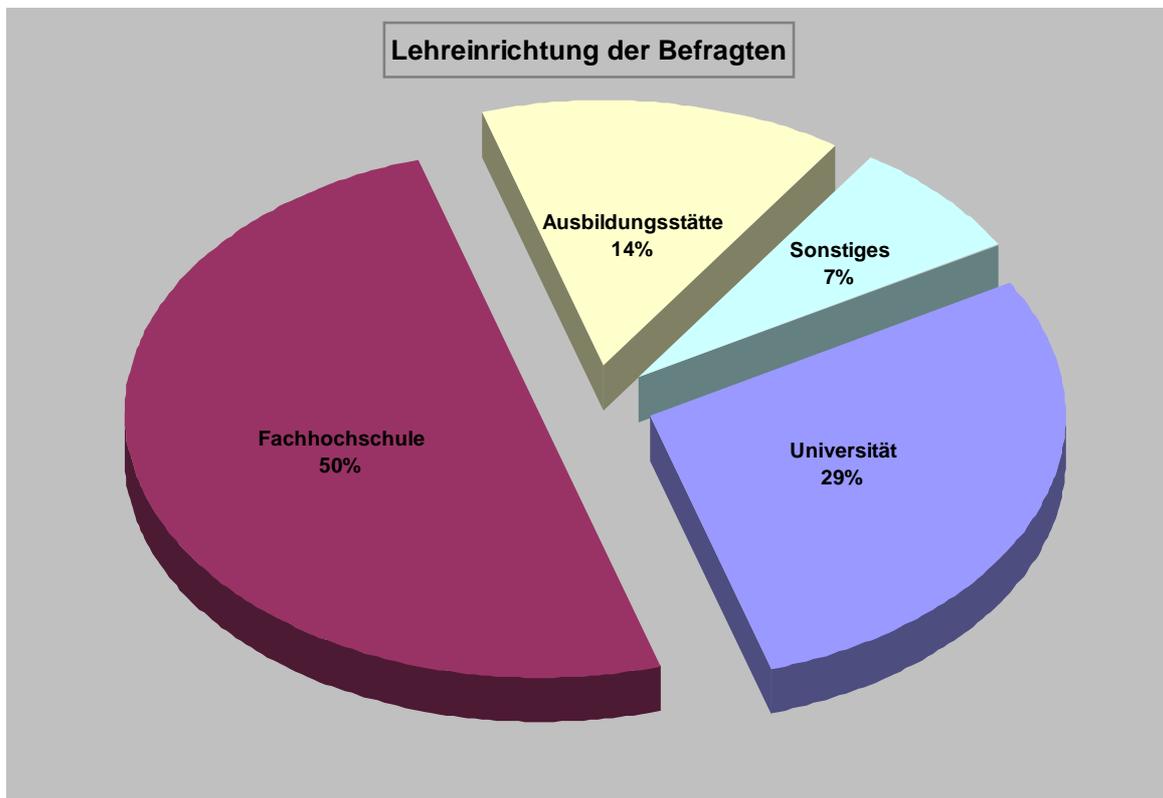


Abbildung 28: Aufteilung der 80 Rückläufe der Umfrageaktion nach Lehreinrichtungen.

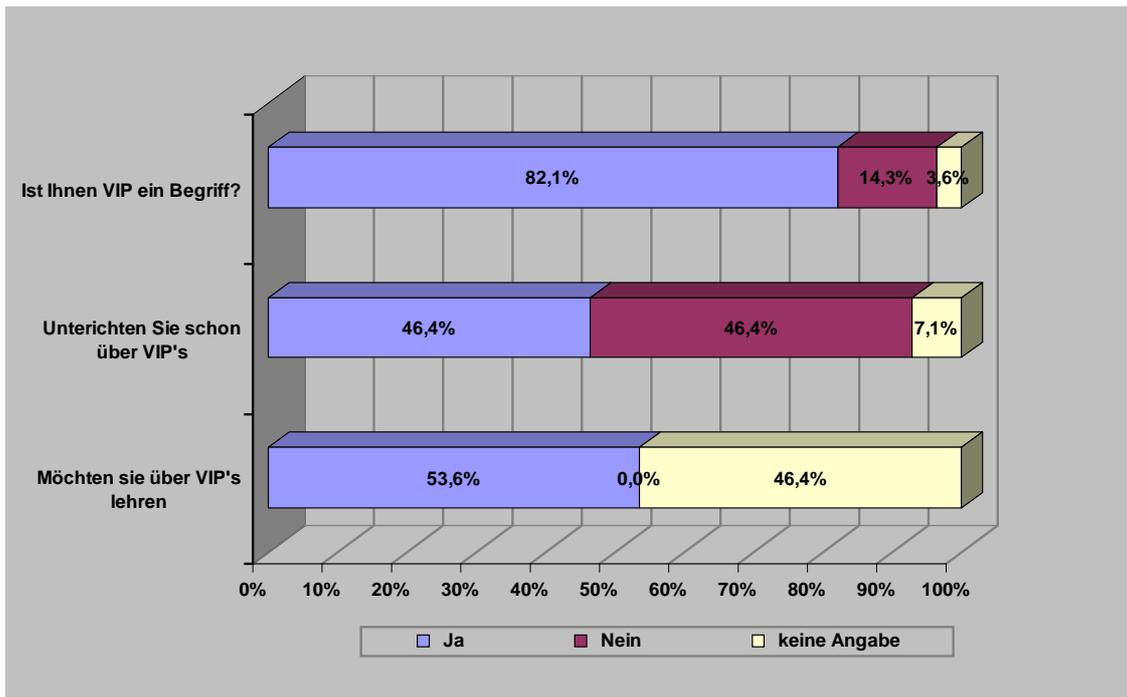


Abbildung 29: Ergebnisse der Umfrageaktion: Bekanntheit der neuen Hochleistungsdämmtechnik und Absicht darüber zu lehren.

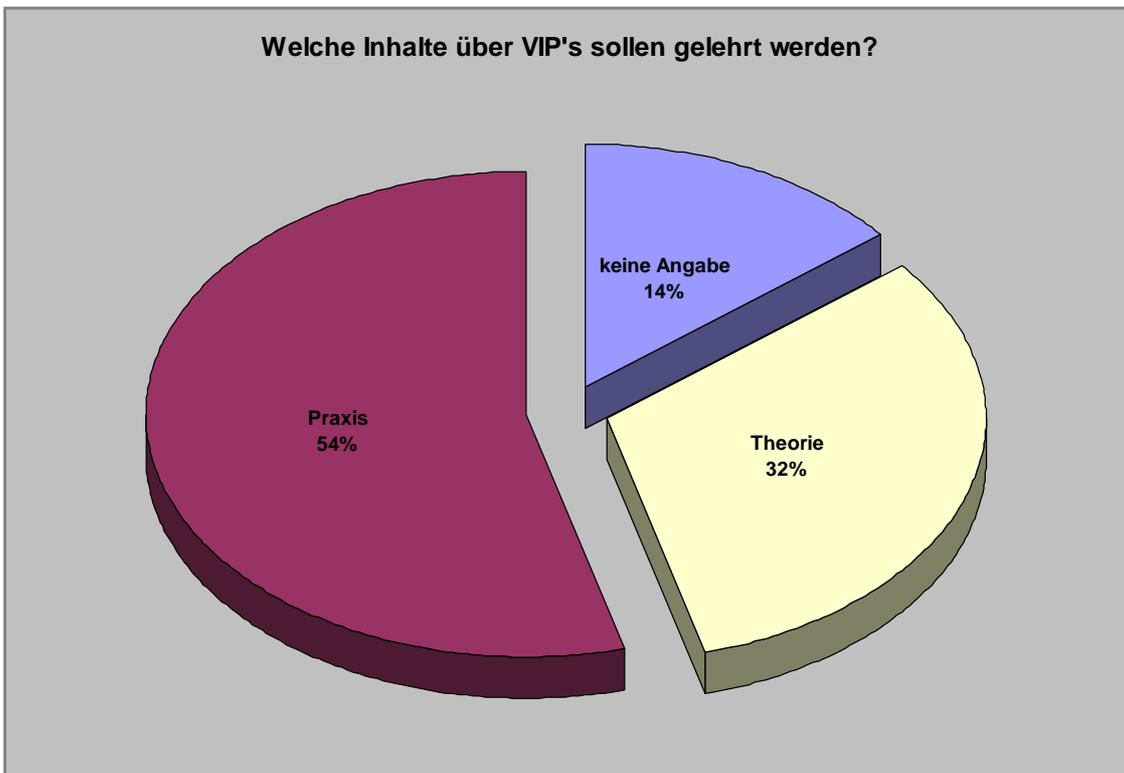


Abbildung 30: Ergebnisse der Umfrageaktion: Beabsichtigte Schwerpunktsbereiche.

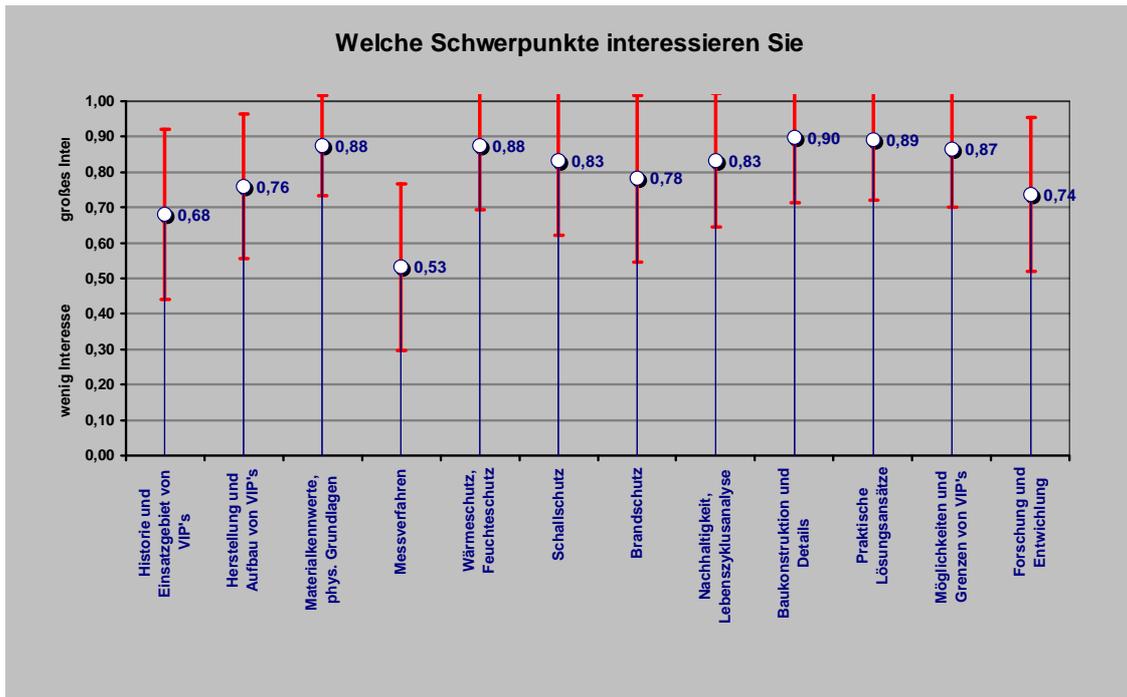


Abbildung 31: Ergebnisse der Umfrageaktion: Interesse an einzelnen Schwerpunkten.

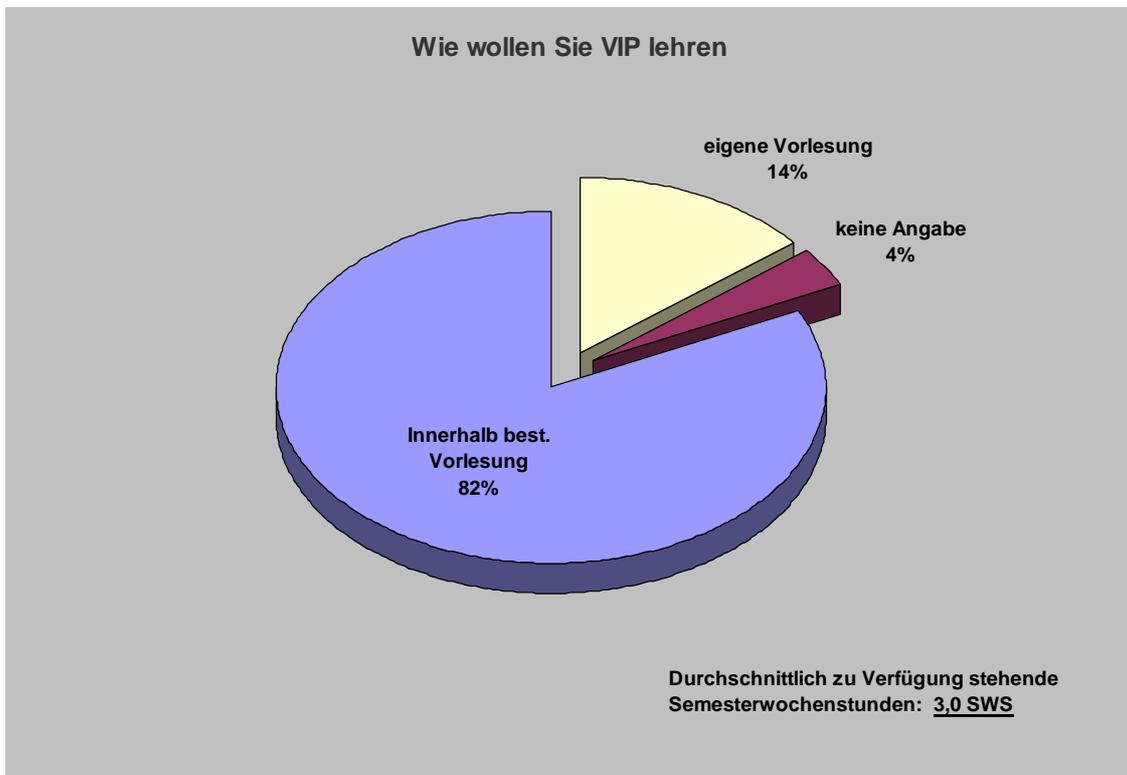


Abbildung 32: Ergebnisse der Umfrageaktion: Geplanter Rahmen, in dem die neue Dämmtechnik vermittelt werden soll.

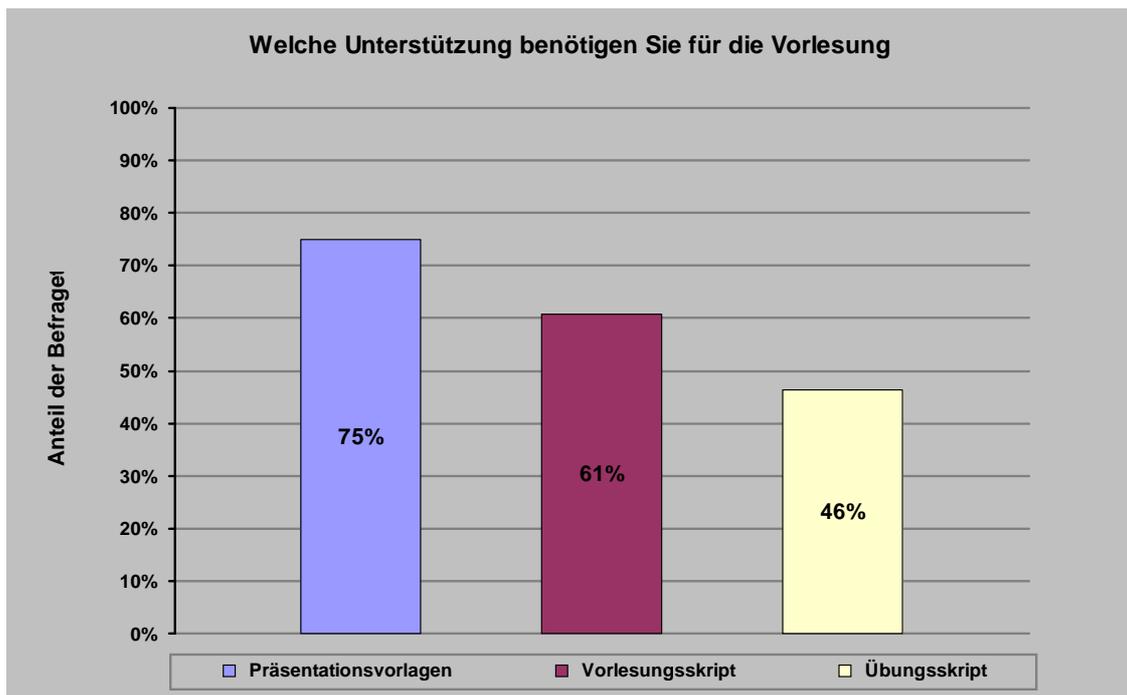


Abbildung 33: Ergebnisse der Umfrageaktion: Gewünschte Unterlagen.

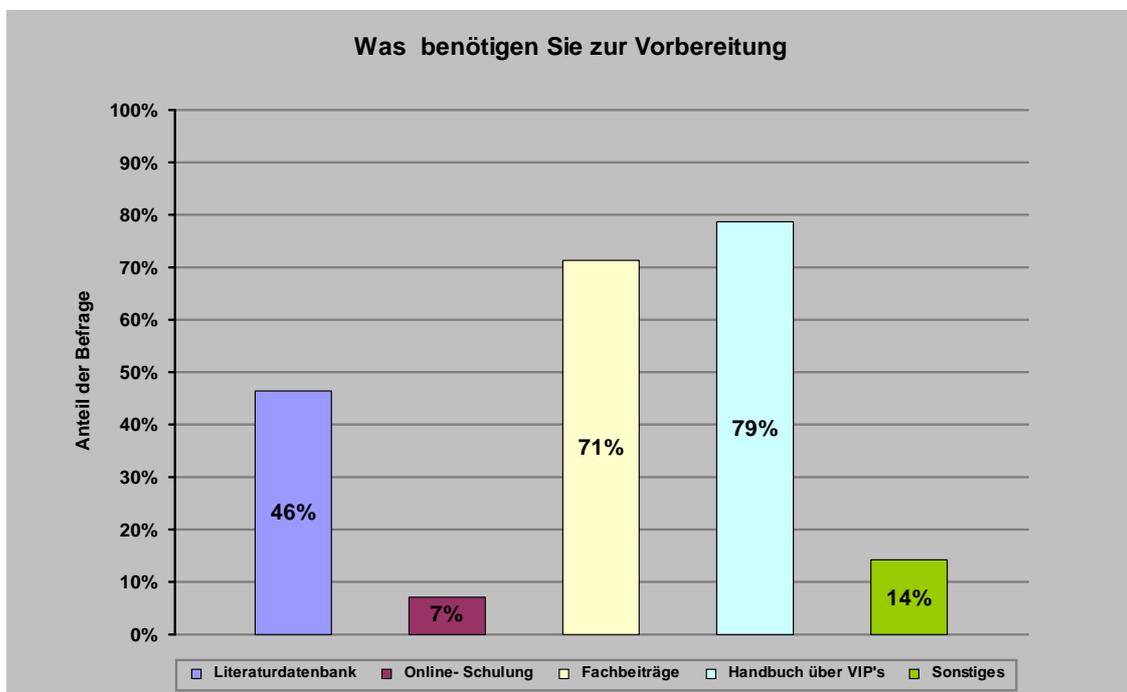


Abbildung 34: Ergebnisse der Umfrageaktion: Art der gewünschte Unterlagen.

2.2.2 Literaturrecherchen

Wiederholt durchgeführte umfassende Literaturrecherchen über Bibliotheken, über den Fraunhofer IRB-Verlag sowie über das WorldWideWeb ergaben, dass das Thema VIP in der Praxis während der Bearbeitungszeit erheblich an Bedeutung gewonnen hat. Insgesamt über 900 seriöse und etwa 500 fachlich anspruchsvolle Veröffentlichungen konnten gefunden und kategorisiert werden. Im Bereich der Lehre konnten vereinzelt, jedoch unvollständige, Informationen gefunden werden. Die Anzahl an praxisrelevanten Veröffentlichungen in Fachzeitschriften und in Fachbüchern hat sich in den letzten drei Jahren etwa verfünffacht. Auch konnte festgestellt werden, dass die Hersteller von VIP in den letzten zwei Jahren informative Broschüren und Praxis- sowie Arbeitshilfen erstellt haben. Für die erarbeiteten Skripte wurden die Informationen von über 170 Veröffentlichungen strukturiert und themenbezogen zusammengefasst. Entsprechende Literaturlisten sind den Skripten beigefügt.

2.2.3 Struktur der Lehr- und Weiterbildungsunterlagen

Die Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung zum Thema "Vakuumdämmung im Bauwesen" sind über die Informationsplattform zum Thema „Vakuumdämmung im Bauwesen“ www.vip-bau.de kostenfrei verfügbar. Sie bestehen insgesamt aus drei Komponenten:

- einem Skript,
- mehreren Sätzen von Powerpointpräsentationen und
- einer Empfehlungsmatrix.

2.2.3.1 Vorlesungsskript

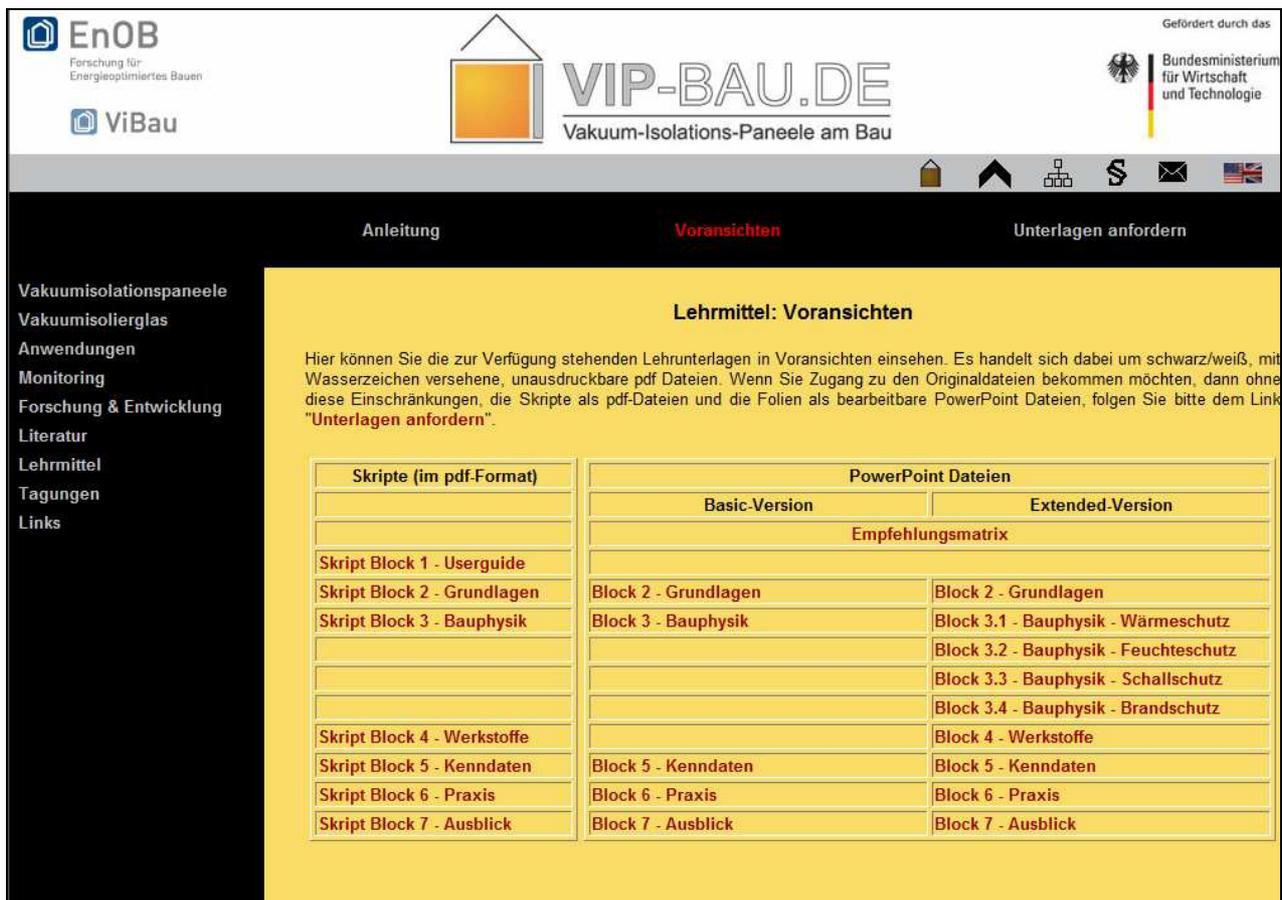
Das Skript ist eine umfassende Zusammenstellung von Informationen zum Thema Vakuumdämmung im Bauwesen. Es soll den Lehrenden und Weiterbildenden im weitesten Sinne als Informationsbasis dienen. Auf Quellen und weiterführende oder ergänzende Literatur wird in entsprechenden Verzeichnissen am Ende jeden Blockes verwiesen. Das Skript ist im Gegensatz zu den Powerpoint-Präsentationen nicht spezifisch auf einzelne Zielgruppen, unterschiedliche Ausbildungsgänge oder die Bereiche Aus- und Weiterbildung unterschieden oder speziell zugeschnitten. Das Skript ist in insgesamt sieben thematische Blöcke unterteilt:

- Block I: User Guide
- Block II: Grundlagen der VIP-Technologie
- Block III: Bauphysik
- Block IV: Werkstoffe

- Block V: Bauteilkennwerte
- Block VI: Konstruktionsbeispiele
- Block VII: Ausblick

2.2.3.1.1 Block I - User Guide

Der Block "User Guide" gibt einen Überblick über die erarbeiteten Lehrinhalte und gibt Hinweise im Umgang mit den vorliegenden Aus- und Weiterbildungsinhalten.



Lehrmittel: Voransichten

Hier können Sie die zur Verfügung stehenden Lehrunterlagen in Voransichten einsehen. Es handelt sich dabei um schwarz/weiß, mit Wasserzeichen versehene, unausdruckbare pdf Dateien. Wenn Sie Zugang zu den Originaldateien bekommen möchten, dann ohne diese Einschränkungen, die Skripte als pdf-Dateien und die Folien als bearbeitbare PowerPoint Dateien, folgen Sie bitte dem Link "Unterlagen anfordern".

Skripte (im pdf-Format)	PowerPoint Dateien	
	Basic-Version	Extended-Version
	Empfehlungsmatrix	
Skript Block 1 - Userguide		
Skript Block 2 - Grundlagen	Block 2 - Grundlagen	Block 2 - Grundlagen
Skript Block 3 - Bauphysik	Block 3 - Bauphysik	Block 3.1 - Bauphysik - Wärmeschutz
		Block 3.2 - Bauphysik - Feuchteschutz
		Block 3.3 - Bauphysik - Schallschutz
		Block 3.4 - Bauphysik - Brandschutz
Skript Block 4 - Werkstoffe		Block 4 - Werkstoffe
Skript Block 5 - Kenndaten	Block 5 - Kenndaten	Block 5 - Kenndaten
Skript Block 6 - Praxis	Block 6 - Praxis	Block 6 - Praxis
Skript Block 7 - Ausblick	Block 7 - Ausblick	Block 7 - Ausblick

Abbildung 35: Übersicht der auf der Informationsplattform www.vip-bau.de unter dem Menüpunkt „Lehrmittel“ eingestellten Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung (hier speziell der Zugriff auf die Voransichten).

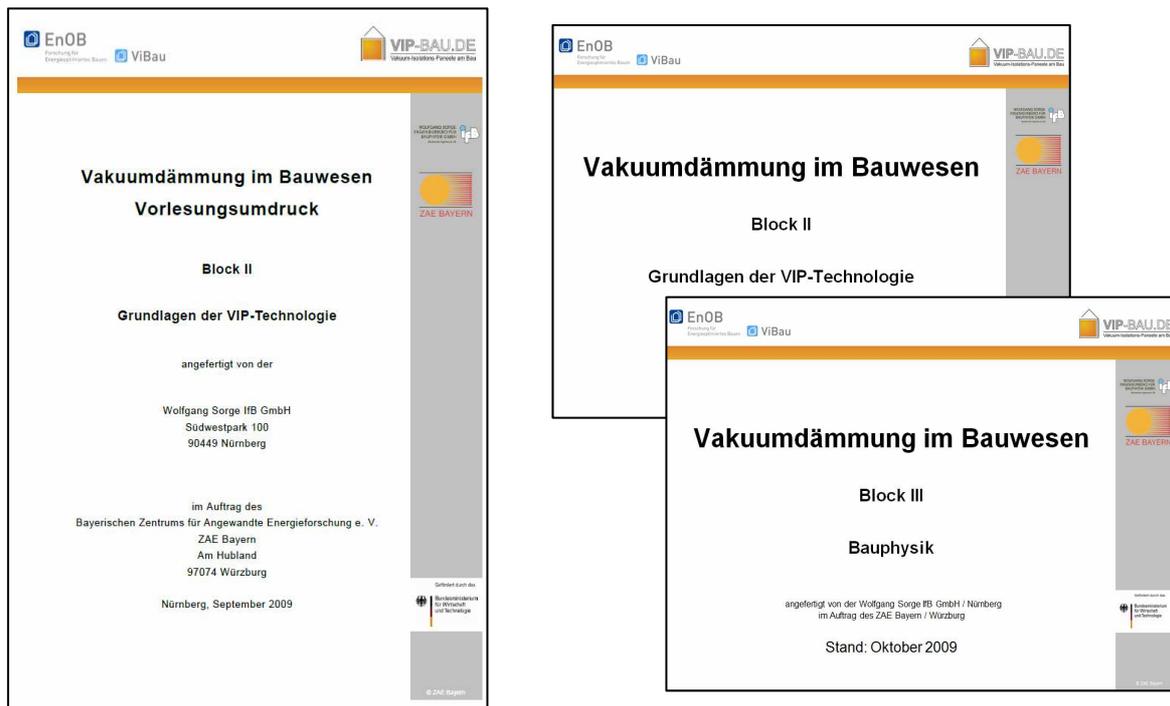


Abbildung 36: Typische Deckblätter der Skriptblöcke und Powerpointpräsentationen.

2.2.3.1.2 Block II - Grundlagen der VIP-Technologie

Im Block "Grundlagen der VIP-Technologie" wird neben einer kurzen Motivation auf die Historie von VIP eingegangen. Insbesondere werden im Weiteren die grundlegenden Einsatzgebiete von VIP aufgezeigt. Dieser Block sollte von allen Aus- und Weiterbildenden als Einarbeitung und Grundlage für die eigene Veranstaltung genutzt werden. Des Weiteren werden die Funktion von Wärmedämmungen, das Prinzip der Vakuumdämmung und deren Anwendung im Bereich der Gebäudehülle behandelt.

Neben der Einführung in die Funktionsweise von VIP wird eingehend auf die Herstellung und den Aufbau von VIP eingegangen, sowie derzeit verfügbare Produkte und deren Anwendung im Neubau wie auch in der Altbausanierung aufgezeigt.

2.2.3.1.3 Block III - Bauphysik

Im Block "Bauphysik", dem ausführlichsten Block des Skriptes, werden die Themen Wärmeschutz, Feuchteschutz, Schallschutz und Brandschutz erläutert. Hierbei werden insbesondere die Mechanismen des Wärme- und Feuchtetransportes, sowie Theorieansätze für die Schallübertragung von

VIP behandelt. Weiterführend werden kritische Konstruktionen in Hinblick auf Wärmebrücken, Feuchteschutz und Schallschutz eingehend untersucht und baupraktisch bewertet.

2.2.3.1.4 Block IV - Werkstoffe

Der Block "Werkstoffe" stellt vorwiegend die Herstellungsprozesse von VIP, von der Produktion geeigneter Hüllmaterialien und Kernmaterialien aus pyrogener Kieselsäure bis hin zur Produktion des Paneels dar.

2.2.3.1.5 Block V - Bauteilkennwerte

Im Block "Bauteilkennwerte" sind in Form von Tabellen die Bauteilkennwerte wie Wärmeleitfähigkeiten, Rohdichten, Abmessungen etc. von derzeit am Markt verfügbaren Produkte und Konstruktionen von und mit VIP kompakt und übersichtlich zusammengestellt.

2.2.3.1.6 Block VI - Konstruktionsbeispiele

In dem Block "Konstruktionsbeispiele" werden praxisnahe Konstruktionen von VIP vorgestellt, sowie deren Möglichkeiten und Grenzen aufgezeigt. Dabei wird auf die Planung, Probleme, sowie VIP auf der Baustelle und als Bauteilsystem eingegangen. Die praktischen Lösungsansätze werden in die Bereiche Fassade, Fenster, Innendämmung und Fußboden unterteilt und durch technische Zeichnungen ergänzt.

2.2.3.1.7 Block VII - Ausblick

Im letzten Block des Skriptes wird ein kurzer Ausblick auf die Forschung und Weiterentwicklung von VIP gegeben, sowie Tendenzen von Neuentwicklungen hocheffizienter Dämmstoffe und Dämmelemente aufgezeigt.

2.2.3.2 Präsentationen

Für jeden Block stehen zwei unterschiedliche Sätze von Powerpoint-Folien zur Verfügung, eine relativ knapp gehaltene "basic" Version und eine ausführliche "extended" Version. Mit diesem Ansatz soll eine flexible Gestaltung von Vorträgen und Vorlesungen ermöglicht werden, der zum einen erlaubt, individuell Schwerpunkte zu setzen, der aber auch erlaubt, den Umfang an einen vorgegebenen oder verfügbaren zeitlichen Rahmen anzupassen.

2.2.3.3 Entscheidungsmatrix

In Form einer Empfehlungsmatrix wird zielgruppenspezifisch eine Empfehlung abgegeben, welche Blöcke der Powerpoint-Präsentationen in der "basic" oder "extended" Version zu einem Gesamtunterrichtsmaterial oder Gesamtvortrag zusammengestellt werden sollten (siehe Abbildung 37). Hiermit soll den unterschiedlichen Anforderungen in der Aus- und Weiterbildung für Fachplaner, Architekten, wie auch für Handwerker individuell entsprochen werden. Grundlage für diese Empfehlungsmatrix waren die Ergebnisse der Umfrageaktion.

Gruppe	Schwerpunkt	Block II Grundlagen		Block III Bauphysik				Block IV Werkstoffe		Block V Kenndaten von VIP		Block VI VIP in der Praxis		Block VII Ausblick	
		basic	basic	extended				basic ¹⁾	extended	basic	extended	basic	extended	basic	
				Wärme	Feuchte	Schall	Brand		Herst.						Öko ¹⁾
Handwerker	Wärme-, Kälte- u. Schallschutzisolierer	x	x								x	x			
	Trockenbauer	x	x								x	x			
	Maurer	x								x		x			
	Elektriker	x													
	Zimmerer	x	x							x		x			
Fachhochschule	Baukonstruktion und Entwerfen	x	x				x	x			x			x	x
	Städtebau	x												x	
	Bauphysik	x	x							x		x		x	
	Baustoffkunde / Werkstoffe	x							x		x				
	Denkmalpflege / Bauen im Bestand	x	x								x			x	
	Umweltschutz	x	x						x		x				x
Gebäudetechnik (HLS)	x	x										x			
Universität	Baukonstruktion und Entwerfen	x		x	x	x				x		x	x		x
	Städtebau	x								x				x	x
	Bauphysik, Grundfach	x	x					x		x		x			
	Bauphysik, Vertiefung Wärme	x		x						x		x			x
	Bauphysik, Vertiefung Feuchte	x			x					x		x			x
	Bauphysik, Vertiefung Schall	x				x				x					x
	Bauphysik, Vertiefung Brand	x					x			x					x
	Baustoffkunde / Werkstoffe	x		x					x	x		x	x		
	Denkmalpflege / Bauen im Bestand	x		x	x	x	x					x	x		x
	Baubetrieb	x													
Bauschäden	x		x	x						x			x	x	
Umweltschutz	x	x						x	x	x					
Gebäudetechnik (HLS)	x	x		x						x			x	x	
(Fach-) Planer	Technischer Zeichner	x											x		
	Gebäudeenergieberater	x		x	x			x			x			x	x
	Architekt, Hochbau	x												x	x
	Bauphysiker	x	x										x		x
	Tragwerksplaner	x									x				
	Bausachverständiger	x	x		x				x				x		x
	HLS-Planer	x													

Empfehlungsmatrix für die verfügbaren Powerpoint-Präsentationen

1) wird bei entsprechender Rückmeldung der Anwender erstellt

Abbildung 37: Empfehlungsmatrix für die verfügbaren Powerpoint-Präsentationen.

2.3 Öffentlichkeitsarbeiten

In den vorangegangenen Jahren wurden Fachinformationen zum Thema ‚Vakuumdämmung im Bauwesen‘ neben der Präsentation auf der allgemein zugänglichen Internetplattform www.vip-bau.de zudem auch auf zahlreichen Tagungen, Seminaren, in Zeitungs- und Zeitschriftenartikeln, wissenschaftlichen Publikationen usw. vermittelt. Diese Tätigkeiten wurden auch weiterhin intensiv fortgesetzt. Neben den Aufbereitungen von Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung sollte u.a. ein Schwerpunkt verstärkt auch auf Messeauftritte und -präsentationen gelegt werden. In diesem Zusammenhang besonders hervorzuheben sind die Beiträge zu den Baumessen „BAU“ im Januar 2007 in München, der „DEUBAU“ im Januar 2008 in Essen, sowie dem zukunfts haus Kongress „Strategien für Energieeffizienz“ der DENA im Oktober 2007 in Berlin.

Ein besonderer Schwerpunkt der Öffentlichkeitsarbeiten im Jahr 2007 fiel zudem auf die Organisation und Durchführung zweier Veranstaltungen speziell zum Thema Vakuumdämmungen:

1. die Ausrichtung des „8th International Vacuum Insulation Symposium“ am 18. und 19. September 2007 in Würzburg, sowie
2. der „3. Fachtagung VIP-BAU“ am 20. September 2007 ebenfalls in Würzburg.

Während die erste Tagung das internationale, mehr wissenschaftlich orientierte Publikum ansprach – Tagungssprache war Englisch – und zudem alle Anwendungen von Vakuumdämmungen beinhaltete, war die zweite Tagung speziell auf das deutschsprachige Publikum aus dem Bauwesen ausgerichtet: Architekten, Bauingenieure, Planer, Entscheidungsträger in Wohnungsgesellschaften und in Baubehörden, sowie Multiplikatoren aus Forschung und Lehre. Beide Tagungen fanden in zeitlichem, räumlichem und organisatorischem Zusammenhang statt. Eine Verbindung beider Veranstaltungen, der Besuch beider Veranstaltungen soweit sie den Baubereich betrafen, war ausdrücklich beabsichtigt und vorgesehen.



Die Tagungen dienten nicht nur der Kommunikation innerhalb der Kreise von Fachleuten, sondern es wurden bewusst auch Multiplikatoren aus Politik, Wohnungsbaubehörden, Wohnungsgesellschaften wie auch Lehrer und Dozenten aus der Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern angesprochen. Hierdurch wurde eine multiplikative Verbreitung gewonnener Erkenntnisse und deren praktische Umsetzung unterstützt.

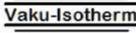
2.3.1 3. Fachtagung VIP-BAU

Die „3. Fachtagung VIP-BAU“ setzte die Serie der ersten beiden Tagungen zu diesem Thema fort. Bei der ersten Veranstaltung 2003 in Rostock Warnemünde standen vor allem technische Grundlagen und erste Anwendungen im Mittelpunkt, bei der zweiten Veranstaltung 2005 in Wismar die zwischenzeitlich gesammelten Erfahrungen aus der Praxis. Die dritte Fachtagung sollte – in gestrafftem zeitlichen Rahmen - noch stärker auf die praktischen Aspekten eingehen. Es referierten 11 Vortragende aus Wissenschaft, Industrie und Bauaufsicht. Das Programm dieser Veranstaltung ist Abbildung 38 zu entnehmen.

Die Tagung fand mit ca. 140 Teilnehmern erfreulich hohe Resonanz. Die Teilnehmer kamen insbesondere aus dem Kreis namhafter Industriefirmen, wie aber auch aus den Bereichen Forschung und Entwicklung, aus Hochschulen und Fachhochschulen, aus Bauämtern, aus dem Kreis von Sachverständigen, aus dem Kreis der Architekten, aus Verbänden, von den Medien, wie auch aus der Politik. Ausländische Teilnehmer kamen aus Österreich, der Schweiz, der Tschechischen Republik, den Niederlanden und Dänemark.

Gefördert durch:

							
---	---	---	---	---	---	---	---

							
---	---	---	---	---	--	---	---

Grußwort	Programm	
<p>Selbstbewusst mit dem Kürzel „VIP“ bezeichnet, stellen die Vakuumisolationspaneele die effizienteste Technologie der Wärmedämmung für Gebäude dar. Mit dieser raumsparenden Lösung eröffnen sich Chancen für energieeffiziente schlanke Konstruktionen im Neubau, wie auch Lösungsmöglichkeiten für die Sanierung im Bestand. In den vergangenen Jahren haben zahlreiche Hersteller und Anwender die Idee der hocheffizienten Wärmedämmung aufgegriffen, so dass inzwischen an die 100 000 m² eingesetzt sein dürften. Wir denken, man kann sagen: die Technik steht heute an der Schwelle zum Durchbruch. Einer der Schlüssel für den Durchbruch dieser zukunftsorientierten Technologie ist sicherlich der Erfahrungsaustausch zwischen Entwicklern, Herstellern und Anwendern. Eine hervorragende Gelegenheit hierfür bietet die 3. Fachtagung VIP-BAU am 20. September 2007 in Würzburg.</p> <p>Bei der ersten Fachtagung VIP-BAU „Vakuu Isolations Paneele Evakuierete Dämmungen im Bauwesen“ am 10.-11. Juli 2003 in Rostock-Warnemünde standen vor allem technische Grundlagen und erste Anwendungen im Mittelpunkt, auf der zweiten Fachtagung VIP-BAU am 16.-17. Juni 2005 in Wismar die zwischenzeitlich gesammelten Erfahrungen aus der Praxis. Auf der dritten Tagung in dieser Reihe stehen in kompakter Form wiederum die Erfahrungen und Beispiele aus der Praxis im Vordergrund. Die Tagung richtet sich insbesondere an Architekten, Bauingenieure, Entscheidungsträger in öffentlichen Einrichtungen und Wohnungsbauvereinigungen, sowie an Hochschulen, die sich mit dieser besonderen Thematik auseinandersetzen.</p> <p>Die 3. Fachtagung VIP-BAU findet in direktem Anschluss an das „8th International Vacuum Insulation Symposium“ (18.-19. September 2007) statt. Auf dieser englischsprachigen Veranstaltung von Experten aus Forschung und Entwicklung sind auf wissenschaftlicher Ebene die Grundlagen Thema, wie auch unterschiedliche Anwendungen. Die Anwendungen im Bauwesen werden am 19. September behandelt, so dass für Interessierte mit wenig zusätzlichem Aufwand ein Besuch auch dieser Veranstaltung möglich wird.</p> <p>Wir freuen uns, dass die 3. Fachtagung VIP-BAU in diesem Kontext stattfinden wird und hoffen, dass diese innovative Technologie entscheidend dazu beitragen wird, Energieeinsparpotentiale im Bauwesen zu realisieren. Wir würden uns freuen, Sie in der fränkischen Weinmetropole Würzburg begrüßen zu dürfen.</p> <p><i>Prof. Dr. Vladimir Dyakonov & Dr. Ulrich Heinemann</i></p>	<p>08:00 Anmeldung</p> <p>09:45 Eröffnung <i>Vladimir Dyakonov</i> <i>Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., Würzburg</i></p> <p>09:50 Grußwort des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie</p> <p>10:00 Vakuumisolationspaneele - Potentiale und Besonderheiten <i>Ulrich Heinemann</i> <i>Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., Würzburg</i></p> <p>10:25 VIP-basierte Problemlösungen in der Sanierung <i>Martin Forstner</i> <i>Forstner Architekturbüro, Neumarkt i. d. Opf.</i></p> <p>10:50 Praxiserfahrungen eines geschulten Fachbetriebes - Einsatz baupflichtlich zugelassener Vakuu-Wärmedämmplatten <i>Michael Krauter</i> <i>energie-tb GmbH, Korb</i></p> <p>11:15 Kaffeepause</p> <p>11:45 Vakuumdämmung am Einzelbaudenkmal - Idee, Planung, Umsetzung <i>Hans-Jörg Seiler</i> <i>Hasit Trockenmörtel GmbH, Freising</i></p> <p>12:10 Wärmebrückenkompendium: VIP und „In Isothermen Veritas“ <i>Jürgen Eberlein</i> <i>GEB, Voggenthal</i></p> <p>12:35 Wärmebrücken - die planerische Herausforderung beim Einsatz von Vakuu-Wärmedämmelementen <i>Andreas Beck</i> <i>Hochschule für Technik, Stuttgart</i></p> <p>13:00 Mittagspause und Besuch der Ausstellung</p> <p>14:30 Anwendung von VIP im Bauwesen - Umfangreiche Erfahrungen aus Anwendungen in der Schweiz <i>Bruno Arnold</i> <i>ZZ Wancor, Regensdorf/Schweiz</i></p> <p>14:55 Vom VIP zum handlungssicheren Bauteil <i>Christof Stölzel</i> <i>Variotec-Sandwichelemente GmbH&Co.KG Neumarkt i. d. Opf.</i></p> <p>15:20 Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Bauprodukte am Beispiel des VIP-Elementes <i>Otto Fechner</i> <i>Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin</i></p> <p>15:45 Kaffeepause</p> <p>16:15 VIP in der Sanierung, Chance auf Fördermittel - VIP im CO₂-Gebäudesanierungsprogramm der KfW <i>Dieter Bindel</i> <i>Gebäudeenergieberater, Ingenieure, Handwerker e.V., Landesfachverband Baden-Württemberg, Waiblingen</i></p> <p>16:40 Das Sonnenschiff in Freiburg - Energiefassade mit VIP <i>Rolf Disch</i> <i>Architekturbüro Rolf Disch, Freiburg</i></p> <p>17:05 Plenardiskussion</p> <p>17:20 Zusammenfassung und Schlusswort</p>	 <p><i>Festung Marienberg von der Alten Main Brücke aus</i> © ZAE Bayern</p>

Abbildung 38: Programm der 3. Fachtagung VIP-BAU am 20. September 2007 in Würzburg.

2.3.2 8th Int. Vacuum Insulation Symposium 2007/Würzburg

Die Reihe der Vacuum Insulation Symposia behandelt seit 1998 auf wissenschaftlicher Ebene technische und wissenschaftliche Details, wie aber auch Rahmenbedingungen und Möglichkeiten von und für Vakuumdämmungen für sehr unterschiedliche Anwendungen. Standen in den ersten Veranstaltungen dieser Reihe vor allem Anwendungen in Kühl- und Gefriergeräten, sowie im Transportwesen im Vordergrund, so verschob sich spätestens seit der Veranstaltung organisiert und durchgeführt von der EMPA im Jahr 2005 in Zürich der Schwerpunkt hin zu den Bauanwendungen.

Ursprünglich war beabsichtigt, das in vorangegangenen Jahren jährlich stattfindende internationale Symposium der *Vacuum Insulation Association* (VIA) bereits für das Jahr 2004 nach Würzburg zu holen. Meist fanden diese Symposien in der Vergangenheit im außereuropäischen Raum – Nordamerika, Japan, oder Kanada – statt, 1998 in Mailand, 2001 in Rom. Auch nach der Auflösung der VIA im Jahr 2003 waren die tragenden Kräfte aus Industrie und Forschung der Meinung, dass die Reihe der bis dahin jährlich durchgeführten Symposien fortgesetzt werden sollte, wenn auch nicht im jährlichen, so doch im zweijährigen Turnus. Man entschied, dass die Austragung des 7th International Vacuum Insulation Symposium 2005 der Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA als Veranstalter übertragen werden sollte, mit Austragungsort Zürich. Zu diesem Zeitpunkt lief in der Schweiz ein Forschungsprogramm zu dem Thema „Hocheffiziente Wärmedämmungen im Bauwesen“ aus, so dass diese Veranstaltung eine hervorragende Möglichkeit bot, die Ergebnisse der verschiedenen Aktivitäten im Land zusammenzutragen und zu präsentieren. Für das Jahr 2007 erhielt das ZAE Bayern die Möglichkeit, diese renommierte Veranstaltung in Deutschland auszurichten.

Es gab 26 Beiträge zu den Themenkomplexen:

- „Core Materials - Moisture Effects“
- „Core Materials - New Concepts“
- „Barriers - Development“,
- „Barriers - Characterization“,
- „Technical Applications“,
- „Glazing Systems“ und
- zwei Blöcke zu „Building Applications“.

Sponsors

Federal Ministry of Economics and Technology Germany	Elastogran GmbH Lenföerde, Germany	NanoPore Incorporated Albuquerque, USA	Porextherm Dämmstoffe GmbH Kempten, Germany	va-Q-tec AG Würzburg, Germany	Variotec Sandwichelemente GmbH & Co. KG Neumarkt, Germany	Wipak Walsrode GmbH & Co. KG Walsrode, Germany
						
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	■ BASF Group	NanoPore				

Programme

<p>Monday, 17th September 2007</p> <p>17.00 Registration and welcome</p> <p>Tuesday, 18th September 2007</p> <p>8.30 Registration and coffee 9.00 Welcome V. Dyakonov, J. Fricke 9.10 Introductory talk: Vacuum Insulation - Challenges and Opportunities for Becoming a Standard Insulation Technology M. Zimmermann 9.40 Core Materials – Moisture Effects Quenard: Modelling of Heat Transfer in Nanoporous Silica - Influence of Moisture Morel: Modifications of Pyrogenic Silica Exposed to Moist Air Beck: Influence of Water Content on the Thermal Conductivity of Vacuum Panels with Fumed Silica Coffee break 10.40 Core Materials - New Concepts Siedow: Heat Transfer in Insulation Materials based on Evacuated Glass Bubbles Beiner: Polymer Foams: From Macroscopic to Nanoscopic Structure Geisler: Trilobal Polyimide Fibre Insulation for Cryogenic Applications Lunch break 12.00 Barriers - Development Noller: New POLO Concept to Manufacture VIP Barrier Film Laminates Based on Hybrid Barrier Layers Carmi: Ultra High Barrier VIP Laminates – New Solutions to Tougher Requirements Teniers: Aluminium Metallized Bi-Oriented EVOH (Ethylene Vinyl Alcohol Copolymer) Film for Vacuum Insulation Applications Smith: Application of Vacuum Insulation at Temperatures above Ambient</p>	<p>15.00 Coffee break 15.30 Barriers - Characterization Garnier: Permeability, Mechanical Properties and Durability of Polymer/Metal Multilayers for Packaging of VIP Tienpienik/Cauberg: Thermo-Mechanical Behaviour of Barrier Envelopes and Heat Seals Musgrave: Finite Element Analysis of Bending Barrier Films Koehl: Temperature Dependent Permeation of Water Vapour through Barrier Foils</p> <p>19.30 - 23.00 Evening programme</p> <p>Wednesday, 19th September 2007</p> <p>9.00 Technical Applications Friese: Cryogenic Insulations Applying VIPs Eberhardt: Vacuum Insulation Panels (VIPs) in Energy Efficient Cooling Appliances for Improving the Environment of Our Children's World Kuhn: Vacuum Insulated Passive Thermal Packaging Solutions Kerspe: New Designed Vacuum Insulations for BIG Double-Walled Tubes and Pipe-Lines Coffee break 10.30 Glazing Systems Güttler: Measuring Heat Transfer through Evacuated Glazings Jensen/Schulz: Transparent Aerogel Windows Building Applications Platzer: Optimisation and Testing of a VIP Exterior External Thermal Insulation Composite System (ETICS) Grofiklos: Development of Prefabricated Floor-to-Ceiling Insulation Elements with Integrated VIPs Lunch break 12.00</p>	<p>13.30 Building Applications Abley: Immediate Prospects for Vacuum Insulations in the British Site Built Housing Sector Ogden: Thin Wall Technology Building Cladding Using Vacuum Insulation Tienpienik/Cauberg: Acoustical Properties of Vacuum Insulation Panels and VIP Constructions Simmler: In Situ Performance Assessment and Service Life of Vacuum Insulation Panels (VIPs) in Buildings 15.00 Coffee break 15.30 Panel discussion: VIPs – from Niche to Mass Market 17.00 Adjourn</p> <p>Registration</p> <p>Please register online at: http://www.vip-bau.de/ivis You will be sent an invoice by post.</p> <p>The conference fee is €250 (reduced rate of €150 for university employees and students). Registrations received after 31st July 2007 will be charged at €300. The conference fee includes: all conference sessions and entry to the accompanying exhibition, conference proceedings on CD-Rom, refreshments during the symposium as well as the conference dinner. Accommodation and travel are not included in the fee and must be booked by the participant. University employees and students must submit proof of their status with their registration. Substitutions and cancellations must be made in writing. An administration fee of €50 will be charged for cancellations received on or before 13th August 2007. Refunds cannot be granted for cancellations made after this date.</p> <p>If you are unable to register online, please contact Ms. Ildiko Trantow; Tel.: 0049-931-70564-47 e-mail: ivis@zae.uni-wuerzburg.de</p>
--	--	--

Abbildung 39: Programm des 8th International Vacuum Insulation Symposium am 18. und 19. September 2007 in Würzburg.

Das komplette Programm der Veranstaltung mit den Referenten und den Themen ist Abbildung 39 zu entnehmen.



Abbildung 40: Teilnehmer des 8th Int. Vacuum Insulation Symposium am 18. und 19. September 2007 in Würzburg.

An dieser Veranstaltung nahmen ca. 160 Teilnehmer aus 19 Nationen teil.

Bei beiden Veranstaltung wurde insbesondere von den deutschen VIP-Herstellern die Möglichkeit einer Präsentation ihrer Produkte im räumlichen Umfeld der Tagung genutzt.

2.3.3 9th Int. Vacuum Insulation Symposium 2009/London

Die neunte Veranstaltung dieser Reihe, das „9th International Vacuum Insulation Symposium“ am 17. und 18. September 2009 in London, wurde gemeinsam von dem Department of Engineering-Building Engineering Design der Cambridge University und dem Department of Architecture der Oxford Brookes University organisiert und durchgeführt. Die Bezeichnungen der Organisatoren deuten es bereits an: Noch mehr als die vorangegangenen Veranstaltungen wurde diese Veranstaltung thematisch von den Bauanwendungen dominiert. Insbesondere deutsche Vertreter stellten Produkte, Verfahren zur Qualitätssicherung, aber auch herausragende Anwendungsbeispiele vor. Das ZAE Bayern konnte in diesem Zusammenhang auch die Ergebnisse des Monitorings an mehr als 4.500 m², überwiegend in kommerziell realisierten Bauanwendungen installierter VIP vorstellen.

2.3.4 Internetplattform www.vip-bau.de

Mitte 2004 war die Informationsplattform zu dem speziellen Thema „Vakuumdämmungen im Bauwesen“ www.vip-bau.de online geschaltet worden und fand stetig steigendes Interesse. Diese Plattform bietet strukturierte, neutrale und fachgerechte Informationen zum Thema „Vakuumdämmungen im Bauwesen“ für relevante Berufsgruppen, wie aber auch für die allgemeine Öffentlichkeit. Die Informationen stehen in weiten Teilen sowohl in deutscher, wie auch in englischer Sprache zur Verfügung.

Im Rahmen des vorliegenden Vorhabens wurde diese Informationsplattform neu gestaltet. Um das Spezialthema „Vakuumdämmungen im Bauwesen“ in den übergeordneten Themenkomplex „Energieoptimiertes Bauen“, „Energetische Verbesserung der Bausubstanz“, „Solaroptimiertes Bauen“ einzubinden, wurde dabei auf eine sachgerechte Verknüpfung mit der Seite www.enob.info geachtet, dem Internetportal des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zu den Förderprogrammen für Forschung, Entwicklung, Demonstration und Weiterbildung zum energieoptimierten Bauen. Das Kürzel „ViBau“ steht dabei für den Forschungsakzent »Vakuumisolationen im Bauwesen« (siehe auch <http://www.enob.info/de/forschungsfelder/>).



EnOB
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

ViBau

VIP-BAU.DE
Vakuuminisierungs-Paneeel am Bau

Gefördert durch das
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

VIP-BAU.DE - die deutsche Internetplattform zu evakuierten Wärmedämmungen im Bauwesen

Vakuuminisierungspaneel
Vakuuminisiererglas
Anwendungen
Monitoring
Forschung & Entwicklung
Literatur
Lehrmittel
Tagungen
Links

Aktuelles

Hier finden Sie ausführende Informationen über Techniken, Anwendungen und Entwicklungen evakuierter Dammssysteme für den Einsatz im Baubereich. Der Aufbau und die Pflege dieser Seiten werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Forschungsschwerpunktes EnOB - Forschung für Energieoptimiertes Bauen - mit dem Forschungssakzent ViBau gefördert.

Vakuuminisierungspaneel (VIP)

Ein VIP ist ein Warmedammprodukt, das bei gleichem Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) eine 5 bis 10-fach geringere Dicke aufweist als herkömmliche, am Bau eingesetzte Dämmmaterialien wie z.B. Polystyrol, Polyurethan, Glas- oder Mineralwolle. VIPs werden seit mehreren Jahren erfolgreich im Baubereich eingesetzt. Dort bilden sie eine platzsparende Alternative zu herkömmlichen Dämmstoffen. Die ersten Produkte erhielten im Juli 2007 ihre allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

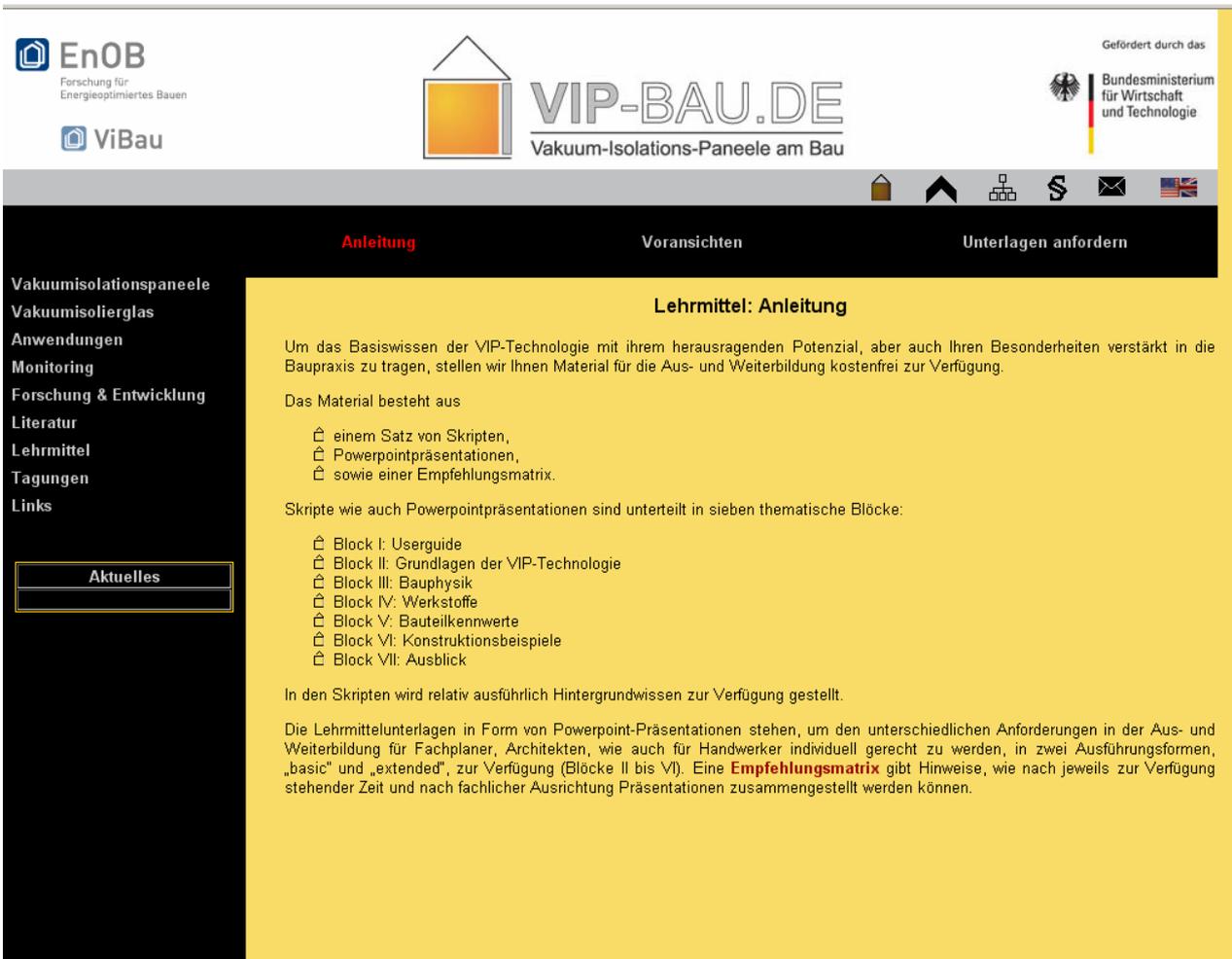
Vakuuminisiererglas (VIG)

Ein VIG ist eine Doppelverglasung, deren Scheibenzwischenraum evakuiert ist. Hierdurch lassen sich Wärmedurchgangskoeffizienten von $U \approx 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei einem sehr schlanken Systemaufbau von weniger als 10 mm realisieren. Eine Dreischeibenverglasung wie sie z.B. in Passivhäusern eingesetzt wird erreicht bei einer Systemdicke von 28 - 44 mm einen U-Wert von typischerweise 0,6 - 0,7 $\text{W/(m}^2\text{K)}$, dies jedoch bei 50 % Mehr an Gewicht. VIG mit $U \approx 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ist zurzeit noch nicht am Markt erhältlich. Im Rahmen eines vom BMW geförderten **Projektes** wird momentan die Produktionstechnik für solche Systeme entwickelt. Diese wird 2012 zur Verfügung stehen.

Abbildung 41: Startseite der Informationsplattform www.vip-bau.de mit einem Überblick der angebotenen Informationen (deutsche Version, Stand Dezember 2010).

Insbesondere wurde die neue Seite thematisch erweitert. Neben der zusätzlichen Darstellung der im Monitoringprogramm enthaltenen Objekte, unterschiedlich gegliedert mit entsprechenden „Steckbriefen“, wurde das Thema Vakuuminisierverglasung mit aufgenommen. Zusätzlich stehen hier nun auch die Rahmen dieses Vorhabens erarbeiteten Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung von Architekten, Ingenieuren, Studenten und Handwerkskammern zum Download bereit.

Die thematische Gliederung des Auftritts ist in Abbildung 41 zu erkennen. Allgemeine Beschreibungen zum Wesen, zu den Vorteilen, den Besonderheiten, wie auch der speziell zu beachtenden Randeffekte sind nun in ähnlicher Weise für die beiden Produktgruppen „Vakuuminisierungspaneel“ und „Vakuuminisiererglas“ ausgeführt.



EnOB
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

ViBau

VIP-BAU.DE
Vakuu-Isolations-Paneele am Bau

Gefördert durch das
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Anleitung Voransichten Unterlagen anfordern

Vakuumisolationspaneele
Vakuumisoliertglas
Anwendungen
Monitoring
Forschung & Entwicklung
Literatur
Lehrmittel
Tagungen
Links

Aktuelles

Lehrmittel: Anleitung

Um das Basiswissen der VIP-Technologie mit ihrem herausragenden Potenzial, aber auch Ihren Besonderheiten verstärkt in die Baupraxis zu tragen, stellen wir Ihnen Material für die Aus- und Weiterbildung kostenfrei zur Verfügung.

Das Material besteht aus

- ↳ einem Satz von Skripten,
- ↳ Powerpointpräsentationen,
- ↳ sowie einer Empfehlungsmatrix.

Skripte wie auch Powerpointpräsentationen sind unterteilt in sieben thematische Blöcke:

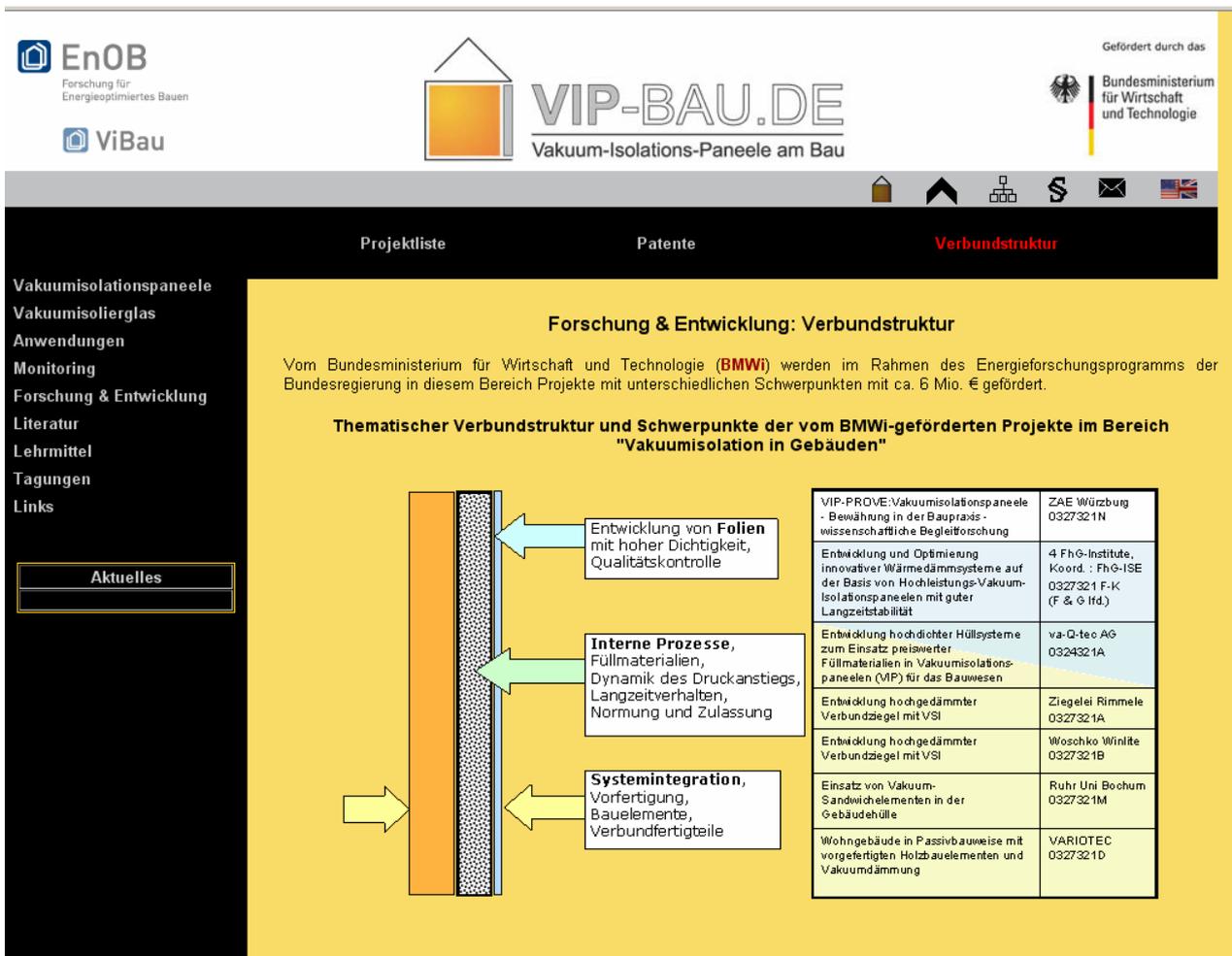
- ↳ Block I: Userguide
- ↳ Block II: Grundlagen der VIP-Technologie
- ↳ Block III: Bauphysik
- ↳ Block IV: Werkstoffe
- ↳ Block V: Bauteilkennwerte
- ↳ Block VI: Konstruktionsbeispiele
- ↳ Block VII: Ausblick

In den Skripten wird relativ ausführlich Hintergrundwissen zur Verfügung gestellt.

Die Lehrmittelunterlagen in Form von Powerpoint-Präsentationen stehen, um den unterschiedlichen Anforderungen in der Aus- und Weiterbildung für Fachplaner, Architekten, wie auch für Handwerker individuell gerecht zu werden, in zwei Ausführungsformen, „basic“ und „extended“, zur Verfügung (Blöcke II bis VI). Eine **Empfehlungsmatrix** gibt Hinweise, wie nach jeweils zur Verfügung stehender Zeit und nach fachlicher Ausrichtung Präsentationen zusammengestellt werden können.

Abbildung 42: Anleitung mit Übersicht der zur Verfügung stehenden Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern. Diese Unterlagen stehen lediglich in deutscher Sprache zur Verfügung.

In einer „Anleitung“ werden die verfügbaren Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern kurz vorgestellt. In Voransichten kann man mit gewissen Einschränkungen einen Eindruck von den jeweiligen Inhalten bekommen. Um die Unterlagen - Skripte im pdf-Format, Powerpointpräsentationen als bearbeitbare Originaldateien - farbig und in hoher Qualität herunterladen zu können, ist jedoch zuvor eine Zustimmung der Nutzungsbedingungen, die im Wesentlichen eine kommerzielle Verwendung ausschließen sollen, erforderlich.



Forschung & Entwicklung: Verbundstruktur

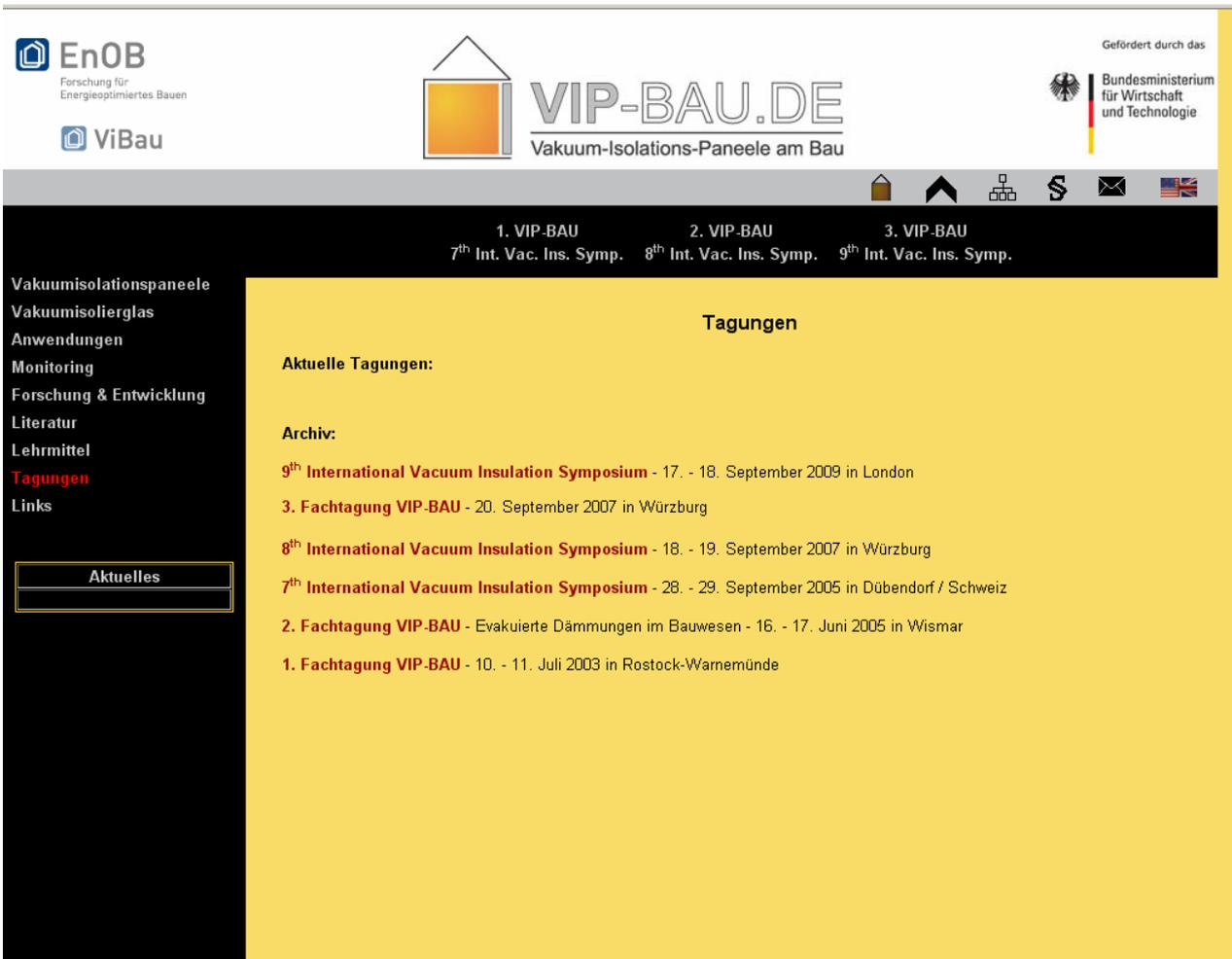
Vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) werden im Rahmen des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung in diesem Bereich Projekte mit unterschiedlichen Schwerpunkten mit ca. 6 Mio. € gefördert.

Thematischer Verbundstruktur und Schwerpunkte der vom BMWi-geförderten Projekte im Bereich "Vakuumisolation in Gebäuden"

VIP-PROVE:Vakuumisolationspaneele - Bewährung in der Baupraxis - wissenschaftliche Begleitforschung	ZAE Würzburg 0327321N
Entwicklung und Optimierung innovativer Wärmedämmsysteme auf der Basis von Hochleistungs-Vakuumisolationspaneelen mit guter Langzeitstabilität	4 FhG-Institute, Koord.: FhG-ISE 0327321 F-K (F. & G. Ihd.)
Entwicklung hochdichter Hüllsysteme zum Einsatz preiswerter Füllmaterialien in Vakuumisolationspaneelen (VIP) für das Bauwesen	va-Q-tec AG 0324321A
Entwicklung hochgedämmter Verbundziegel mit VSI	Ziegelei Rimmele 0327321A
Entwicklung hochgedämmter Verbundziegel mit VSI	Woschko Winlite 0327321B
Einsatz von Vakuum-Sandwichelementen in der Gebäudehülle	Ruhr Uni Bochum 0327321M
Wohngebäude in Passivbauweise mit vorgefertigten Holzbaulementen und Vakuumdämmung	VARIOTEC 0327321D

Abbildung 43: Themen im Überblick und Struktur der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie im Rahmen des Forschungsakzentes ViBau „Vakuumisolationen im Bauwesen“ geförderten Vorhaben.

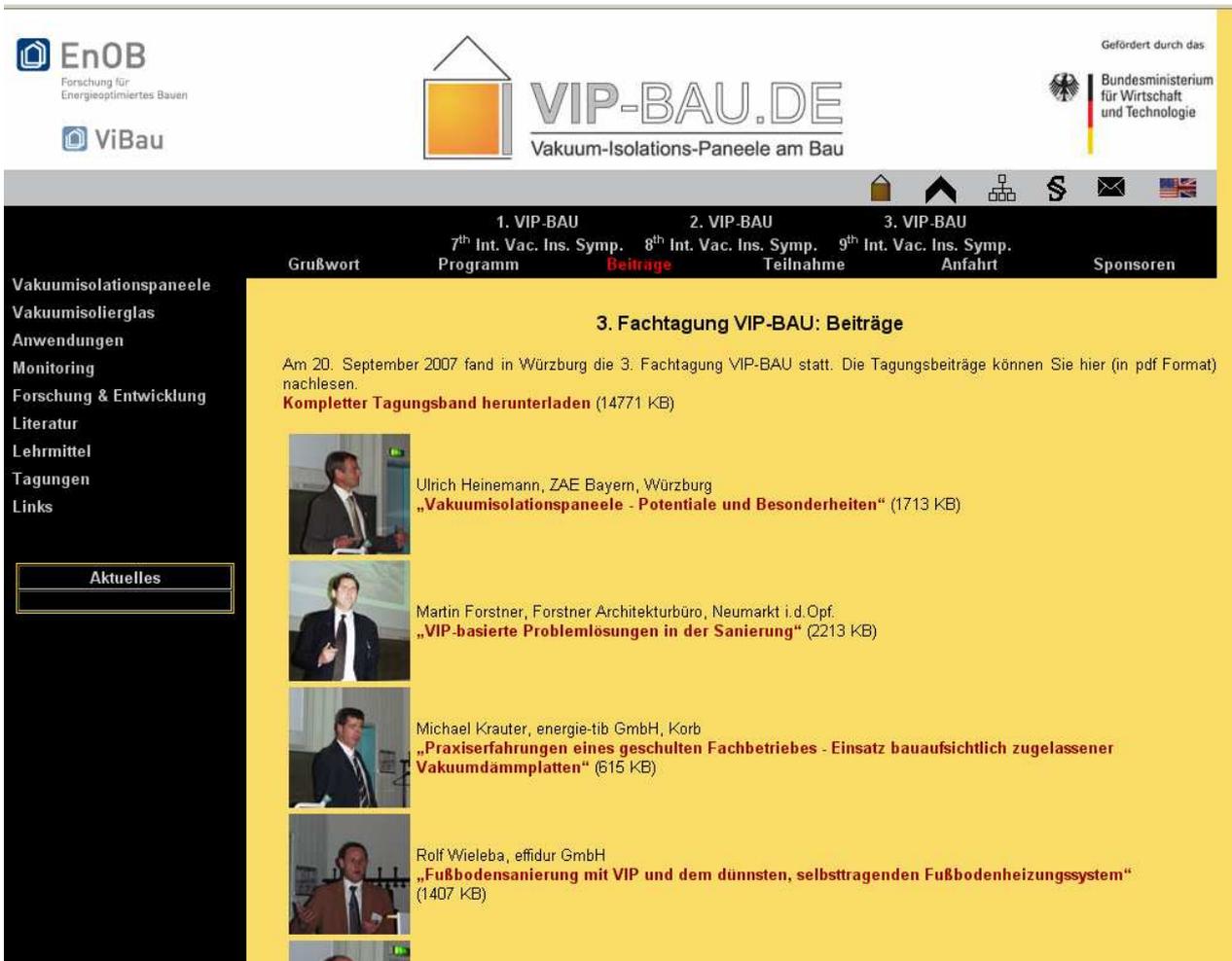
Die Plattform dient auch weiterhin der Darstellung der Förderaktivitäten des Bundes im Bereich neuer, auf dem Prinzip der Vakuumdämmung basierender Techniken für die Wärmedämmung von Gebäuden. In einem Untermenüpunkt werden die geförderten Vorhaben im Einzelnen, wie auch die Struktur des zugrunde liegenden Vorhabenverbundes beschrieben (siehe Abbildung 43).



The screenshot shows the website interface for VIP-BAU.DE. At the top, there are logos for EnOB (Forschung für Energieoptimiertes Bauen), ViBau, and the VIP-BAU.DE logo itself, which includes the text 'Vakuu-Isolations-Paneele am Bau'. To the right, it is noted that the site is supported by the Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Below the header, there are navigation icons and a menu with three items: '1. VIP-BAU 7th Int. Vac. Ins. Symp.', '2. VIP-BAU 8th Int. Vac. Ins. Symp.', and '3. VIP-BAU 9th Int. Vac. Ins. Symp.'. The main content area is titled 'Tagungen' and is divided into 'Aktuelle Tagungen:' and 'Archiv:'. The 'Aktuelle Tagungen:' section lists three events: '3. Fachtagung VIP-BAU - 20. September 2007 in Würzburg', '8th International Vacuum Insulation Symposium - 18. - 19. September 2007 in Würzburg', and '7th International Vacuum Insulation Symposium - 28. - 29. September 2005 in Dübendorf / Schweiz'. The 'Archiv:' section lists two events: '2. Fachtagung VIP-BAU - Evakuierte Dämmungen im Bauwesen - 16. - 17. Juni 2005 in Wismar' and '1. Fachtagung VIP-BAU - 10. - 11. Juli 2003 in Rostock-Warnemünde'. A left sidebar contains a navigation menu with items like 'Vakuumisolationspaneele', 'Vakuuisolierglas', 'Anwendungen', 'Monitoring', 'Forschung & Entwicklung', 'Literatur', 'Lehrmittel', 'Tagungen' (highlighted in red), and 'Links'. At the bottom of the sidebar, there is a button labeled 'Aktuelles'.

Abbildung 44: Auf der Informationsplattform www.vip-bau.de findet man unter dem Punkt „Tagungen“ nicht nur Hinweise auf die fachspezifischen nationalen und internationalen Tagungen und Organisatorisches zu den einzelnen Veranstaltungen, sondern es wurden dort auch die Beiträge zu diesen Veranstaltungen veröffentlicht oder zumindest verlinkt (nth International Vacuum Insulation Symposium).

Unter dem Punkt „Tagungen“ wird auf eine ganze Reihe von fachspezifischen nationalen und internationalen Tagungen zum Thema Vakuumdämmung hingewiesen (siehe Abbildung 44). Es werden dort nicht nur die organisatorischen Informationen zu aktuellen Veranstaltungen direkt bereitgestellt oder über entsprechende Links darauf verwiesen, sondern es sind hier auch die Beiträge zu diesen Veranstaltungen für Jedermann frei verfügbar eingestellt. Dieses gilt speziell für die Reihe der Fachtagungen „VIP-BAU“ (siehe Abbildung 29). Für die Veranstaltungsreihe „nth International Vacuum Insulation Symposium“ stehen die Beiträge auf entsprechenden, ebenfalls frei zugänglichen Seiten der verschiedenen Veranstalter zum Download bereit. Durch entsprechende Links ist auf diese Seiten verwiesen.



The screenshot shows the website interface for the 3rd Fachtagung VIP-BAU. The header includes logos for EnOB (Forschung für Energieoptimiertes Bauen) and ViBau, the main logo for VIP-BAU.DE (Vakuu-Isolations-Paneele am Bau), and the logo of the Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. A navigation bar at the top lists: 1. VIP-BAU (Grußwort), 2. VIP-BAU (7th Int. Vac. Ins. Symp. Programm), 3. VIP-BAU (8th Int. Vac. Ins. Symp. Beiträge), 9th Int. Vac. Ins. Symp. Teilnahme, Anfahrt, and Sponsoren. A left sidebar contains a menu with categories like Vakuumisolationspaneele, Vakuumisoliertglas, Anwendungen, Monitoring, Forschung & Entwicklung, Literatur, Lehrmittel, Tagungen, and Links, with 'Aktuelles' highlighted. The main content area is titled '3. Fachtagung VIP-BAU: Beiträge' and contains the following text: 'Am 20. September 2007 fand in Würzburg die 3. Fachtagung VIP-BAU statt. Die Tagungsbeiträge können Sie hier (in pdf Format) nachlesen. **Kompletter Tagungsband herunterladen** (14771 KB)'. Below this, four individual contributions are listed, each with a small photo of the speaker and the title of their contribution in red text:

- Ulrich Heinemann, ZAE Bayern, Würzburg
„**Vakuumisolationspaneele - Potentiale und Besonderheiten**“ (1713 KB)
- Martin Forstner, Forstner Architekturbüro, Neumarkt i.d. Opf.
„**VIP-basierte Problemlösungen in der Sanierung**“ (2213 KB)
- Michael Krauter, energie-tib GmbH, Korb
„**Praxiserfahrungen eines geschulten Fachbetriebes - Einsatz bauaufsichtlich zugelassener Vakuumdämmplatten**“ (615 KB)
- Rolf Wieleba, effidur GmbH
„**Fußbodensanierung mit VIP und dem dünnsten, selbsttragenden Fußbodenheizungssystem**“ (1407 KB)

Abbildung 45: Auch die Veröffentlichung von Tagungsbeiträgen erfolgte auf der Internetplattform, hier die der 3. Fachtagung VIP-BAU am 20. September 2007 in Würzburg.

In einer Linkliste wird auf die Hersteller von Vakuumisolationspaneelen, Firmen die Erfahrungen in der Planung und der praktischen Anwendung von und mit Vakuumisolationspaneelen haben, verwiesen, wie aber auch auf andere Institute, die sich mit dem Thema „Evakuierte Dämmungen in der Anwendung im Bauwesen“ beschäftigen. Ebenso findet man dort eine Verknüpfung zu anderen Informationsplattformen wie dem schweizerischen Pendant www.vip-bau.ch oder auch zu der übergreifenden Informationsplattform zum Thema Energieeffizienz in Gebäuden BINE www.bine.info/.

Eine umfangreiche Sammlung von Zeitschriften- und Journalartikeln, Tagungsbeiträgen, Projektberichten sowie interessanter, öffentlich verfügbarer Diplom- und Doktorarbeiten zum Thema Vakuumdämmungen im Bauwesen ist unter dem Menüpunkt „Literatur“ zusammengestellt, steht dort zum großen Teil als Download zur Verfügung oder ist zu der entsprechenden Quelle verlinkt.

Der Web Server Statistik in Abbildung 46 ist zu entnehmen, dass seit der offiziellen Freischaltung Mitte des Jahres 2004 die Anzahl der monatlichen Zugriffe in den ersten drei Jahren nahezu linear zugenommen hat. Das Maximum wurde nach Einstellung der Informationen zu der dritten Fachtagung VIP-BAU im Jahr 2007 erreicht. In der Folge hat sich die Anzahl der Besucher, die sich hier zum Thema „Vakuumdämmung im Bauwesen“ informierten, auf einem Niveau von etwa 2000 unterschiedlicher Besucher pro Monat stabilisiert.

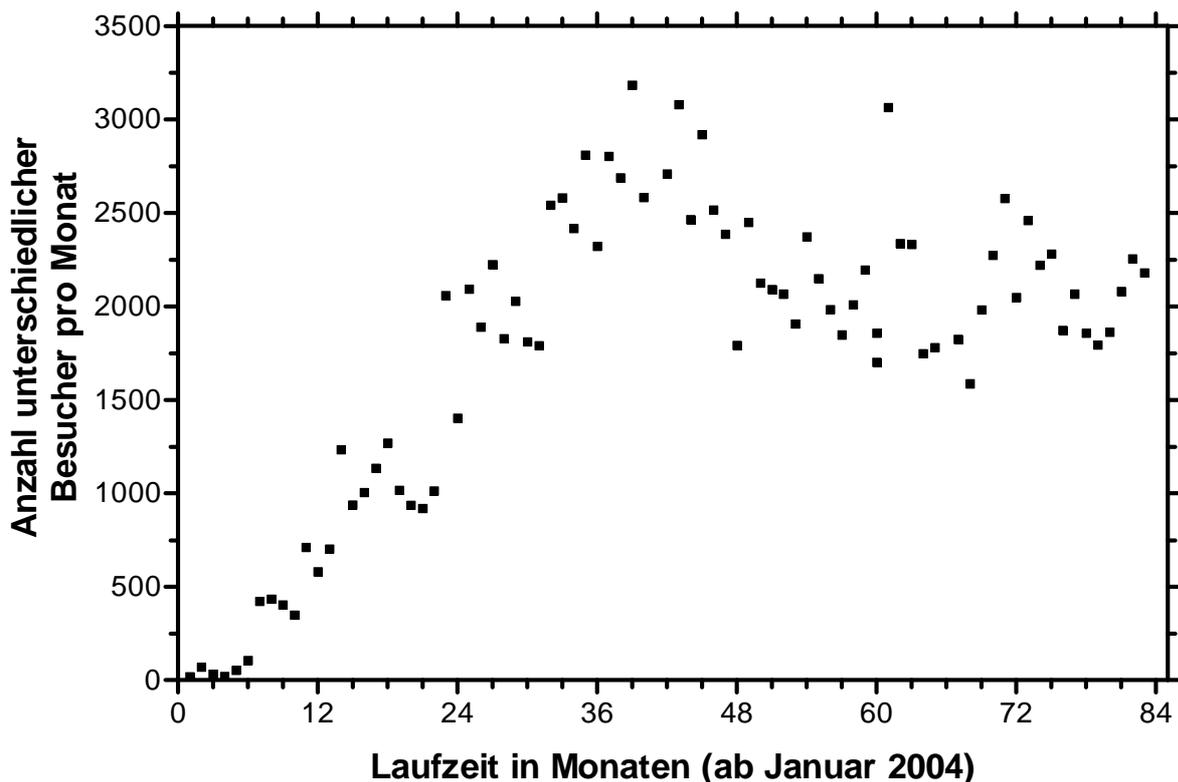


Abbildung 46: Monatliche Anzahl unterschiedlicher Besucher auf der Internetseite www.vip-bau.de seit Start dieser Seite im Januar 2004 bis einschließlich November 2010.

2.3.5 Güteschutzgemeinschaft

Durch die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Akteuren (z.B. Förderstellen, Technologietransfer-Einrichtungen, Verbänden, Firmen) wurden die Anstrengungen zur verstärkten Markteinführung und -durchdringung der VIP-Technologie wie bisher auch weiterhin unterstützt.

Unter dem Dach der Güteschutzgemeinschaft Hartschaum e.V., einem Europäischen Verband von Dämmstoffherstellern, konnte sich im Verlauf des Projektes die RAL-Güteschutzgemeinschaft „Vakuum Isolations Paneele“ etablieren. Das ZAE Bayern war hier im Vorfeld als neutrale Stelle mit seiner Sachkompetenz unterstützend eingebunden.

2.3.6 Publikationen und Vorträge

Ergänzend zu den nationalen und internationalen Fachtagungen und der Bereitstellung von aufbereiteten Informationen auf der Internetplattform www.vip-bau.de sollte die breite Öffentlichkeit auch über andere Wege, wie Fachzeitschriften und Messen, aber auch Rundfunk, Fernsehen und Presse über die Potentiale und den Stand der Technik im Bereich Vakuumdämmung für Gebäude informiert werden.

In dem Projektzeitraum von 2007 bis 2010 wurden daher Fachinformationen zum Thema ‚Vakuumdämmung im Bauwesen‘ neben der Präsentation auf der allgemein zugänglichen Internetplattform www.vip-bau.de zudem auch auf zahlreichen Tagungen, Seminaren, in Zeitungs- und Zeitschriftenartikeln, wissenschaftlichen Publikationen usw. vermittelt. Auf den folgenden Seiten sind die öffentlichkeitswirksamen Tätigkeiten untergliedert nach Jahr und Art aufgelistet.

Ein Schwerpunkt wurde dabei auch auf Messeauftritte und -präsentationen gelegt.

Durch die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Akteuren (z.B. Förderstellen, Technologietransfer-Einrichtungen, Verbänden, Firmen) wurden die Anstrengungen zur verstärkten Markteinführung und -durchdringung der VIP-Technologie unterstützt.

Liste öffentlichkeitswirksamer Tätigkeiten zur Verbreitung von Fachinformationen zum Thema „Vakuumdämmung im Bauwesen“

(untergliedert nach Jahr und Art)

Im Jahr 2007:

Publikationen

U. Heinemann, **Hocheffizienter Wärmeschutz von Gebäuden durch evakuierte Elemente - Vakuumisolationspaneele (VIP) und Vakuumisoliergläser (VIG)**, Science Allemagne, Informationsblatt der wissenschaftlichen Abteilung der französischen Botschaft, Ausgabe – Energieeffizienz von Gebäuden in Deutschland, April 2007.

U. Heinemann, D. Büttner, C. Stark, D. Kraus, W. Albrecht, J. Ortjohann, R. Caps, **Schlussbericht: VIP-Bau - Vakuumisolationspaneele im Bauwesen - Koordination- und Informationsstelle und Qualitätskontrolle von Vakuumisolationspaneelen**, Report ZAE2-0707-16 (2007), Juli 2007, Technische Informationsbibliothek Hannover.

G. Reichenauer*, U. Heinemann, H.-P. Ebert, **Relationship between pore size and the gas pressure dependence of the gaseous thermal conductivity**, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 300 (2007) 204-210.

U. Heinemann, **Prinzip Thermoskanne**, db deutsche bauzeitung, ISSN 0721-1902, 141. Jahrgang, Heft 04/2007, Trends: Energie – Vakuumisolationspaneele und -gläser.

U. Heinemann (Editor), **Tagungsband 3. Fachtagung VIP-BAU - Vakuu Isolations Paneele - Evakuierete Dämmungen im Bauwesen, 20.September 2007, Universität Würzburg**, U. Heinemann, ZAE Bayern Abteilung Funktionsmaterialien der Energietechnik Würzburg (2007).

U. Heinemann, **Vakuumisolationspaneele - Potentiale und Besonderheiten**, in Tagungsband: „VIP-BAU - Vakuu Isolations Paneele - Evakuierete Dämmungen im Bauwesen, 3. Fachtagung 20.09.2007 Würzburg, Editor: U. Heinemann, ZAE Bayern.

H. Weinsläder, S. Weismann, H.P. Ebert, **Wärmeschutz – Next Generation**, Glaswelt 9 48-49 (2007).

Vorträge

(mM = mit Manuscript)

U. Heinemann, (eingeladener Vortrag) **Hocheffizienter Wärmeschutz durch evakuierte Elemente: Vakuumisolationspaneele und Vakuumisoliergläser – VIP und VIG**, Kongress des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung „Energieeffizienz bauen!“ am 15. und 16.01.2007 im Rahmen der Messe BAU 2007 in München (mM).

U. Heinemann, (eingeladener Vortrag) **Überblick zu Vakuu-Isolations-Paneelen**, Forum Praxis Altbau, Marktplatz Bauen im Bestand, auf der Messe BAU 2007 in München, 15. bis 20.01.2007 (mM).

U. Heinemann, **Vakuumisolationspaneele (VIP) – High Performance Thermal Insulations for Buildings**, Posterstand des Projektträger Jülich zum Themenkomplex Energieoptimiertes Bauen EnOB auf der Messe BAU 2007 in München, 15. bis 20.01.2007.

U. Heinemann, **Hocheffizienter Wärmeschutz durch evakuierte Elemente: Vakuumisolationspaneele und Vakuumisoliertgläser VIP und VIG**, 3. Fachtagung „VIP-BAU - Vakuum Isolations Paneele - Evakuierte Dämmungen im Bauwesen, 20.09.2007 Würzburg (mM).

U. Heinemann, **Wärmedämmung im 21. Jahrhundert: Neue Materialien und Komponenten**, zukunft haus Kongress 2007 „Strategien für Energieeffizienz“, Veranstalter Deutsche Energieagentur dena, 25. und 26.10.2007 (eingeladener Vortrag) (mM).

H.P. Ebert, **Vakuumentechologien und Nano-Materialien als neue Optionen für das energieeffiziente Bauen**, Montagsreihe der Fakultät für Architektur „Energieeffizienz – Zukunftsdimension der Architektur“ der Universität Karlsruhe (TH) 05.02.2007 in Karlsruhe (2007) (invited).

H.P. Ebert, **Funktionsmaterialien für Wärmedämmung**, Symposium „Tendenzen der Materialentwicklung und Bedeutung von Wärmetransporteigenschaften“, 22.März 2007 in Stuttgart (2007) (invited).

H.P. Ebert, **Vakuumdämmung, Vakuumverglasung und Phasenwechselmaterialien für energieeffiziente Gebäude**, Frühjahrssitzung des Arbeitskreis Energie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, 17. April 2007 in Bad Honnef (2007) (invited).

H.P. Ebert, **New Materials for Energy Efficient Systems**, Sustainable Neighbourhood – from Lisbon to Leipzig through Research (L2L), 4th BMBF Forum for Sustainability German EU Council Presidency 2007, 8. Mai 2007 in Leipzig (2007) (invited).

H.P. Ebert, **Funktionsmaterialien der Energietechnik**, Exkursion FH Stuttgart, Fachbereich Bauphysik, 16.05.2007 in Würzburg am ZAE Bayern (2007).

H.P. Ebert, **CENCE - Connecting Energy Clusters across Europe**, CENCE Workshop „Energy efficient Buildings“, 17.September 2007 in Würzburg (2007).

H.P. Ebert, **Ergebnispräsentation des Workshops IV- Wärmedämmung**, FVS-Symposium „Nanotechnologie für eine nachhaltige Energieversorgung“, 30. November 2007, Berlin (2007).

Organisation oder Mitorganisation von Tagungen

Scientific/Organising Committee: **8th International Vacuum Insulation Symposium**, 18./19.09.2007, Würzburg, Germany.

Inhaltliche Konzeption und Programm, Organisation: **3. Fachtagung VIP-BAU - Vakuum Isolations Paneele - Evakuierte Dämmungen im Bauwesen**, 20.09.2007 Würzburg.

Sonstiges

Beitrag/Infos für BUND Jahrbuch Bauen und Renovieren 2007.

Beitrag zu: M. Kölling, **Leben im Kühlschranks**, Technology Review, 25.07.2007,
<http://www.heise.de/tr/artikel/92870> .

Zuarbeiten zu Artikel: J. v. Mende, **Eine neue Generation von Dämmstoffen**, archplus 184, Nov 2007.

Im Jahr 2008:

Publikationen

U. Heinemann, **Wärmedämmung im 21. Jahrhundert: Neue Materialien und Komponenten**, Proceedings der 3. Internationalen Fachtagung KlimaHaus - Zukunft Bauen, Veranstalter KlimaHaus Agentur Bozen, Italien, 17. bis 19. Januar 2008

<http://www.agenziacasaclima.it/de/servicedownload/beitraege-3-internat-klimahaus-tagung-2008.html> .

U. Heinemann, **Influence of Water on the Total Heat Transfer in `Evacuated` Insulations**, Int J Thermophysics, (2008) 29:735-749, DOI 10.1007/s10765-007-0361-1,

<http://dx.doi.org/10.1007/s10765-007-0361-1> .

J. Fricke, U. Heinemann, H.P. Ebert, **Vacuum Insulation Panels - from Research to Market**, Vacuum, Special Issue on 'The World Energy Crisis Part 2: Some More Vacuum-based Solutions', Vacuum 82 (2008) 680-690, <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2007.10.014> .

D. Gintars, U. Heinemann, **Dämmen mit dem Nichts - Eine neue Vakuu-Isolierung verspricht viel Wirkung auf engstem Raum**, Deutsches Ingenieurblatt, Ausgabe März 2008

<http://dib.schiele-schoen.de/zeitschrift/allgemein/archiv/preview.asp?s=12440> .

U. Heinemann, **Vakuu revolutioniert die Wärmedämmung, Extrem hohe Dämmleistung in Glas schein und Isolationselementen**, energy 2.0, Spezial Gebäudetechnik, Ausgabe 3/2008

<http://www.energy20.net/pi/index.php?StoryID=317&articleID=130917> .

H. Weinsläder, S. Weismann, H.P. Ebert, **Wärmeschutz – Next Generation: Vakuumdämmung für Fenster und Fassade**, tür-tor-fenster-report 3 12-15 (2008).

Vorträge

(mM = mit Manuscript)

U. Heinemann, **Wärmedämmung im 21. Jahrhundert: Neue Materialien und Komponenten**, 3. Internationale Fachtagung KlimaHaus - Zukunft Bauen, Veranstalter KlimaHaus Agentur Bozen, Italien, 17. bis 19. Januar 2008 (eingeladener Vortrag) (mM).

H.P. Ebert, **Vakuuisolierung im Bauwesen –VIP – die Vakuuisolationspaneele**, DEUBAU 2008, BAKA Forum, 09.01.2008 in Essen (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Vakuuisolierung im Bauwesen –VIG – die Vakuuisolationsverglasung**, DEUBAU 2008, BAKA Forum, 10.01.2008 in Essen (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Energieeffiziente Komponenten für Gebäude**, Sitzung des Ausschusses Bauphysik der Fensterakademie Karlsruhe, 01.03.2008 in Würzburg (2008).

H.P. Ebert, **New Materials for Energy-Efficient Systems – Bavarian Technologies**, CENCE Workshop 14.04.2008 in Vaasa, Finnland (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Funktionsmaterialen der Energietechnik**, Exkursion HFT Stuttgart, Fachbereich Bauphysik, 30.04.2008 in Würzburg am ZAE Bayern (2008).

H.P. Ebert, **Innovative Materials for Buildings**, Exkursion Universität Pecs (Ungarn), 21.05.2008 in Würzburg (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Energieeffiziente Komponenten für Gebäude**, Sitzung DGfH Fachausschuss 3.3 Erhaltung und Erneuerung alter Bausubstanz, 11.06.2008 in Würzburg (2008).

H.P. Ebert, **Materialforschung für energieeffiziente Gebäude**, Energietag Würzburg der Bayerischen Ingenieurskammer-Bau, 10.07.2008 in Würzburg (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Ultra-Thin, Energy-Efficient Facades a a Contradiction in Terms? Challenges and Novel Strategies**, 8. Internationale Konferenz für Gebäude- und Betriebsoptimierung ECEBO`08, 20.10.2008 Berlin (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Innovative Materials for Building**, Exkursion National Taipei University of Technology (Taiwan), 29.10.2008 in Würzburg (2008) (invited).

H.P. Ebert, **Wärmedämmung für energieeffiziente Gebäude**, Öffentliche Vortragsreihe "Erneuerbare Energien", 10.11.2008 in Straubing (2008) (invited).

Organisation oder Mitorganisation von Tagungen

Programmkomitee **Jahrestagung des Forschungsverbands Sonnenenergie FVS - Energieeffizientes und solares Bauen**, 29.-30.09.2008, Berlin.

Zeitungsartikel

Neue Scheiben sparen Energiekosten, dpa-Artikel von Stephanie Hoenig, veröffentlicht unter verschiedenen Titeln in zahlreichen Zeitungen und Online-Medien 09-11/2008, z.B. Süddeutsche Zeitung 21.10.2008, oder Welt-Online 15.11.2008:

http://www.welt.de/welt_print/article2728429/Energieverluste-durch-Fenster.html .

Im Jahr 2009:

Publikationen

U. Heinemann, H. Weinländer, H.P. Ebert, **Vakuumelemente - Revolution in der Wärmedämmung**, dds - das magazin für möbel und ausbau, Ausgabe Mai 2009, 28-30.

J. Fricke, H.P. Ebert, S. Vidi, U. Heinemann, H. Weinläder, G. Reichenauer, M. Geisler, **Optimized Materials and Novel Concepts for Highly Efficient Insulants**, 30th International Thermal Conductivity Conference, August 29 - September 2, 2009, Pittsburgh, PA USA, conference proceedings.

Vorträge

(mM = mit Manuscript)

U. Heinemann, H. Weinläder, H.P. Ebert, **Energieeffiziente Gebäudehüllen: Neue Materialien und Komponenten**, Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft DPG, Arbeitskreis Energie, 02. bis 03. März 2009, Hamburg (mM).

R. Kastner, S. Braxmeier, U. Heinemann, **Vakuumisolationspaneele – Konstruktive Einbindung in die Gebäudehülle, Lösungsansätze in der Praxis**, 15. EnOB Workshop, „Bauphysikalische Bewertung von Konstruktionen in der Bauerneuerung – Simulation und Praxis“, 2./3. April 2009, Nürnberg.

U. Heinemann, (eingeladener Vortrag) **Hocheffiziente Dämmelemente zur Gebäudesanierung – Vakuumisolationspaneele (VIP) und Vakuumisoliertglas (VIG)**, Tegernseer Baufachtag, Veranstalter Deutsche Ingenieur- und Architekten-Akademie e.V. DIAA, 14.-15. Mai 2009 (mM).

R. Kastner, S. Braxmeier, U. Heinemann, **Vakuumisolationspaneele – Konstruktive Einbindung in die Gebäudehülle, praxisrelevante Aspekte**, Seminar für Zimmererausbilder an überbetrieblichen Ausbildungsstätten in Bayern und Sachsen, 17./20. Mai 2009, Würzburg.

U. Heinemann, **Wärmedämmung im 21. Jahrhundert: Vakuumisolationspaneele und Vakuumisoliertgläser**, Statusseminar EnOB: Forschung für Energieoptimiertes Bauen, 30.06. bis 02.07.2009, Würzburg (mM).

U. Heinemann, R. Kastner, S. Braxmeier,
VIP-PROVE - Vacuum insulation for buildings in the practical application,
9th International Vacuum Insulation Symposium, 17./18. September 2009, London, Great Britain.

U. Heinemann (eingeladener Vortrag), **Vakuum revolutioniert die Wärmedämmung - 5 bis 10fach bessere Werte**, 6. Innovationstag „Zukunft am Bau“, 5.11.2009, Magdeburg.

H.P. Ebert, **Vakuuinsolation im Bauwesen – VIP. Vakuumverglasung im Fensterbau – VIG**,
Kongress Frontal 09, 06.02.2009 in Karlsruhe (2009) (invited).

H.P. Ebert, **20 Jahre VIP-Entwicklung und VIP-Erfahrungen am ZAE Bayern**, Diskussionsrunde „Anwendung von VIP in der Baupraxis“ des Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im BBR Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, 25.05.2009 in Würzburg (2009).

H.P. Ebert, **Energieeffiziente Gebäudetechnologien**, Exkursion Uni Würzburg, Fachbereich Geographie, 16.07.2009 in Würzburg am ZAE Bayern (2009).

H.P. Ebert, **Funktionsmaterialien der Energietechnik**, Exkursion HFT Stuttgart, Fachbereich Bauphysik, 20.05.2009 in Würzburg am ZAE Bayern (2009).

H.P. Ebert, **Forschungsaktivitäten des ZAE Bayern im Bereich Bauphysik**, Exkursion FH Würzburg-Schweinfurt, Fachbereich Architektur, 08.10.2009 in Würzburg am ZAE Bayern (2009).

J. Fricke, H.P. Ebert, **Optimized Materials and Novel Concepts for Highly Efficient Insulations**, 30th International Thermal Conductivity Conference and 18th International Thermal Expansion Symposium Pittsburgh, USA 29.08.-02.09.2009 (2009).

Organisation oder Mitorganisation von Tagungen

Scientific Committee: **9th International Vacuum Insulation Symposium**, 17./18.09.2009, London, Great Britain.

Zeitungsartikel

Schlanke Strukturen, Wände mit Wärmeschutz, dpa-Artikel von Stephanie Hoenig, veröffentlicht in zahlreichen Zeitungen und Online-Medien 01/2009, z.B. Süddeutsche Zeitung 21.01.2009, oder Welt-Online 17.01.2009:

http://www.welt.de/welt_print/article3041679/Waende-mit-Waermeschutz.html .

Sonstiges

TV-Beitrag, TV touring, **Folge 6: Wärmedämmung**, in der Reihe **Mensch und Umwelt - Würzburg**, März 2009, <http://www.tvtouring.de/default.aspx?ID=6404> .

Zuarbeiten zu Artikel: Susanne Jacob-Freitag, **Im luftleeren Raum - Sanieren mit Vakuu-Isolations-Paneele**n, SchreinerZeitung Nr. 47 2009, Herausgeber: Verband Schweizerischer Schreinermeister und Möbelfabrikanten VSSM.

Im Jahr 2010:

Vorträge

(mM = mit Manuscript)

U. Heinemann, H. Weinsläder, H.-P. Ebert, R. Kastner (eingeladener Vortrag), **Wärmedämmung ist Energieeffizienz**, Vortragsreihe: Umweltverträgliches und nachhaltiges Bauen, Veranstalter: Naturschutzgruppe Taubergrund e.V., 23.März 2010, Bad Mergentheim.

U. Heinemann (eingeladener Vortrag), **Von der angepassten zur sich anpassenden Gebäudehülle - Materialien und Systeme -**, Workshop „Sensitive und reaktionsfähige Gebäude“, Leibniz Universität Hannover, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, 24. und 25. Juni 2010, Hannover

U. Heinemann (eingeladener Vortrag), **Wärmedämmungen für Kühlfahrzeuge: Stand der Technik und Wege für die Zukunft**, Jahrestagung der Transfrigoroute Deutschland und Transfrigoroute International, 28. und 29. Oktober 2010, Berlin.

H.-P. Ebert, **Materialentwicklungen und Trends von Fassadendämmstoffen**, Fachtagung der Bauakademie Sachsen "Energieeffiziente Gebäudehüllen", Reinsdorf / Zwickau 19.01.2010 (2010).

Organisation oder Mitorganisation von Tagungen

Scientific Committee: **Xth International Vacuum Insulation Symposium**, 15./16.09.2011, Ottawa, Canada.

Sonstiges

Zuarbeiten zu Artikel: Susanne Jacob-Freitag, **Im luftleeren Raum - Energetisch sanieren mit VIP als Innendämmung - sinnvoll oder nicht?**, Energie Spezial | Technik, DBZ 1|2010.

Zuarbeiten zu TV-Beitrag, **Neue Dämmstoffe**, in der Sendereihe „**ARD Ratgeber Bauen und Wohnen**“, Erstausstrahlung 11.07.2010 16:30 Uhr im Ersten.

Expertenbeiträge zu „Wissenschaft debattieren“, Onlineplattform zu den Bürgerkonferenzen Karlsruhe am 30./31. Oktober und 20./21.11.2010.



The screenshot shows a website titled "Deutschland Land der Ideen". The page is for "Ausgewählter Ort des Tages" (Selected Place of the Day). The main content is about "Nano For Energy, Würzburg" on Saturday, 17.01.2009. The text describes the vacuum packaging technology developed by ZAE Bayern, highlighting its energy efficiency and contribution to the environment. The page also includes a navigation menu, a sidebar with various links, and logos for Deutsche Bank and Medienpartner WELT GRUPPE.

Deutschland Land der Ideen

Home | Übersicht | Links | Impressum | Jobs | Seite 1

Die Initiative: **Ausgewählter Ort des Tages**

Projekte

- 365 Orte
- Projektvorstellung
- Ort des Tages
- Orte suchen
- Ideenführer

Meine Idee für Deutschland

Deutschland und China

Walk of Ideas

Welcome to Germany

Nachwuchsförderung

Power of Ideas

Der Verein

Presse

Partner

In Kooperation mit Deutsche Bank

Nano For Energy, Würzburg

Samstag, 17.01.2009
Veranstaltung: Tag der offenen Tür

Vakuumpackung

Manchmal entfalten winzige Dinge eine riesige Wirkung – so etwa die Nanotechnologie, bei der eine Haaresbreite schon ein vergleichsweise mächtiger Maßstab ist. Das Bayerische Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern) hat mit Hilfe dieser Technologie neue Methoden entwickelt, mit denen sich die Wärmeisolierung von Gebäudefassaden erheblich verbessern lässt. Mit den nanotechnologischen Innovationen des ZAE Bayern – der Vakuumdämmung und der Vakuumpackung – lässt sich bei einem Altbau bis zu Zweidrittel des Heizungsverbrauchs einsparen. In einer ersten Phase des Projektes ging es darum zu prüfen, ob eine solche Fassade überhaupt machbar ist. Die Antwort lautet ja, und ein Prototyp kann bereits an der Front des Instituts besichtigt werden. Die erste Umsetzung soll auch zeigen, dass Energieeffizienz und Ästhetik sich keinesfalls ausschließen. Das ZAE möchte die Hochleistungsverglasung bis zum Jahr 2011 zur Marktreife bringen. Die enorme Steigerung der Energieeffizienz spart nicht nur Geld – sie leistet auch einen großen Beitrag für die Umwelt.

Kategorie: Wissenschaft und Technik

Medienpartner
WELT
GRUPPE

Abbildung 47:
Das ZAE Bayern hatte sich beim bundesweiten Wettbewerb *Deutschland Land der Ideen* mit dem Thema „Nano for Energy, Vakuumpackung“ beworben und wurde am 17.01.2009 zum „Ausgewählten Ort des Tages“ gekürt.

(Quelle: http://www.land-der-ideen.de/CDA/ort_des_tages,1987,1,,de.html?action=detail&id=5676)

3 Fazit / Voraussichtlicher Nutzen der Arbeiten

Die Tatsache, dass eine ganze Reihe von Produkten in der Zwischenzeit eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erhalten haben, zeigt, dass die Vakuumdämmtechnik dem Versuchsstadium entwachsen ist. In den Bemessungswerten für die Wärmeleitfähigkeit - diese sind für den Planer maßgeblich - ist bereits die für die ersten 25 Jahre zu erwartende geringe Degradation der Dämmwirkung aufgrund eindringender Gase berücksichtigt. Auch der Wärmebrückeneffekt stumpf gestoßener Paneele ist bereits in dem Bemessungswert enthalten. Lag der Bemessungswert bei den ersten Zulassungen noch bei $0,010 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, so liegt dieser bei den meisten Herstellern bei jüngeren Zulassungen bei nur noch $0,007 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, ein klares Zeichen dafür, dass auch im Rahmen der bauaufsichtlichen Zulassungen die Dauerhaftigkeit der Dämmtechnik nachgewiesen werden konnte. Da die Alterungseffekte wie auch der Einfluss des erhöhten Wärmedurchgangs im Randbereich für die kleinsten zugelassenen Paneele, bei denen diese Effekt besonders ungünstig sind, ermittelt wurden, dürften in der Baupraxis mit dem Einsatz größerer Paneele noch bessere Dämmwerte realistisch sein, vorausgesetzt Planung und Einbau wurden mit der nötigen Sorgfalt durchgeführt.

In Übereinstimmung mit der im Rahmen dieses Vorhabens gefundenen Ergebnisses, dass Auffälligkeiten bei den untersuchten Objekten in den allermeisten Fällen auf eine unsachgemäße Verarbeitung, der Beschädigung der Vakuumschicht zurückzuführen sein dürften, hat das DIBt in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für VIP-Produkte vorgeschrieben, dass der Einbau von VIP-Elementen nur durch geschultes Fachpersonal erfolgen darf: Personal, das nachweislich ausreichende Erfahrung für den sorgfältigen Umgang bei der Handhabung der VIP-Elemente mitbringt.

Um das Vertrauen in die Vakuumdämmtechnik noch weiter zu stärken, haben sich Hersteller in einer Güteschutzgemeinschaft zusammengeschlossen und führen weitere Maßnahmen zum Nachweis einer gesicherten Qualität durch oder bieten Funktionsprüfungen an jedem einzelnen Paneel, welches eingebaut, aber noch offen zugänglich ist, vor Ort an.

Durch zahlreiche Veröffentlichungen und Fachbeiträgen dürfte die Vakuumdämmtechnik inzwischen einem deutlich größeren Kreis von Baubeteiligten bekannt sein. Insbesondere die im Rahmen dieses Vorhabens erarbeiteten, frei verfügbaren Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung sind die Basis für eine qualifizierte Weiterverbreitung des Wissens um die Potentiale, aber auch um die Besonderheiten dieser Hochleistungsdämmtechnik.

