



EnOB

Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau



ZAE BAYERN

Vakuumdämmung im Bauwesen

Block III

Bauphysik

Teil 3/4: Schallschutz

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

Stand: September 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 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, 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

- Bauakustik - Grundlagen
- Messung der Schalldämmung von VIP
- Berechnung der Schalldämmung von VIP
- Zusammenfassung

Bauakustik - Grundlagen

■ Ausbreitung von Schall:

- Schallwellen sind longitudinale Druckwellen,
- Ausbreitung in Gasen durch Deformation der Teilchendichte,
- Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Wechselwirkung mit den Gasmolekülen,
- je geringer der Gasdruck, desto schlechter die Schallausbreitung,
- Schallgeschwindigkeit c :
 - in Vakuum: $c \approx 0$ m/s (keine Übertragung),
 - in Luft bei 0 °C: $c \approx 331$ m/s,
 - In Wasser bei 15 °C: $c \approx 1.464$ m/s.



Bauakustik - Grundlagen

■ Baulicher Schallschutz:

- über 70 % der Bevölkerung fühlen sich durch Lärm gestört,

Quelle: Trendbefragung für Immobilienscout 24, Innofact 03/2008

- Unterscheidung zwischen:

- aktive Maßnahmen:

Maßnahmen gegen die Schallentstehung,

- passive Maßnahmen:

Maßnahmen, die die Schallübertragung außerhalb oder innerhalb eines Gebäudes zu einem schutzbedürftigen Raum verringern.



Bauakustik - Grundlagen

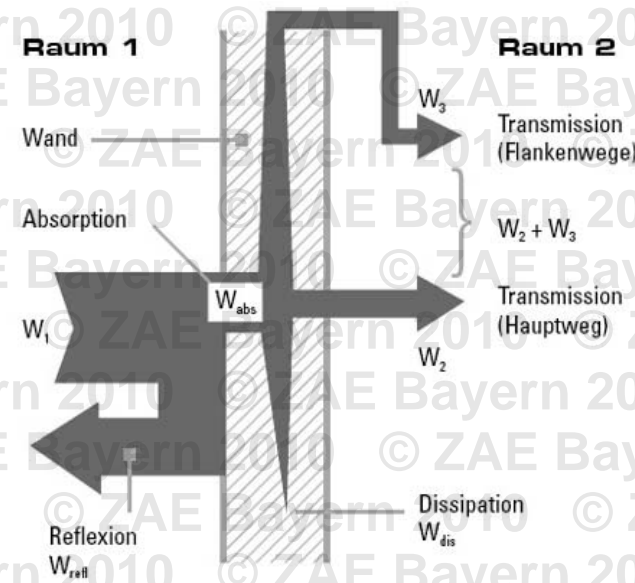
- Mindestanforderungen:

- DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ - Wohngebäude:

<i>Bauteil</i>	<i>erf. bew. Schalldämmmaß R'_w in dB</i>	<i>erf. Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ in dB</i>
Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 53	≤ 53
Wohnungstrenndecken und Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten	≥ 54	≤ 53
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 53	-
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 52	-
Treppenläufe und -podeste	-	≤ 58
Türen, die von Hausfluren oder Treppenträumen unmittelbar in Aufenthaltsräume - außer Flure und Dielen - von Wohnungen führen	≥ 37	-

Bauakustik - Grundlagen

- **Schalldämmung:**
 Der bauliche Schallschutz gliedert sich in
 - **Luftschalldämmung:**
 Verringerung der Luftschallübertragung durch z. B. biegeeweiche Vorsatzschale,
 - **Trittschalldämmung:**
 Verringerung der Körperschallübertragung über den Fußboden durch z. B. „schwimmenden Estrich“ auf der Rohdecke,
 - **Schallabsorption:**
 Verringerung der Schallreflexion innerhalb eines Raumes.



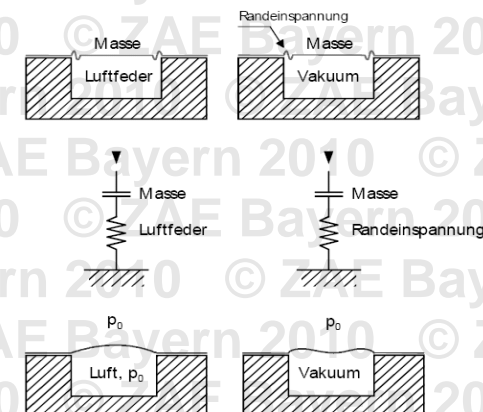
Bauakustik - Grundlagen

■ Feststellung der Schalldämmung:

- Messverfahren:
 - in situ - Messung,
 - Labor - Messung:
 - Türprüfstand,
 - Fensterprüfstand,
- Berechnungsverfahren:
 - Berger'sches Massengesetz,
 - rheologische Modelle,
 - numerische Verfahren (z.B. LAYERS).



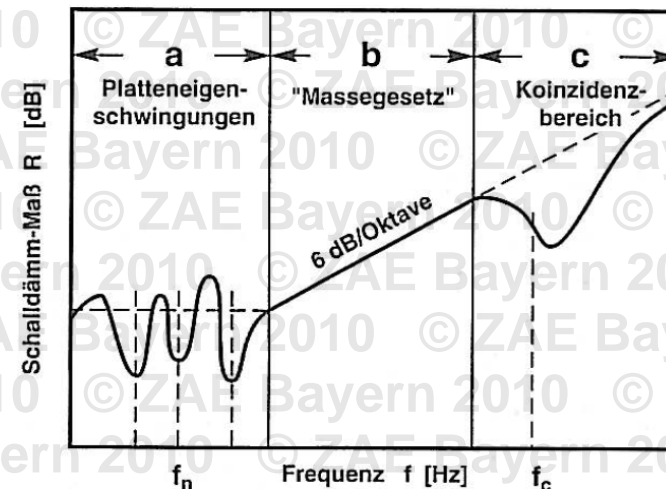
Quelle: IBP Fraunhofer



Quelle: W. Maysenhölder

Bauakustik - Grundlagen

- Berger'sches Massegesetz:
 - Schalldämmung einschaliger Bauteile proportional zu deren Masse,
- Einbrüche in der Schalldämmung aufgrund
 - einer hohen Biegesteifigkeit,
 - Koinzidenzeffekte und
 - Platteneigenschwingungen.



f_n Platteneigenfrequenz
 f_c Koinzidenzfrequenz

Quelle: W. Fasold, E. Veres

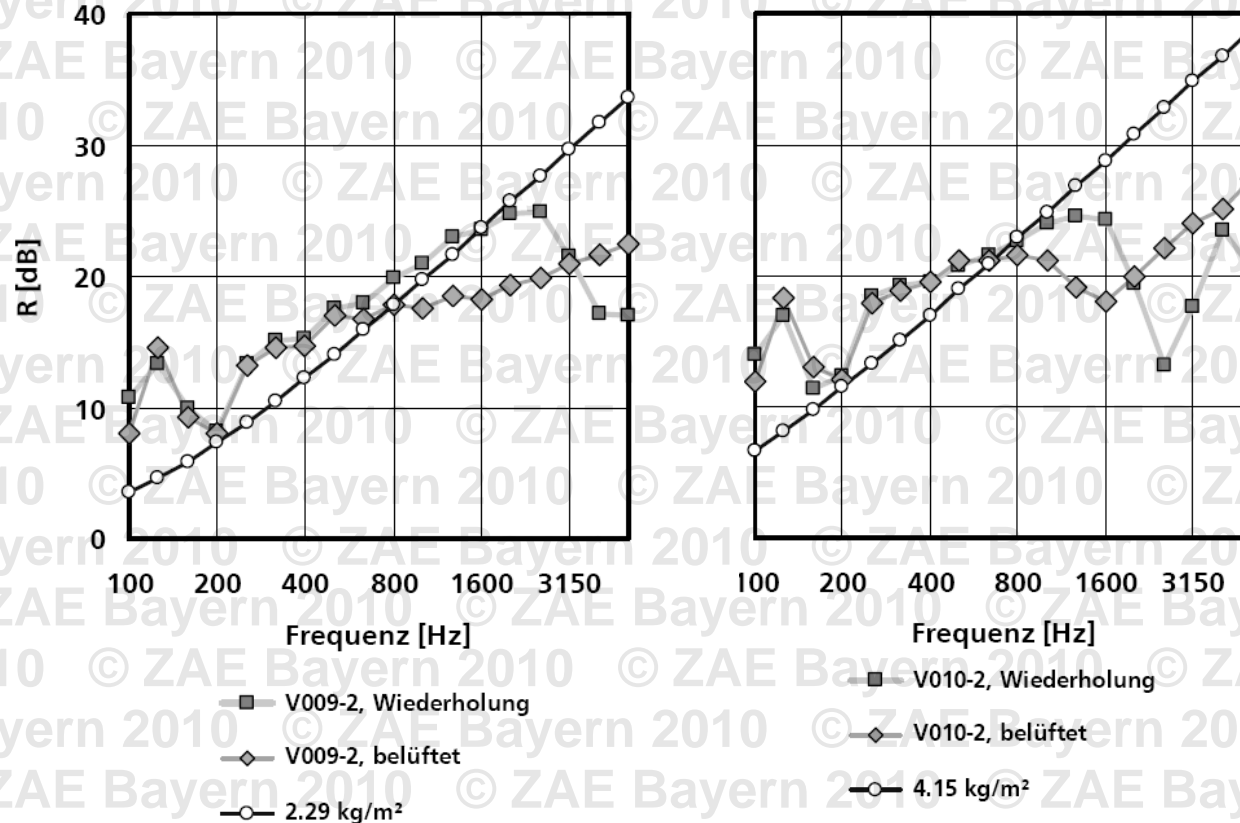
Messung der Schalldämmung von VIP

- Überblick / Auszug bisher gemessener VIP:

<i>Variante</i>	<i>Bemerkung</i>	<i>Länge/Breite/ Dicke in mm</i>	<i>m' in kg/m²</i>	<i>R'_w in dB (unbelüftet)</i>	<i>R'_w in dB (belüftet)</i>	<i>R'_w in dB Massegesetz</i>
V001	mikroporöses Silica	995 x 645 x 20	3,77	20	21	23
V002	mikroporöses Silica	1.000 x 600 x 10	2,11	20	19	18
V003	mikroporöses Silica	999 x 598 x 20	3,88	20	22	23
V004	offenporiges Polyurethan	985 x 598 x 20	1,46	18	17	16
V005	offenporiges Polyurethan	985 x 600 x 30	2,11	21	19	18
V006	Mikrofaservlies	1.000 x 610 x 14	3,02	22	20	21
V007	Mikrofaservlies	998 x 608 x 7	1,67	19	15	17
V008	grobe Glasfaser	990 x 610 x 4	1,70	20	10	17
V009	mikroporöses Silica mit Brandschutzvlies-abdeckung	1.000 x 598 x 10	2,29	20	18	19
V010	mikroporöses Silica mit Brandschutzvlies-abdeckung	998 x 597 x 21	4,15	20	21	24

Messung der Schalldämmung von VIP

- Schalldämmung von VIP - Beispiel:



Messung der Schalldämmung von VIP

■ Schalldämmung von VIP - Vergleich:

➤ Format: 1,50 m x 1,25 m,

➤ (—) Holzspanplatte:

➤ $t = 16$ mm,

➤ $m' = 13$ kg/m²,

➤ $R_w = 30$ dB;

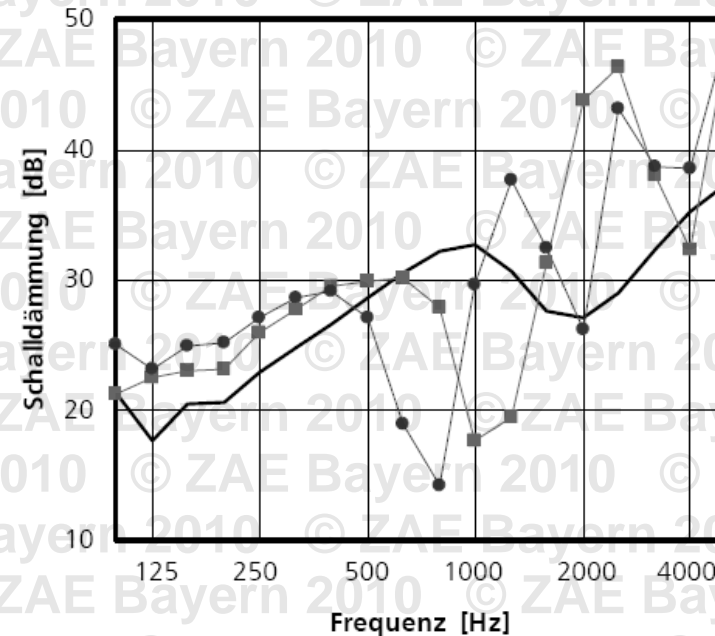
➤ doppelschaliges Metall-VIP:

➤ $t = 40$ mm (●),

➤ $t = 20$ mm (■),

➤ $m' = 15$ kg/m²,

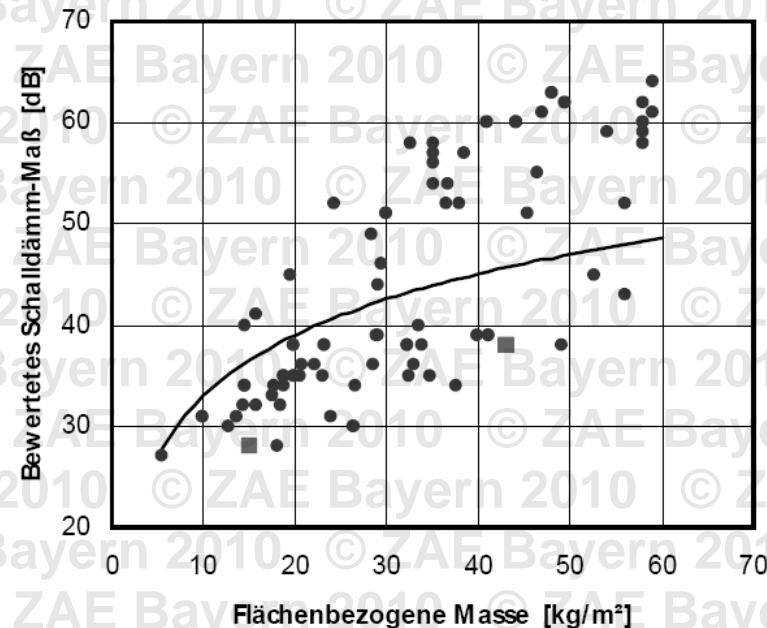
➤ $R_w = 28$ dB.



Messung der Schalldämmung von VIP

- Bewertetes Schalldämm-Maß und flächenbezogene Masse:

- (●) konventionelle Bauteile (z.B. Metall-, Holzwerkstoff-, Kunststoff- und Gipskartonplatten),
- (■) Vakuumdämmung,
- (—) Massegesetz einschaliger Bauteile.



Messung der Schalldämmung von VIP

- Schalldämmung von Fassadenpaneelen mit VIP
 Überblick / Auszug Teil 1:

Panel	Länge/Breite/ Dicke in mm	Aufbau	m' in kg/m^2	R'_w in dB gemessen	R'_w in dB Massegesetz
VS001	1.000 x 600 x 19	Al - VIP - Al alle Schichten (teilweise) miteinander verklebt VIP ca. 0,65 mbar	14,2	31	35
VS002	1.000 x 605 x 20	Al - VIP - Al VIP nur eingelegt VIP ca. 0,48 mbar	14,0	31	35
VS003	1.000 x 600 x 20	Al - Vlies - VIP - Vlies - Al - Vlies jeweils mit Al verklebt VIP ca. 0,54 mbar	14,4	31	35
VS004	1.000 x 600 x 20	Al - Vlies - VIP - Vlies - Al Vlies und VIP nur eingelegt VIP ca. 0,34 mbar	14,2	31	35
VS005	1.000 x 600 x 20	Al - VIP - Antirutschmatte - Al VIP und Antirutschmatte nur eingelegt VIP ca. 0,60 mbar	14,0	30	35
VS006	1.480 x 1.230 x 21	Al - Vlies - 4 VIP (Kieselsäure) - Vlies - Al	13,2	31	34

Messung der Schalldämmung von VIP

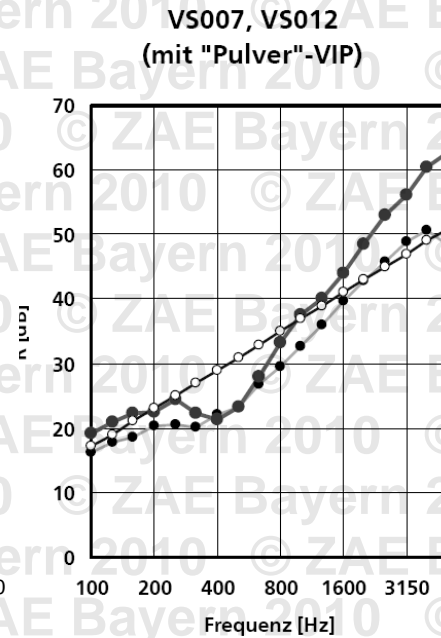
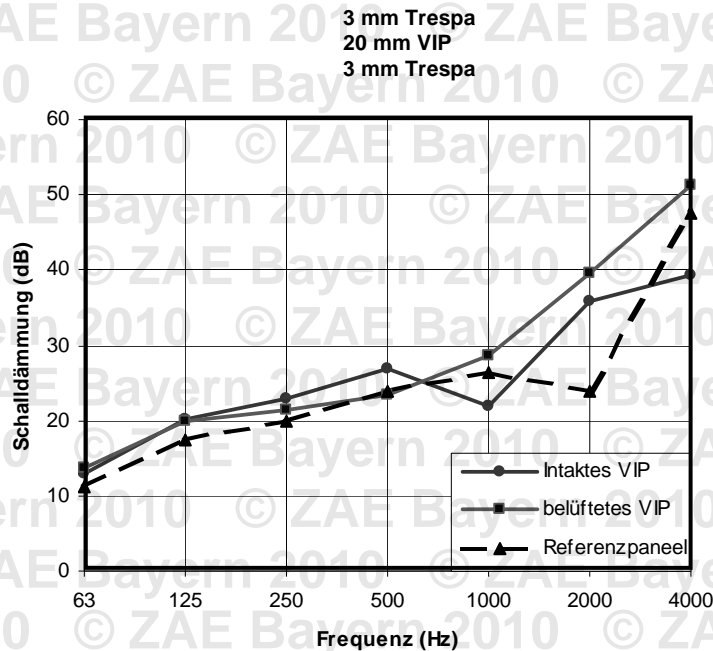
- Schalldämmung von Fassadenpaneelen mit VIP
Überblick / Auszug Teil 2:

Panel	Länge/Breite/ Dicke in mm	Aufbau	m' in kg/m ²	R' _w in dB (belüftet)	R' _w in dB (unbelüftet)	R' _w in dB Massegesetz
VS007	1.480 x 1.230 x 21	Al - 4 VIP ("Pulver") - Al	13,2	-	31	34
VS008	1.480 x 1.230 x 21	Al - Gummi - 4 VIP (Kieselsäure) - Gummi - Al	16,0	-	31	36
VS011	1.480 x 1.230 x 21	Al - Gummi - 4 VIP (Kieselsäure) - Gummi - Al alle Schichten miteinander verklebt, ohne umlaufenden Rahmen	15,6	-	31	35
VS012	1.480 x 1.230 x 21	Al - 4 VIP ("Pulver") - 1,5 mm Gummi alle Schichten miteinander verklebt, ohne umlaufenden Rahmen	16,8	-	31	36
-	1.250 x 1.500 x 26	3 mm Trespa 20 mm VIP 3 mm Trespa	11,9	28	27	33

Quelle : H. Cauberg; M. Tenpierik; W. Maysenhölder

Messung der Schalldämmung von VIP

- Schalldämmung von Fassadenpaneelen mit VIP:



● VS007, $R_w = 30$ dB
 ■ VS012, $R_w = 32$ dB
 ○ 16.8 kg/m², $R_w = 35$ dB

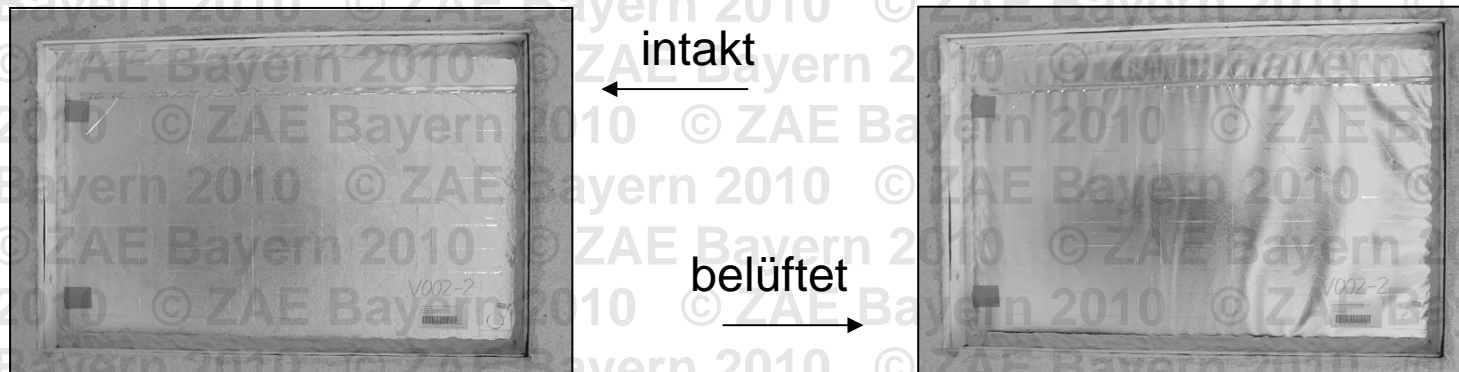
■ VS008, $R_w = 29$ dB
 ■ VS011, $R_w = 32$ dB
 ○ 15.6 kg/m², $R_w = 35$ dB

Quelle: H. Cauberg; M. Tenpierik

Quelle: W. Maysenhölder

Messung der Schalldämmung von VIP

- Vergleich zwischen intakten und belüfteten VIP:
 - hohe Steifigkeit des intakten VIP,
 - geringe Bedämpfung des intakten VIP,
 - Abnahme der Koinzidenzgrenzfrequenz bei intakten VIP.



Messung der Schalldämmung von VIP

- **Auswirkung des Unterdrucks:**
 - Hüllfolie presst den Kern zusammen,
 - Einfluss auf mechanische Biegeeigenschaften,
 - Einschränkung der Dehnfähigkeit des Kerns,
 - Verminderung der dynamischen Steifigkeit,
 - wider erwarten keine signifikante Erhöhung der Schalldämmung aufgrund des Vakuums. Ursache sind Körperschallübertragungen über
 - Umhüllung,
 - Stützkörper und
 - Abstandhalter.

Messung der Schalldämmung von VIP

- Schalldämmung von Großelementen mit VIP:

- Elementkonstruktion:

Ebene	Schichtaufbau (von innen nach außen)
1	20 mm Mineralwolle (zusammendrückbar)
2	27 mm Tragplatte aus Kerto-Furnierschichtholz
3	2,75 mm Schutzschicht (Sperrholz + 0,25 mm Alu)
4	40 mm VIP-Dämmung
5	2,5 mm Sperrholz
6	18 mm Baufurniersperrholz-Platte
7	20 mm + 5 mm Aluminium-Hohlprofil
8	8 mm Vollkern-Schichtstoff-Fassadenplatte



Quelle: : Reyer

- Abmessungen:

- zwei 5,25 m x 2,50 m,

- zwei 5,25 m x 3,25 m sowie

- vier Füllelemente für den Bereich „obere Außenwand - Traufe“.

Messung der Schalldämmung von VIP

- Untersuchungsgegenstand:
 - Schallschutz gegen Außenlärm:
 - Luftschalldämmung von Fensterelementen in Bezug auf die Einbausituation in die Großelemente;
 - Flankenschallübertragung über die Fassadenfront (im Vergleich zu WDVS).

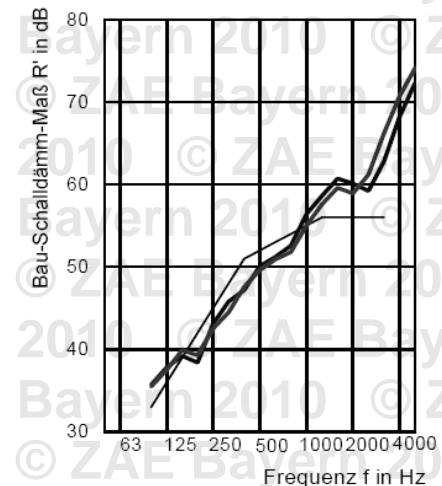
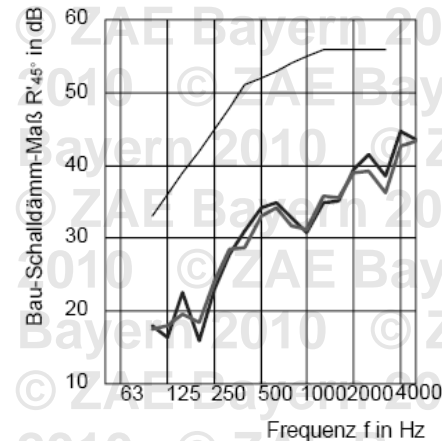


- Untersuchungsergebnisse:

Prüfnr.	Messrichtung	Messung	Messergebnis R'_w in dB
A01	EG ins OG mit VIP	Decke	53
A03	von außen ins EG mit VIP	Fenster	33
B01	von OG nach EG mit WDVS	Decke	53
C01	von OG nach EG mit WDVS	Decke	54
D01	von OG nach EG mit VIP	Decke	54
D03	außen ins EG mit VIP	Fenster	33

Messung der Schalldämmung von VIP

- Beurteilung der Ergebnisse:
 - Außenwand (Fenster):
 - untersuchte Fenster zeigen nahezu deckungsgleiches spektrales Verhalten,
 - vorgehängte Fassade mit VIP verschlechtert die Schalldämmung der Fenster nicht;
 - Flankenübertragung:
 - nahezu identische gemessene Schalldämmkurven (100 bis 1.600 Hz),
 - keine Verschlechterung der Schalldämmung durch Einsatz von VIP im Vergleich zu konventionellem WDVS.



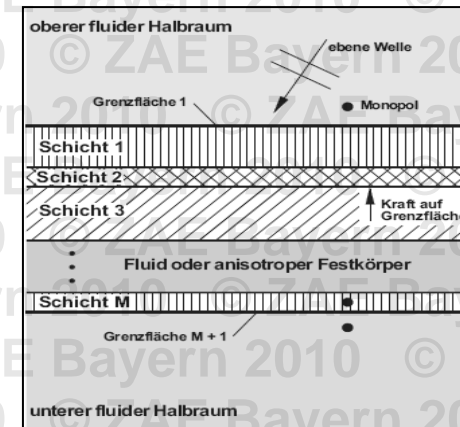
Quelle: : ift Schallschutzzentrum

Berechnung der Schalldämmung von VIP

- Verwendung numerischer Rechenmodelle
am Beispiel von LAYERS Teil 1:

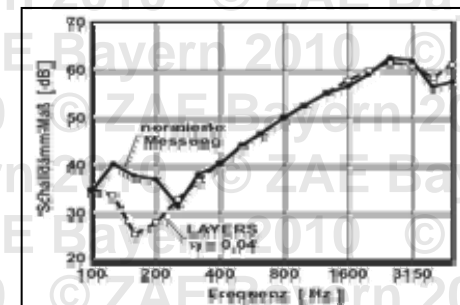
- Rechenverfahren für homogene,
elastisch anisotrope Schichten:

- schematische Darstellung der
Schichtenfolge und Anregungs-
möglichkeiten,



Quelle: Skelton, E. A.; James, J. H.

- Schalldämmung einer 25 cm
dicken Porenbetonwand:
Vergleich zwischen Messung
und Rechnung.



Quelle: W. Maysenhölder



Berechnung der Schalldämmung von VIP

- Verwendung numerischer Rechenmodelle
am Beispiel von LAYERS Teil 2:

- notwendige Eingabedaten:

- Dicke,
- Dichte,
- Elastizitäts-Modul,
- Poisson-Zahl,
- mittlere Verlustfaktoren;

Ermittlung der Biegesteifigkeit mittels Modalanalysen,

- Ergebnisse:

- frequenzabhängiger Verlauf
der Schalldämmung,
- Koinzidenzgrenzfrequenz,

Layers rechnet VIP als
unendlich große Platte
mit homogenen Schichten,
Umhüllung wird daher
nicht separat modelliert.



EnOB

Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

Berechnung der Schalldämmung von VIP

- Verwendung numerischer Rechenmodelle
am Beispiel von LAYERS Teil 3:

- Qualität der Berechnungsergebnisse:

- bei tiefen Frequenzen:

- Übereinstimmung mit Massegesetz,

- Abweichungen um bis zu 4 dB von Messergebnissen;

- bei hohen Frequenzen:

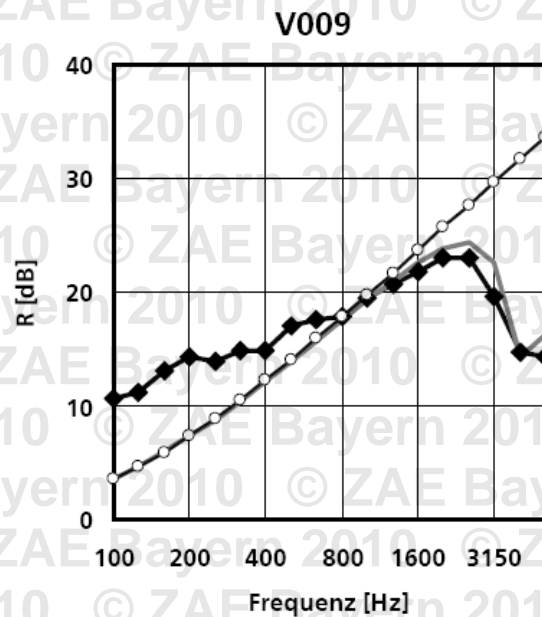
- Übereinstimmung mit Messungen;

- verlässliche Ableitung von Tendenzen
oberhalb von 315 Hz,

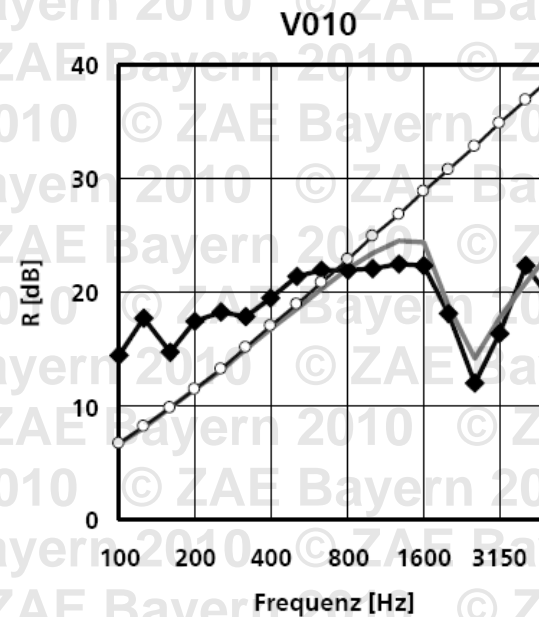
- „numerisch exakte“ Berechnung der
Schalldämmung oberhalb von 800 Hz.

Berechnung der Schalldämmung von VIP

- Schalldämmung von „blanken“ VIP -
Messung, Berechnung und Massegesetz:



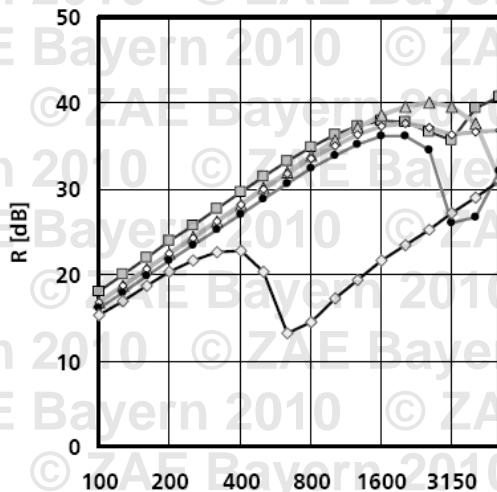
V009-M
 LAYERS
 2.29 kg/m²



V010-M
 LAYERS
 4.15 kg/m²

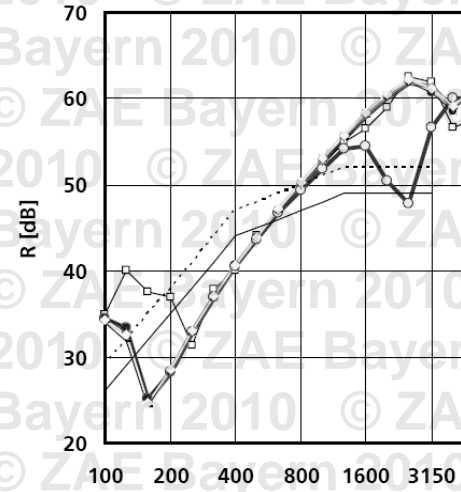
Berechnung der Schalldämmung von VIP

Schalldämmung von Konstruktionen mit VIP:



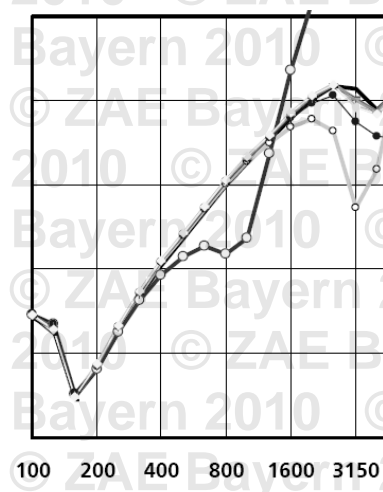
- Legend for Alu-VIP-Alu & Gummi:
- Alu_4mmGummi_VIP_Al
 - △— Alu_Gummi_VIP_Gummi_Al
 - ◇— Alu_2mmGummi_VIP_Al
 - Alu_1mmGummi_VIP_Al
 - ◇— Alu_VIP_Al

Al-VIP-Al & Gummi



- Legend for Porenbetonwand mit aufgeklebten VIP V002 bis V010:
- PB
 - PB_V002
 - PB_V004
 - PB_V006
 - PB_V008
 - PB_V010
 - normierte Messung
 - PB_V003
 - PB_V005
 - PB_V007
 - PB_V009
 - Rw = 45 dB
 - Rw = 48 dB

Porenbetonwand mit aufgeklebten VIP V002 bis V010



- Legend for Porenbetonwand mit verputzten VIP V002 bis V010:
- PB
 - PB_V002_Putz
 - PB_V003_Putz
 - PB_V004_Putz
 - PB_V005_Putz
 - PB_V006_Putz
 - PB_V007_Putz
 - PB_V008_Putz
 - PB_V009_Putz
 - PB_V010_Putz

Porenbetonwand mit verputzten VIP V002 bis V010



Zusammenfassung

- **Schalldämmung blanker VIP:**
 - bei tiefen Frequenzen kann die Schalldämmung eines VIP über das Massegesetz beschrieben werden,
 - bei hohen Frequenzen sind numerische Berechnungsmodelle erforderlich,
 - bei Beschädigung („Belüftung“) der VIP nimmt die Schalldämmung ab,
- **Berechnungsanalysen mit MODULI und LAYERS:**
 - ergeben Orientierungswerte für E-Modul und Poisson-Zahl,
 - über Berechnungen können Anforderungen an zukünftige Kernmaterialien formuliert werden.

Zusammenfassung

■ Berechnungsanalysen mit MODULI und LAYERS:

- Auswirkung einer VIP-Bekleidung auf die Schalldämmung einer Massivwand:

- theoretische Verschlechterung der Schalldämmung durch Masse (Wand) - Feder (VIP) - Masse (Putz) - System,

- Verschlechterung nur bei VIP mit Polyurethan-Kern;

Um keine Verschlechterung zu verursachen, darf das VIP nicht zu dick und in Dickenrichtung nicht zu weich sein.

■ Weiterer Forschungsbedarf:

- Anisotropie und Frequenzabhängigkeit des VIP,

- Ursache der Dämpfung in einem nanostrukturierten Material wie pyrogener Kieselsäure.



EnOB

Forschung für
Energieoptimiertes Bauen



ViBau



VIP-BAU.DE

Vakuum-Isolations-Paneele am Bau



ZAE BAYERN

Vakuumdämmung im Bauwesen

Bauphysik

Teil 3/4: Schallschutz

Fragen?

Gefördert durch das



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

© ZAE Bayern