



**EnOB**

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



**ViBau**



**VIP-BAU.DE**

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau



ZAE BAYERN

# Vakuumdämmung im Bauwesen

## Block II

## Grundlagen der VIP-Technologie

angefertigt von der Wolfgang Sorge IfB GmbH / Nürnberg  
im Auftrag des ZAE Bayern / Würzburg

Stand: August 2009

Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

© ZAE Bayern



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Nutzungsbedingungen

## 1) Urheberrechtshinweis:

Copyright ©

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V. (ZAE Bayern)

Am Hubland

97074 Würzburg

Alle Rechte vorbehalten.

Alle Urheberrechte der Webseite [www.vip-bau.de](http://www.vip-bau.de) und der vorliegenden Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung liegen beim ZAE Bayern.

Diese Webseite, sowie die darauf eingestellten Dokumente dürfen kopiert, ausgedruckt und verteilt werden, vorausgesetzt:

- Sie werden nur zu Informationszwecken - insbesondere für die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern - und nicht kommerziell verwendet, und
- jede Kopie - auch Auszüge - enthält den vorgenannten Urheberrechtshinweis.

## 2) Haftungshinweis:

Das ZAE Bayern haftet nicht für die Inhalte externer Links, dafür sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Das ZAE Bayern ist bemüht, sein Webangebot stets aktuell und inhaltlich richtig sowie vollständig anzubieten. Dennoch ist das Auftreten von Fehlern nicht völlig auszuschließen und das ZAE Bayern übernimmt daher keine Haftung für die Aktualität, die inhaltliche Richtigkeit sowie für die Vollständigkeit der eingestellten Informationen und Dokumente.

Geschützte Marken, Namen, Bilder und Texte werden in der Regel nicht als solche kenntlich gemacht. Das Fehlen einer solchen Kennzeichnung bedeutet aber nicht, dass es sich um einen freien Namen, ein freies Bild oder einen freien Text handelt.

## 3) Hinweis auf Fördermittelgeber:

Der Aufbau und die Pflege der Informationsplattform [www.vip-bau.de](http://www.vip-bau.de), wie auch die Ausarbeitung von Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung werden und wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Forschungsschwerpunkts EnOB - Forschung für Energieoptimiertes Bauen - mit dem Forschungsakzent ViBau gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichungen liegt bei den Autoren.



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Gliederung I

---

- Motivation
  - Motivation für VIP
  - Historie der Vakuumdämmung
  - Wärmetransport in Wärmedämmstoffen
  - Prinzip der Vakuumdämmung



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

## Gliederung II

---

- Aufbau und Herstellung von Vakuumisolationspaneelen (VIP)
- Vor- und Nachteile von VIP
- Einsatzgebiete von VIP
- Praxisbeispiele mit VIP
- Zusammenfassung



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Motivation

---

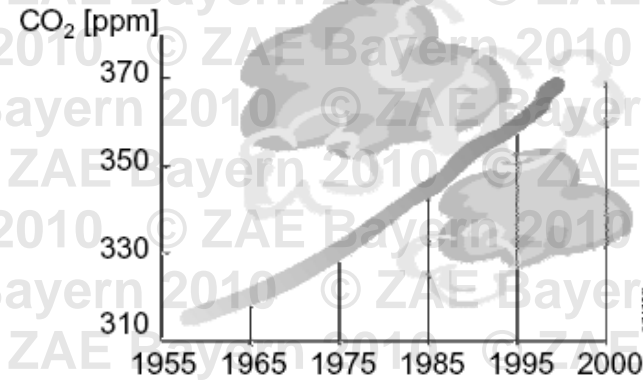
## ■ Warum Dämmen?

- komfortableres Wohnklima,
- schützen der Baukonstruktionen,
- reduzieren des Energiebedarfs,
- reduzieren der CO<sub>2</sub> Emissionen.

# Motivation

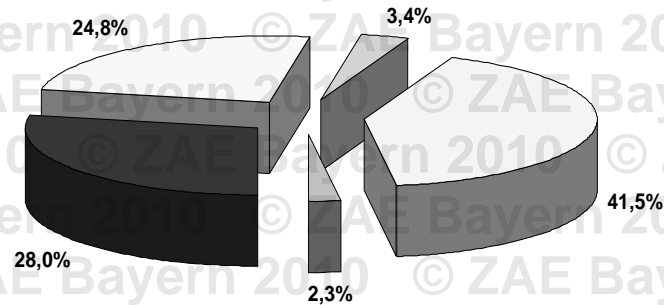
## ■ Warum Dämmen?

➤ Anstieg der globalen  
CO<sub>2</sub> - Konzentration



Quelle: NOAA

➤ CO<sub>2</sub> - Emissionen  
nach Bedarfsarten  
in Deutschland 2001

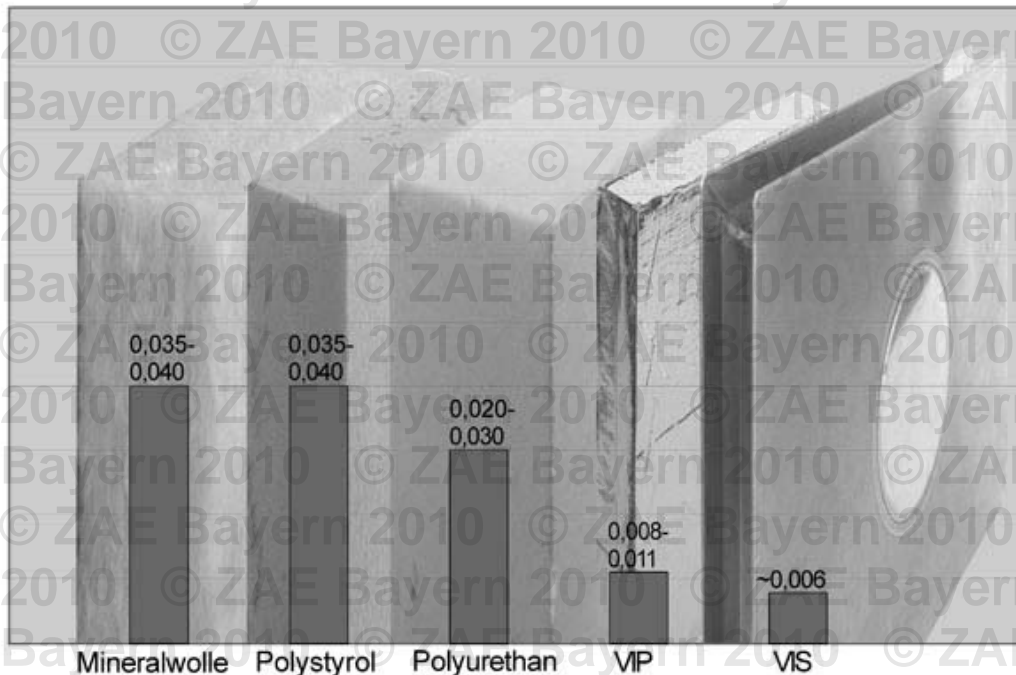


■ Raumheizung   □ Prozesswärme   ■ Beleuchtung  
□ Mechanische Energie   ■ Information

Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

# Motivation für VIP

- Warum mit VIP Dämmen?
  - sehr geringe Wärmeleitfähigkeit



Quelle: Vakuumdaemmung.de

# Motivation für VIP

- Warum mit VIP Dämmen?

- geringe Wärmeleitfähigkeit = geringe Dämmstoffdicke!



Mineralwolle  
d=200mm

EPS  
d=200mm

XPS  
d=175mm

Vacupor®  
d=25mm

Quelle: Porextherm GmbH



# Historie der Vakuumwärmedämmung

- ca. 1890 Dewargefäße von James Dewar,
- 1904 Prinzip Thermoskanne,
- 1930 erstes Patent über VIP, Hemman,
- 1964 Patent über nanoporöse Kerne,  
flache, evakuierte Isolationen,  
erstmalige Anwendung von  
**Hochbarrierelaminaten** für die Hülle,
- 70er Jahre Einsatz in Kühl- und Tiefkühlgeräten,
- 90er Jahre Anwendungen im Baubereich, ZAE Bayern.
- 1998
- Einsatz für technische Anwendungen u. a. im Automotive-Sektor,  
in der Luft- und Raumfahrt.



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen

ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Wärmetransport in Wärmedämmstoffen

## ■ Was ist ein Dämmstoff?

- Definition nach DIN 4108 (Wärmeschutz im Hochbau):  
*Dämmstoffe sind Materialien, deren Wärmeleitfähigkeit kleiner oder gleich  $0,10 [W m^{-1}K^{-1}]$  ist.*

## ■ Übersicht über die häufigsten im Bauwesen eingesetzten Dämmstoffe:

- Mineralwolle,
- expandierter Polystyrol-Hartschaum (EPS),
- Polyurethan (PUR),
- extrudierter Polystyrol-Hartschaum (XPS),
- nachwachsende Rohstoffe (Schafwolle, Hanf, Stroh,...).

# Wärmetransport in Wärmedämmstoffen

- Wärmeleitfähigkeiten im Vergleich:



Quelle: Dissertation, Cremer, J.

# Wärmetransport in Wärmedämmstoffen

---

- Kerneigenschaft von Wärmedämmstoffen:
  - möglichst umfassende Behinderung des Wärmetransportes.
- Definition Wärmetransport:
  - Energiefluss von der wärmeren (energiereicheren) zur kälteren Seite.
- In Dämmstoffen 3 Wege des Wärmetransportes:
  - Wärmetransport über das Festkörpergerippe,
  - Wärmeleitung über das ruhende (nicht konvektierende) Gas,
  - Infrarotstrahlungstransport.
  - Konvektion, ein an den Stofftransport gebundener Wärmetransport, ist in Dämmstoffen weitgehend unterdrückt.

# Prinzip der Vakuumdämmung

- **Belastung durch Atmosphärendruck:**

- 10 t/m<sup>2</sup>.

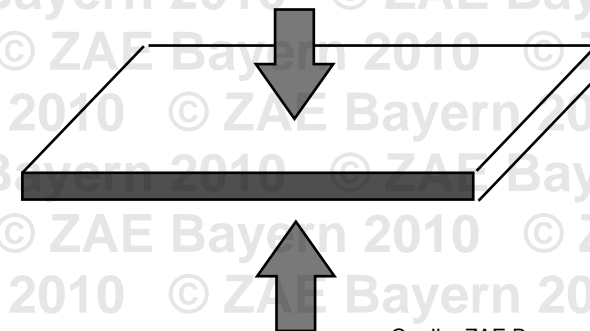
- **Thermoskanne:**

- Hohlraum evakuiert,  
Low- $\varepsilon$  beschichtete Wände,  
 $\lambda = 0,0001$  bis  $0,005 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ,
  - Lastabtrag über Zylinder.



- **Vakuumisolationspaneel VIP:**

- $\lambda \approx 0,001$  bis  $0,007 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ,
  - Lastabtrag über Stützkern.



Quelle: ZAE Bayern

# Prinzip der Vakuumdämmung

## ■ Funktionsprinzip:

### ➤ Grundsatz:

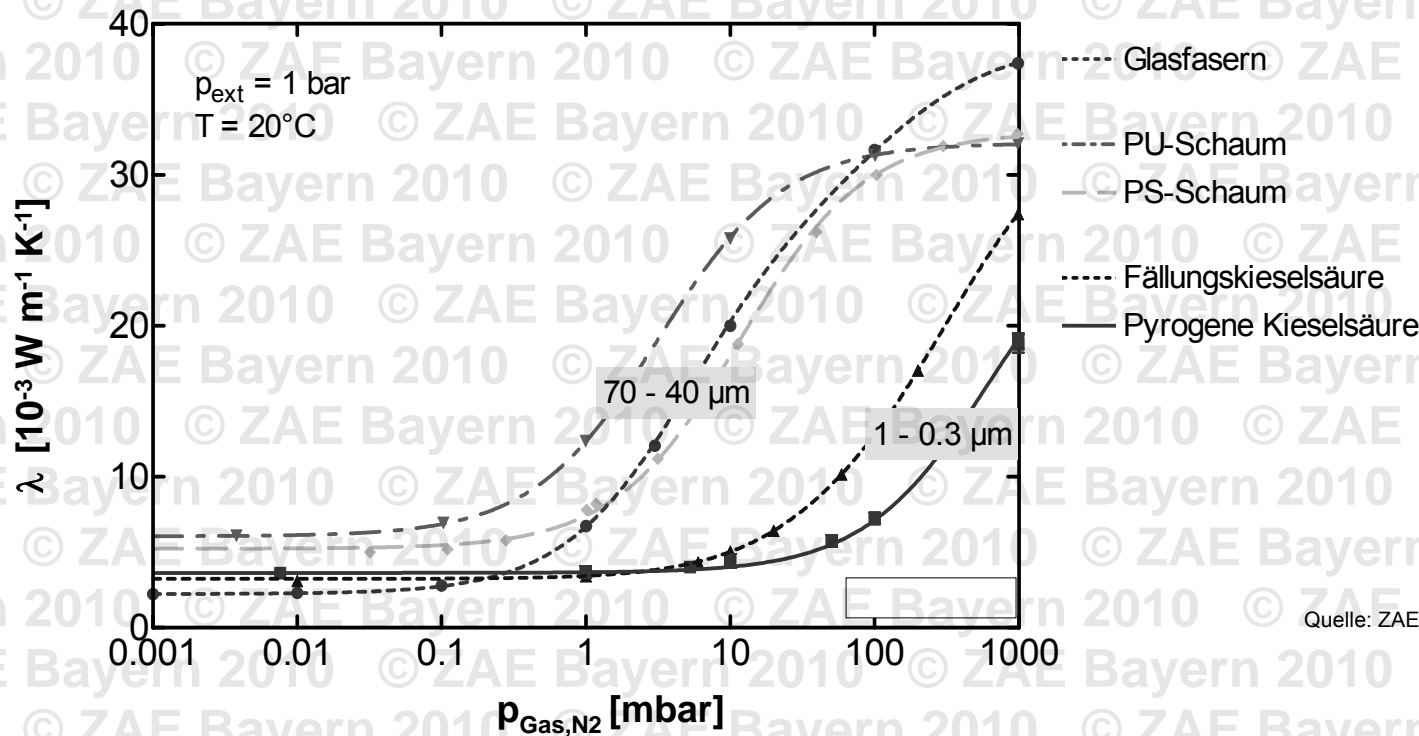
$$\lambda = \lambda_{\text{Festk.}} + \lambda_{\text{Strahlung}} + \lambda_{\text{Gas}} + \lambda_{\text{Kopplung}}$$


### ➤ Gaswärmeleitfähigkeit abhängig vom Gasdruck im Kern und der „Porengröße“,

### ➤ „Vakuum“ muss dauerhaft auf ausreichend niedrigem Druckniveau erhalten bleiben.

# Prinzip der Vakuumdämmung

- Wärmeleitfähigkeit abhängig vom Gasdruck im Kern:



Quelle: ZAE Bayern

# Aufbau und Herstellung von VIP

- In vielerlei Hinsicht vergleichbar mit einem Fenster:

- Planungsaufwand, Standardgrößen ↔ Maßanfertigung,
- erhöhter Wärmedurchgang am Rand,
- empfindlich gegen Beschädigung.

**VIP = Kernmaterial + Hülle**

- Anforderungen an das Kernmaterial:

- evakuierbar, d.h. offenporig,
- druckbelastbar,
- sauber, so dass kein Ausgasen.



# Aufbau und Herstellung von VIP

- In vielerlei Hinsicht vergleichbar mit einem Fenster:

- Planungsaufwand, Standardgrößen ↔ Maßanfertigung,
- erhöhter Wärmedurchgang am Rand,
- empfindlich gegen Beschädigung.

**VIP = Kernmaterial + Hülle**

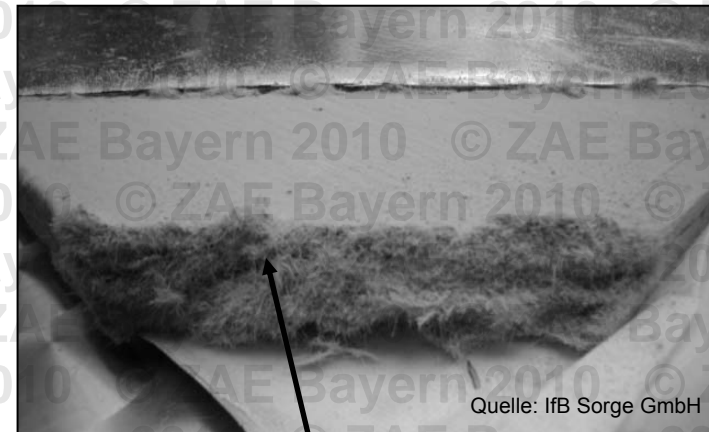
- Anforderungen an die Hülle:

- ausreichend dicht bezüglich Wasser und trockene Gase,
- geringe Wärmeleitfähigkeit (Wärmebrücke im Randbereich),
- mechanisch robust,
- resistent gegen Temperaturschwankungen,
- schlechte Brennbarkeit.

# Aufbau und Herstellung von VIP

## ■ Mögliche Kernmaterialien:

- Glas- oder Mineralfasern,
- Pulver:
  - Aerogele,
  - Perlite,
  - Fällungskieselsäure,
  - pyrogene Kieselsäure;
- Offenporige Schäume:
  - Polystyrol,
  - Polyurethan.



Quelle: IfB Sorge GmbH

Evakuierter Kern aus  
nanoporösem SiO<sub>2</sub>  
(Kieselsäure)



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen

ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Aufbau und Herstellung von VIP

## ■ Hülle I:

### ➤ Anforderung:

- ausreichende Dichtheit  
(ausreichend niedriges Druckniveau  
über die Einsatzdauer des VIP),
- Sicherstellung der geforderte  
Funktionsdauer im Bauwesen  
(mehrere Jahrzehnte);

### ➤ Kunststoffhochbarrierelaminat:

- spezielle mehrlagige Laminat,
- drei bis vier jeweils ca. 10 bis 20 Nanometer  
dünne Metallisierungen,
- in Kombination mit nanostrukturierter pyrogener Kieselsäure  
(geringste Anforderung an den zulässigen Restgasdruck).





EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Aufbau und Herstellung von VIP

## ■ Hülle II:

### ➤ kunststoffkaschierte Aluminiumfolien:

- Schichtdicke des Aluminiums zwischen 6 und 12  $\mu\text{m}$ ,
- Einsatz anderer, gröber strukturierter Kernmaterialien möglich,
- gute Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums führt zu größerem Wärmebrückeneffekt im Randbereich der VIP;

Vorteil der beiden vorgenannten Verbundfolien:

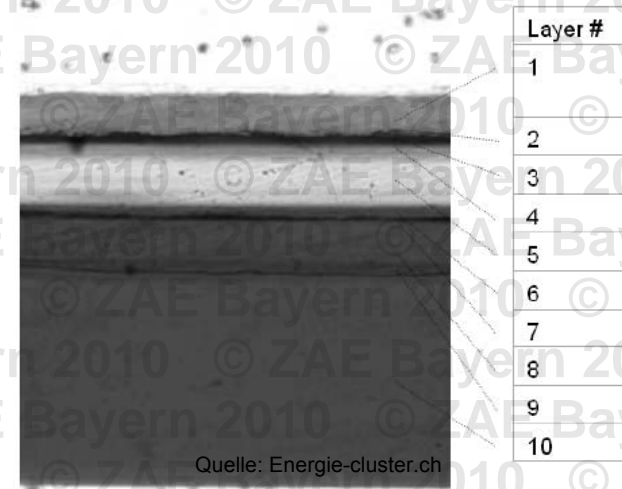
flexible und kostengünstige Verarbeitung über Heißsiegeln.

- **Hüllen allein aus Glas oder Metall** sind so dicht, dass auch alle anderen Füllmaterialien eingesetzt werden können, jedoch aufwendig in der Verarbeitung.

# Aufbau und Herstellung von VIP

## ■ Hüllmaterial:

- Glas,
- Metallblech und -folien,
- kaschierte Aluminiumfolien,
- metallisierte Kunststofflaminate.



Layer #	Material	Function	Thickness
1	PET	Protecting layer (substrate for 2)	12 µm
2	ALU	Barrier layer	30 nm
3	PUR	Glue	2 µm
4	ALU	Barrier layer	30 nm
5	PP	Substrate for 4	18 µm
6	PUR	Glue	2 µm
7	ALU	Barrier layer	30 nm
8	PET	Substrate for 7	12 µm
9	PUR	Glue	2 µm
10	PE-LD	Sealing layer	60 µm



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen

ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Vor- und Nachteile von VIP

---

## ■ Vorteile von VIP im Einsatz:

- gegenüber konventionellen Dämmstoffen Faktor 5 bis 10 niedrigere Wärmeleitfähigkeit,
- neue gestalterische und konstruktive Möglichkeiten mit schlanken Dämmschichtdicken,
- Raumgewinn,
- neue Möglichkeiten bei der Altbausanierung,
- technischer „Problemlöser“,
- derzeit Möglichkeit von Förderungen.

# Vor- und Nachteile von VIP

---

## ■ Nachteile von VIP im Einsatz:

- Vakuumschicht empfindlich gegen mechanische Verletzung,
- „klassischer“ Offen-Einbau beim Bau sehr heikel,
- kein „Zuschnitt“ möglich → Planungsaufwand,
- aufwendige Planung und Verarbeitung:  
Verlegeplan, Anschlüsse, Schutzschichten,  
Lagerung, Verlegung, usw.,
- Wärmebrückeneffekte kritischer als bei  
konventioneller Dämmung,
- Preis.



EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen

ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Einsatzgebiete von VIP

---

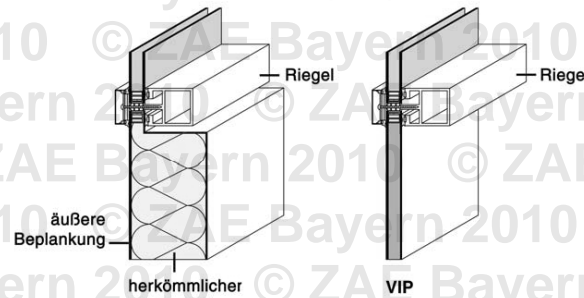
## ■ Neubau:

- Sandwichkonstruktionen z. B. aus Beton und VIP,
- Ziegel- Mauerwerkskonstruktionen (VIP als Zwischenschicht),
- Holztafelelemente mit VIP als Kerndämmung,
- hochwertige Türelemente mit VIP,
- Fassadenelemente für Pfosten-Riegel-Konstruktionen,
- Integration von VIP in Wärmedämmverbundsysteme,
- Dämmung von Terrassen, Balkonen und begehbaren Flachdächern.



# Praxisbeispiele mit VIP

## ■ Neubau:





EnOB

Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

# Einsatzgebiete von VIP

---

## ■ Altbausanierung:

- Fußbodensanierung,
- Dämmen von Laibungen und Stürzen,
- Außendämmung von Fassaden,
- Innendämmung von Fassaden.

# Praxisbeispiele mit VIP

- Altbausanierung:



Quellen: IEA Annex39, und Porextherm GmbH



Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



# Zusammenfassung

---

- In VIP werden extrem niedrige Wärmeleitfähigkeiten mit bis zu 10-fach besserer Dämmwirkung als bisher erzielt,
- vorsichtiges Handling und Schutz der VIP erforderlich,
- Wärmebrücken deutlich kritischer als bei konventionellen Wärmedämm Lösungen,
- VIP wurden an verschiedenen Demoprojekten erfolgreich eingesetzt, eine Marktreife bewiesen,
- VIP kann vielseitig, insb. als Problemlöser eingesetzt werden,
- großes Potenzial in naher Zukunft.

Weitere Informationen: <http://www.vip-bau.de>



Der Aufbau und die Pflege dieser Internetseiten werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.



Forschung für  
Energieoptimiertes Bauen



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

# Vakuumdämmung im Bauwesen

## Grundlagen der VIP-Technologie

Fragen?



Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

© ZAE Bayern