

# Vakuum-Dämmung “State of the Art”

IEA/ECBCS Annex 39

*Markus Erb*

*Operating Agent Annex 39*



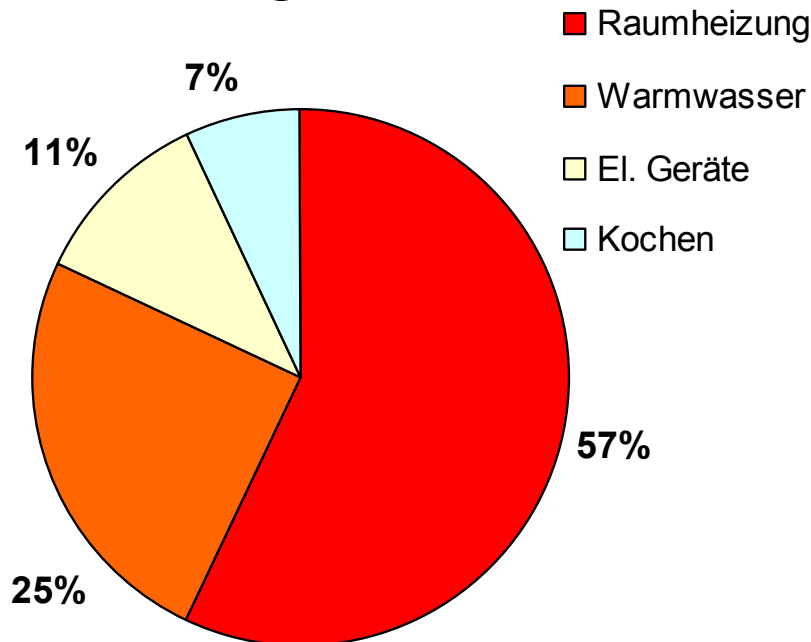
# Überblick

- **Einleitung**
  - Warum Vakuum-Dämmung (VIP) für Gebäude
  - Annex 39
- **Resultate**
  - Aufbau von VIP
  - Lebensdauer und Einflussfaktoren
  - Wärmebrücken
  - Praxisbeispiele
- **Ausblick / Erfolgsfaktoren**

# VIP in Gebäuden – EU-Energieverbrauch

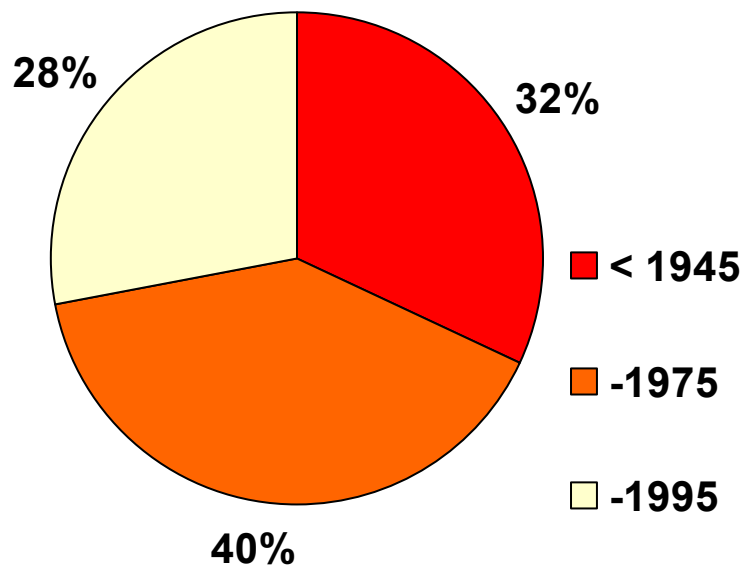
Totaler EU Verbrauch: Gebäude 40%, Raumheizung 25%

## Wohngebäude



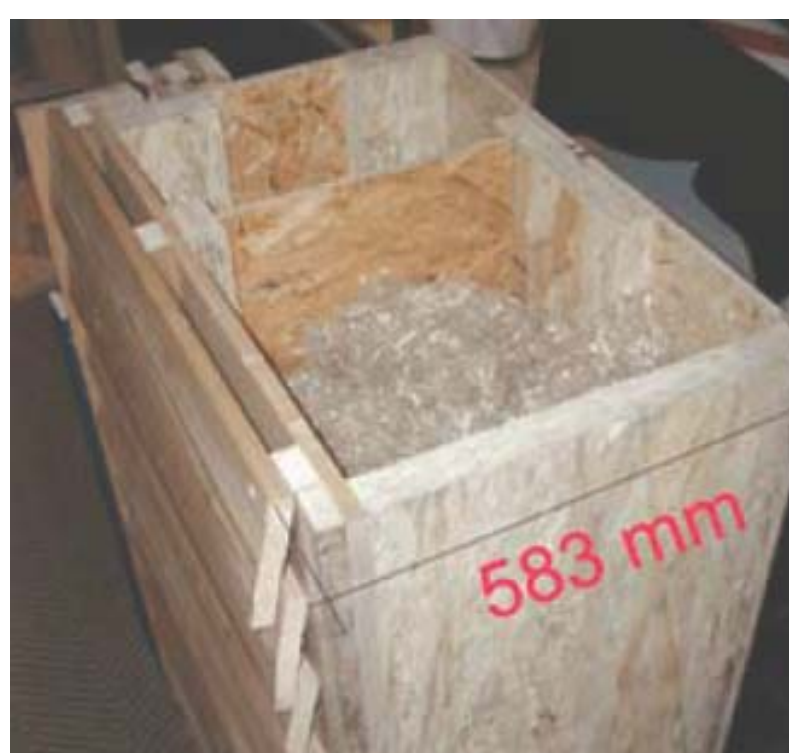
# VIP in Gebäuden - Sanierung

## EU-Gebäudebestand



ca. 50% des EU-Gebäudeparks ist nicht gedämmt (1997)

## VIP in Gebäuden - Niedrigenergiegebäude



Ziel: Schlanke Konstruktionen  $\Rightarrow$  Platzersparnis / Ästhetik

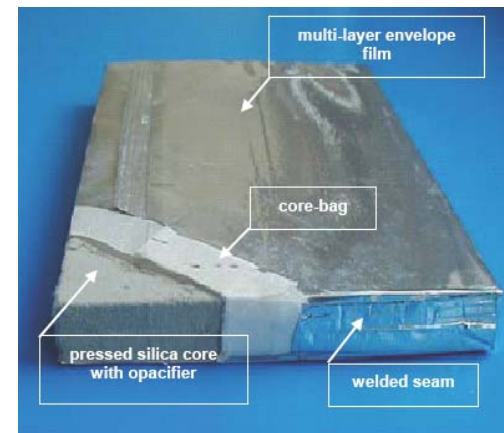
## IEA/ECBCS Annex 39

### *„High Performance Thermal Insulation“*

- Initiiert und geleitet durch die Schweiz
- Dauer: 2001 – 2005
- Ziele: Koordinieren internationaler Aktivitäten, Einbezug neuer Länder (Institute +Firmen) in Forschung und Entwicklung, Erarbeiten unabhängiger Information.
- Schlussberichte: [www.vip-bau.ch](http://www.vip-bau.ch)

## Aktivitäten in Annex 39

- **Subtask A: Paneele** (ZAE-Bayern)
  - Analyse von VIP-Komponenten (Kern- & Hüllenmaterialien)
  - Untersuchungen an Paneelen (Alterung, Qualitätssicherung und Produktedklärung)
  
- **Subtask B: Anwendung** (FHBB)
  - Initiieren und Begleiten von Entwicklungsprojekten bei Firmen
  - Ökonomische und ökologische Analysen
  - Empfehlungen für Anwender



## Teilnehmer in Annex 39

- **CAN:** National Research Council (NRC)
- **FRA:** Scientific and Technical Centre for Construction (CSTB)
- **GER:** - Bayrisches Zentrum für angewandte Energieforschung (ZAE-Bayern),  
- Fraunhofer Institut (IVV: Process Engineering and Packaging)
- **NED:** Technische Universität Delft (TU Delft)
- **SWE:** Royal Institute of Technology (KTH)
- **SWI:** - Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA)  
- Dr.Eicher+Pauli AG (E+P)  
- Institut für Energie der Fachhochschule Basel (FHBB)



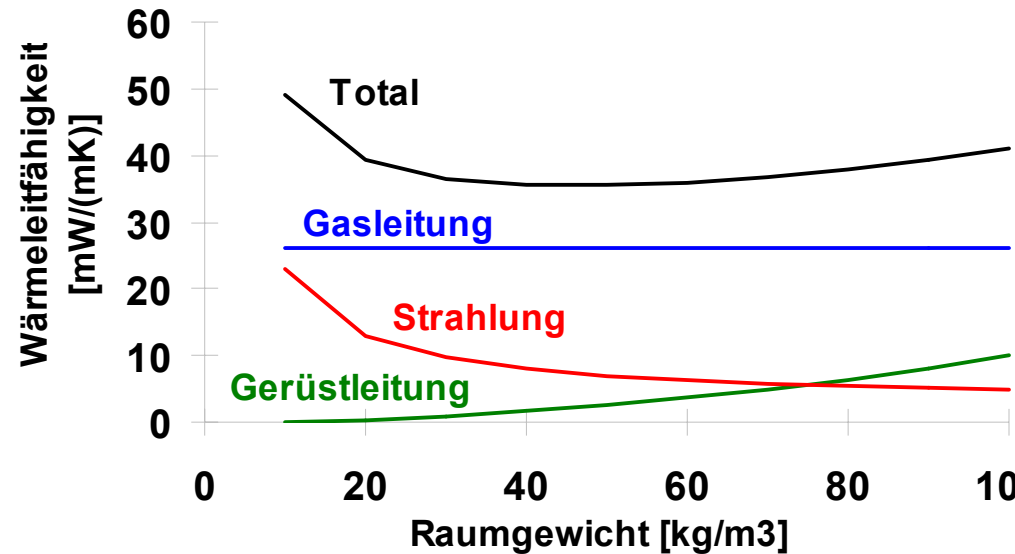
## Normale vs. Hochleistungs-Dämmstoffe

### Reduktion von $\lambda$

- Eliminieren der **Gasleitung**  
 ⇒ **Evakuieren** von nano-strukturiertem Material:  
 (heute meist **pyrogene Kieselsäure**)
- Unterdrücken der **Strahlung**  
 ⇒ **Trübungsmittel**

⇒ **Vakuum Dämmung**  
**4 mW/(mK)**

Komponenten der Wärmeleitfähigkeit  
 Als Funktion vom Raumgewicht



# Aufbau von Vakuum Paneelen

## Komponenten

- **Kern:** Grösste Poren um 100 nm, Oberfläche > 200 m<sup>2</sup>/g (hydrophil), Dichte 160 - 190 kg/m<sup>3</sup> (druckfest)
- **Hüllfolie:** Mehrfach Metallisierte Polymerfolien (kaschierte Alufolie, Chromstahl)



# Lebensdauer von VIP

## Innendruck > kritischer Wert (40 – 80 mbar)

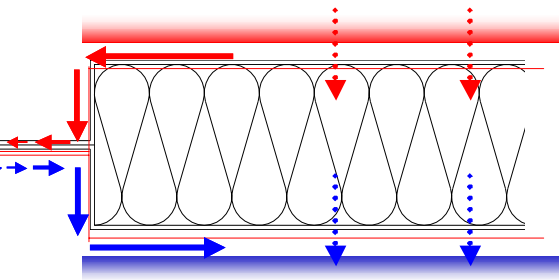
- **Alterung der Materialien:** Es sind *heute* keine kritischen Prozesse bekannt.
- **Kontinuierliche Permeation:**
  - **Wasserdampf:** 1000-mal schneller als Luft, während Lebensdauer wird Gleichgewicht mit Umgebung erreicht  
Unter Normalbedingungen (ca.  $p_{H_2O}$  20 mbar): + 4 M-%  
⇒ + 2 mW/(mK)
  - **Luft** (trockene Gase): stark abhängig von Temperatur, Randeffect  
⇒ + 0.5 bis 1.5 mbar pro Jahr

# Auslegung von VIP (CH-Empfehlung)

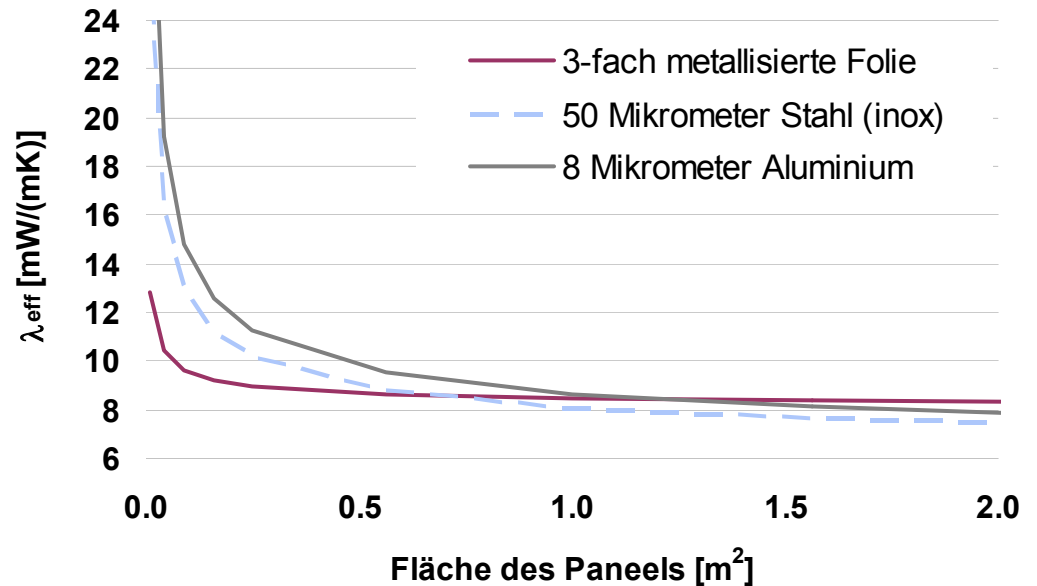
$$\lambda_{eff} = \lambda_{cop} + \Psi_{VIP} \cdot d \cdot p / A$$

$\lambda_{cop}$ :	centre-of-panel Wärmeleitfähigkeit	[W/(m·K)]
	<b>Alu-Folie:</b>	<b>0.006</b>
	<b>Metallisierte Folie:</b>	<b>0.008</b>
$d$ :	Dicke des VIP	[m]
$A$ :	Oberfläche des VIP	[m <sup>2</sup> ]
$p$ :	Umfang des VIP (Perimeter)	[m]
$\Psi_{VIP}$ :	Linearer Wärmebrückenzuschlag	[W/(m·K)]

## Wärmebrücken - Hüllfolien

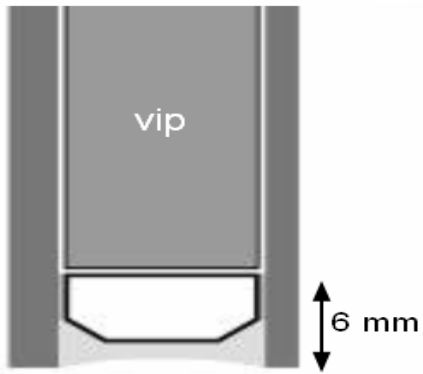


$\lambda_{\text{eff}}$  bei versch. Hüllmaterialien

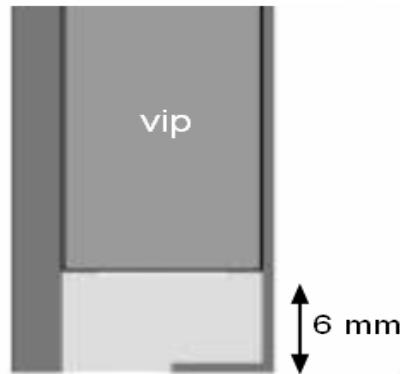


## Konstruktive Wärmebrücken - Spacer

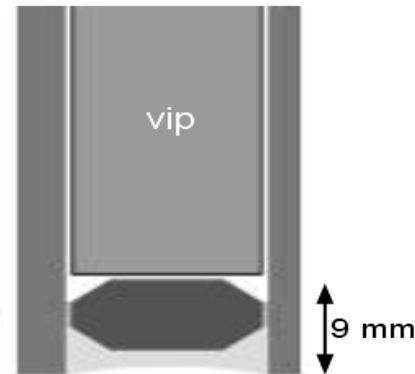
### Aluminium



### Butyl



### Thermoplast



# Beispiel – Sanierung (Passivhaus)

## *Anwendung*

30 mm fugenlos gestossen / verklebt

**Innenwände:** vor Ort eingebaut

**Lukarne:** vorgefertigtes Element

## *Bauphysik*

Risikoreich (Kondensat)

## *Fazit des Architekten*

Teure aber ästhetisch gute Lösung.

Vorfabrikation wird als einzig vernünftige Lösung beurteilt.



# Beispiel – Sanierung einer Terrasse

## **Aufbau**

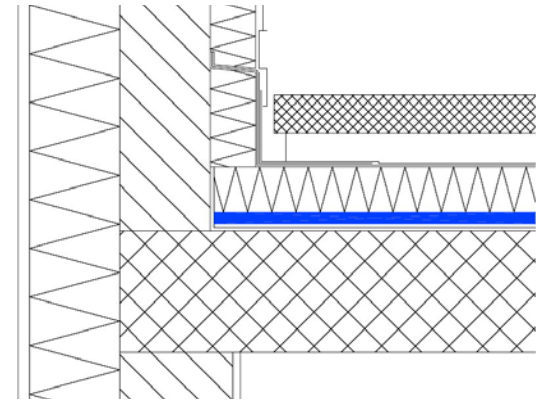
Gehwegplatten / Stelzlager (Entwässerung)  
30 mm / PU Platten 60 mm / VIP 15 mm / PE  
Schaummatte 5 mm / Abdichtung /  
Betondecke

## **Bauphysik**

Versch. dampfsperrende Ebenen  $\Rightarrow$  kaum  
Kondensatrisiko

## **Fazit des Architekten**

Teuer





# Beispiel – Aussendämmung

## *Aufbau von innen*

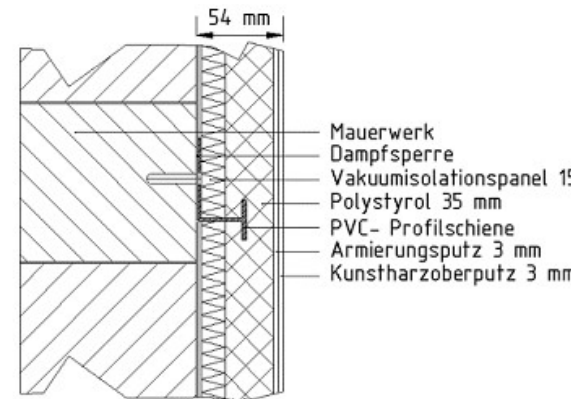
4 cm dicke Dämmschicht (BHS) / 30 cm  
Bruchstein / Dampfsperre / 15 mm VIP  
(Profilschienen) / 35 mm XPS / Putzsystem

## *Bauphysik*

Feuchtemessung im Deckenaufleger ergaben  
niedrige Werte

## *Fazit des Systemanbieters*

Grundsätzlich positiv (System wird am Markt  
angeboten). Nachteil: Einzelzulassung (GER).



# VIP in Gebäuden - Ausblick

## Heutige Situation

- **Paneele** – VIP (Folienhülle) Eigenschaften sind bekannt. Produktion wurde professionalisiert und (einige) qualitätssichernde Massnahmen ergriffen.
  - ⇒ **Bezüglich Lebensdauer sind VIP für die meisten Bauanwendungen geeignet!**
- **Anwendung** - Ein reicher Erfahrungsschatz wurde im Laufe von vielen Anwendungen gesammelt und dienen heute als Basis für die Entwicklung neuer VIP-basierter Systeme.
  - ⇒ **VIP ist in einige Nischenmärkte eingedrungen und i.b. in Europa laufen verschiedenste Entwicklungsprojekte.**

# Schlüsselfaktoren für breiteren Erfolg

Wenn die VIP-Technologie über seinen heutigen Status als **Problemlöser in einigen Nischenmärkten** hinauskommen will, dann sind zwei Faktoren von grosser Wichtigkeit:

**+ Vertrauen**

**- Kosten**

# Vertrauen

## Gute Produkte – richtig konstruierte Systeme “VIP inside”

### • Qualitätssicherung

- Alle Schritte der Prozesskette von Produktion bis Installation müssen analysiert werden (Innendruckmessung in Paneelen) bis alle Schwachstellen eliminiert sind.
- Heutige Messgeräte sind nur bedingt dafür geeignet. Neues System (wireless) ist in absehbarer Zeit verfügbar.

### • Produktedeklaration und Zertifizierung

- Produzenten müssen ihre Produkte vollständig und nach einheitlichen Richtlinien (vergleichbar) deklarieren.
- Zuständige Stellen müssen ihre Zertifizierungsmethoden und Auslegungsrichtlinien an VIP und VIP-Systeme anpassen.

# Kosten - VIP vs. konventionelle Dämmung

- **Vollkostenanalysen** (Platzersparnis: Gebäude und Grundstück) zeigen, dass VIP bereits bei heutigen Preisen in vielen Anwendungen konkurrenzfähig ist.
- **In der Praxis** vergleichen die Leute aber meist nur Komponentenpreise (z.B. Fassadepreise).
- Um diesem Problem beizukommen, müssen die **VIP-Preise** reduziert werden.  
*Heute: 1 cm VIP ca. 40-60 Euro pro m<sup>2</sup>*

# Kostenreduktionspotentiale

- **Produktion: Automation** ++  
*(nur bei Massenproduktion möglich)*
- **Materialien:**
  - **Hüllfolien** + (?)
  - **Kernmaterial** + + +  
(Teilweiser) Ersatz der Kieselsäure durch billigeres  
(weniger poröses) Material  
⇒ **dichtere Folien** sind unabdingbar (OLED)

**Ende**

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

Für weitere Informationen und Download der  
Schlussberichte:

**[www.vip-bau.ch](http://www.vip-bau.ch)**