



Workshop 18. / 19.6.2008 in Zittau

Berechnungen und Messungen zur Unterstützung von Planungsentscheidungen

Dr.-Ing. L. Vogel

Hochschule Zittau/Görlitz (FH), FB Bauwesen

Tel.: 03583-61 1632, mail: l.vogel@hs-zigr.de

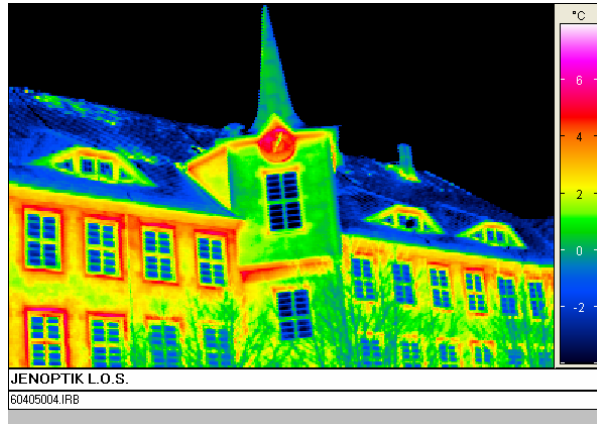


Landkreis Löbau - Zittau
HS Zittau/Görlitz (FH)
FB Bauwesen

Förderkennzeichen des BMWi
0327430C

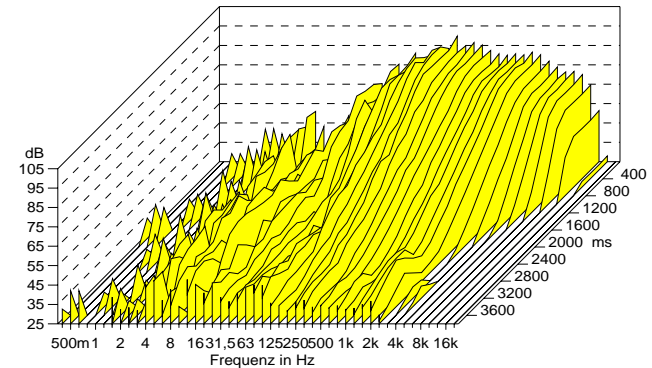
Gliederung

Wärmebrückenarme VIP-Montage



- 1 Einführung
- 2 Ausführung der Gebäudekante
- 3 Ausbildung der VIP-Stöße
- 4 Traufbereich
- 5 Wechsel der Dämmebene am Erker
- 6 Fensteranschlag

Raumakustik



- 1 Einführung
- 2 Repräsentativer Klassenraum

Zusammenfassung

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Einführung

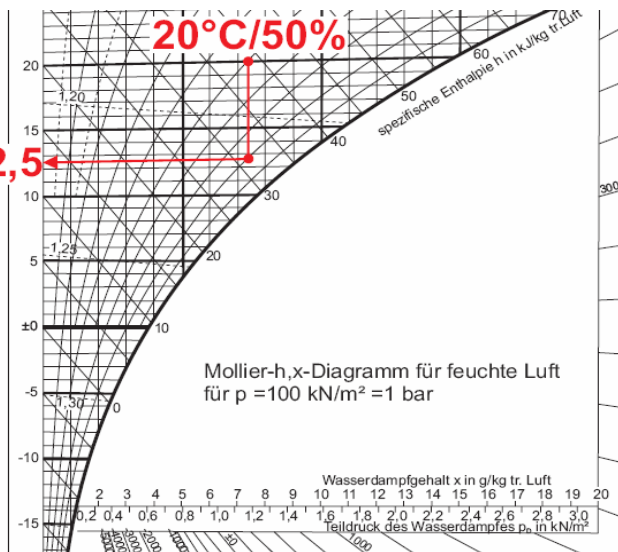
Auswirkungen von Wärmebrücken

Verringerung der inneren Oberflächentemperatur
→ Staubablagerungen, Schimmelbildung, Bauschäden

Erhöhung der Transmissionswärmeverluste
→ höherer jährlicher Heizwärmebedarf

Dimensionslose innere Oberflächentemperatur:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$



$$f_{Rsimin} = \frac{(12,5^{\circ}\text{C} - (-5)^{\circ}\text{C})}{(20^{\circ}\text{C} - (-5)^{\circ}\text{C})} = 0,70$$

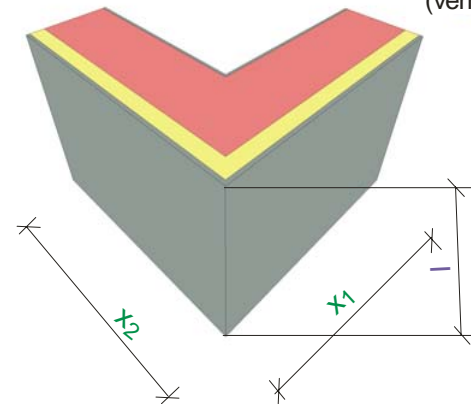
▶ gesamte Transmissionswärmeverluste (aus Software):

$$\Phi = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i \cdot (\theta_i - \theta_e) + \sum_{i=1}^n \psi_i \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e) + \sum_{i=1}^n \chi_i \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

ungestörte Bauteilbereiche
(eindimensional)

linienförmige Wärmebrücken
(zweidimensional)

punktförmige Wärmebrücken
(dreidimensional)
(vernachlässigbar)

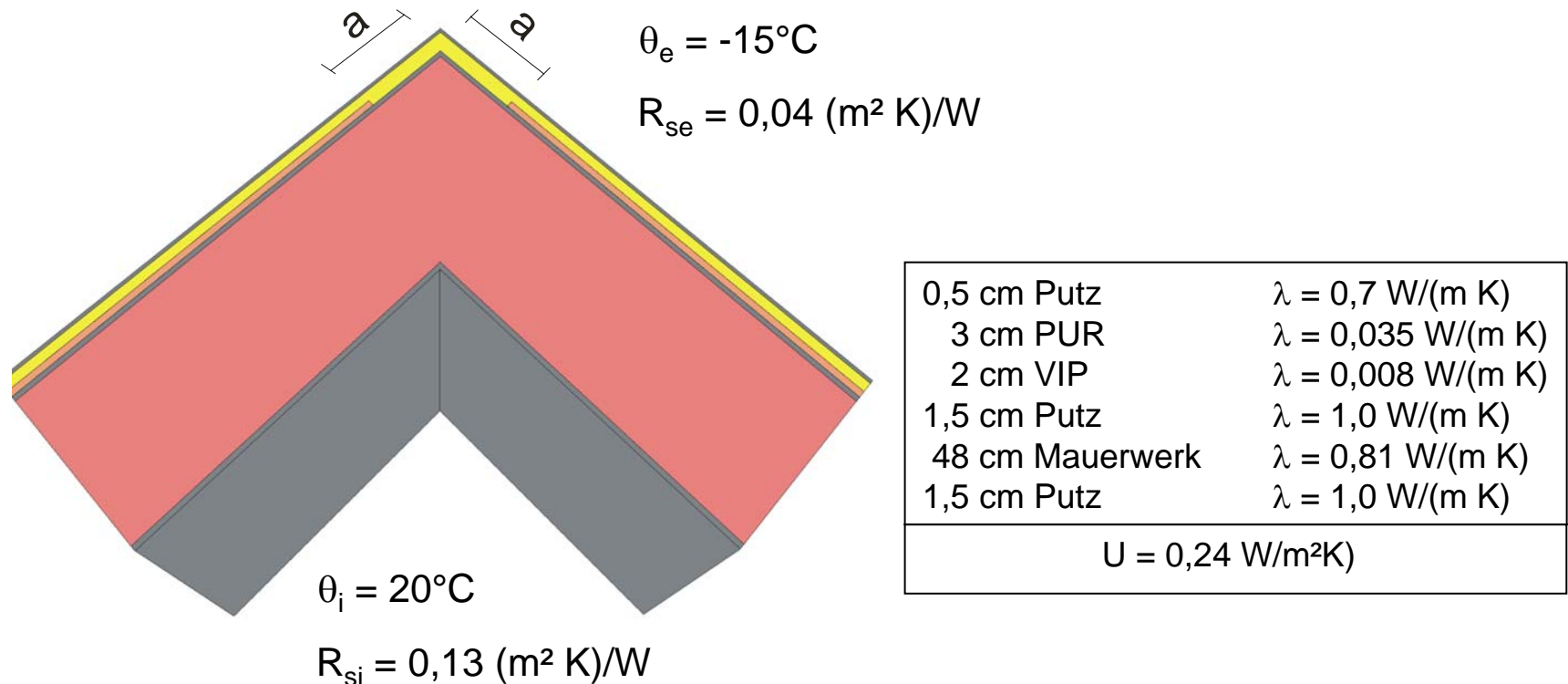


▶ linienförmiger Wärmebrückenverlustkoeffizient:

$$\Psi = \frac{\Phi}{l \cdot (\theta_i - \theta_e)} = \frac{U_1 \cdot x_1 \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e)_1 + U_2 \cdot x_2 \cdot l \cdot (\theta_i - \theta_e)_2}{l \cdot (\theta_i - \theta_e)}$$

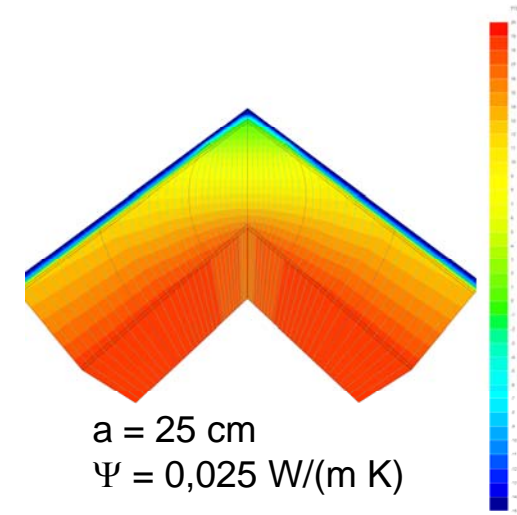
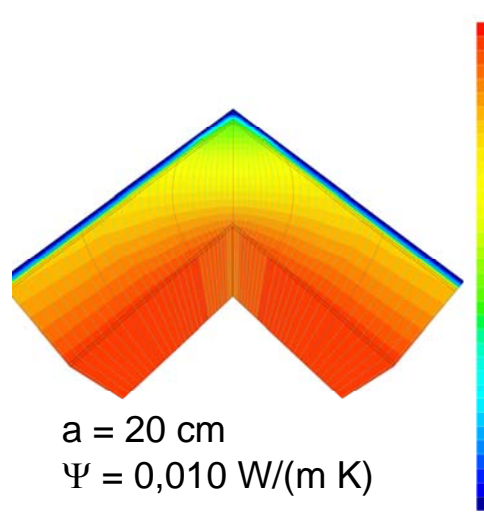
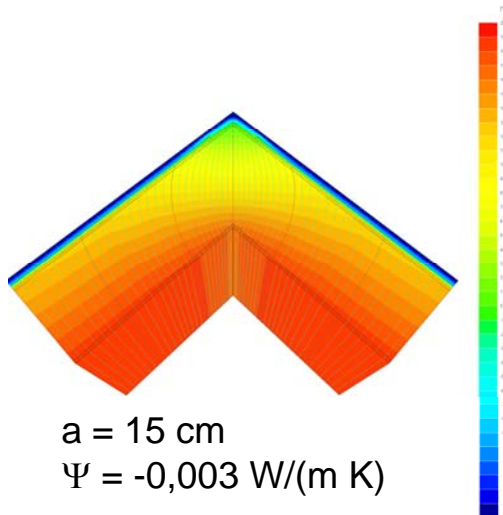
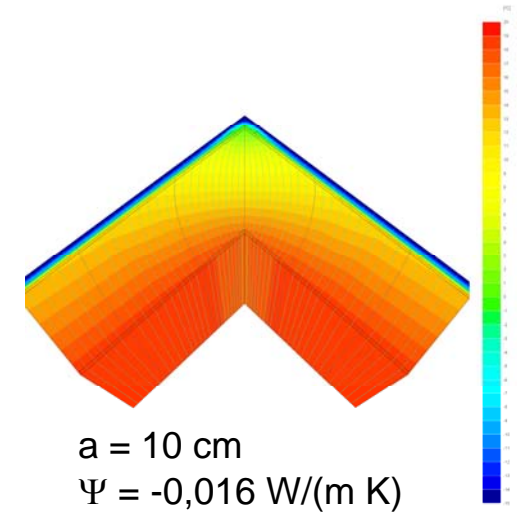
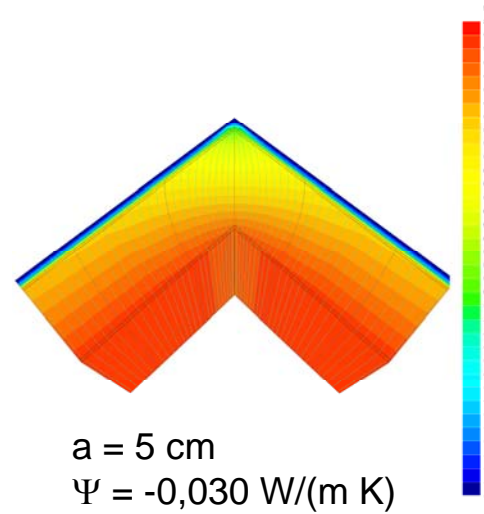
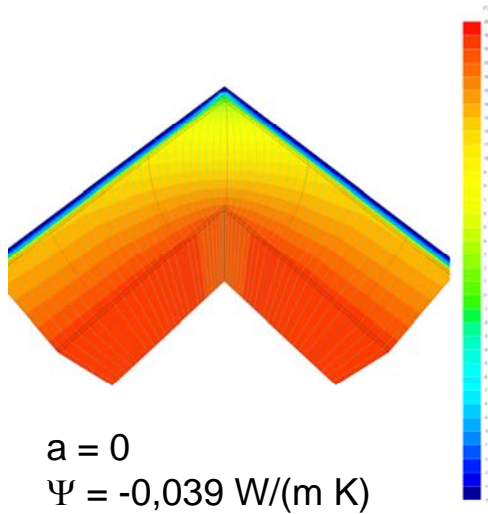
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Ausführung der Gebäudekante

- ▶ VIP-Elemente müssen im Kantenbereich besonders gesichert werden
→ Untersuchung zum wärmetechnischen Einfluss der Kantenausbildung



- ▶ Untersuchung zum wärmetechnischer Einfluss der Folie (0 .. 0,1 mm Alu-Folie)

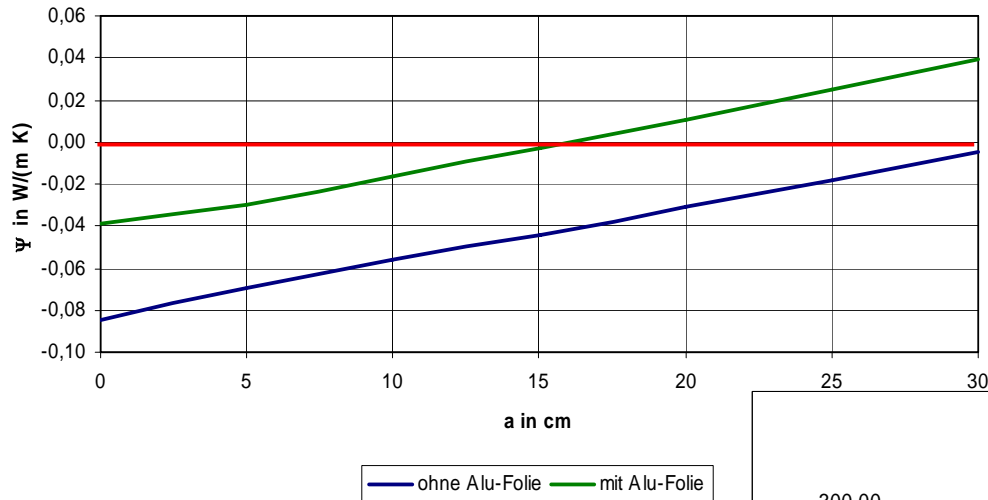
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Ausführung der Gebäudekante



(Ausführung mit 0,1 mm Alu-Folie)

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Ausführung der Gebäudekante

Wärmebrückenverlustkoeffizienten der Gebäudekante



Abschätzung des zusätzl. Heizwärmebedarfs:

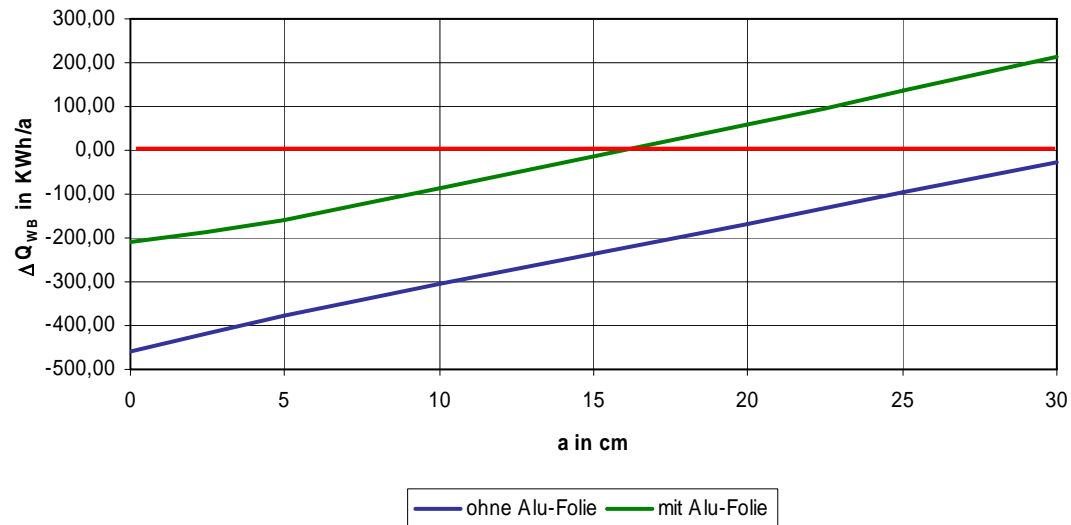
$$\text{zus. } Q_{\text{Kante}} = \Psi * l * 0,95 * G_{t_{x,y}}$$

mit

$$l = 82 \text{ m}$$

$$G_{t_{19,10}} = 2900 \text{ Kd/a}$$

Zusätzlicher Heizwärmebedarf in kWh/a



Ergebnis:

Einfluss Kantenausbildung:

$a = 0 \dots 30 \text{ cm}$

$\rightarrow \Delta \Psi = 0,08 \text{ W/ (m K)}$

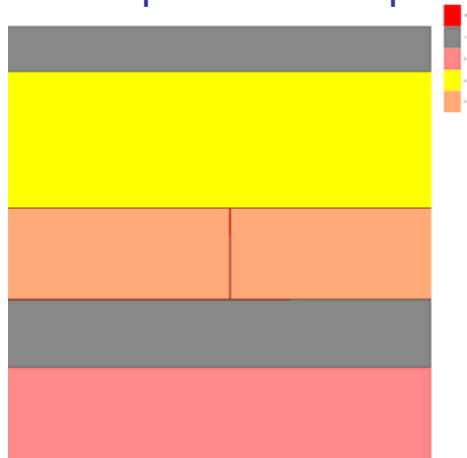
$\rightarrow \Delta \text{zus. } Q_{\text{Kante}} = 430 \text{ kWh/a} = 0,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

▶ Kante mit PUR für ausreichende Befestigung ist wärmetechnisch unproblematisch!

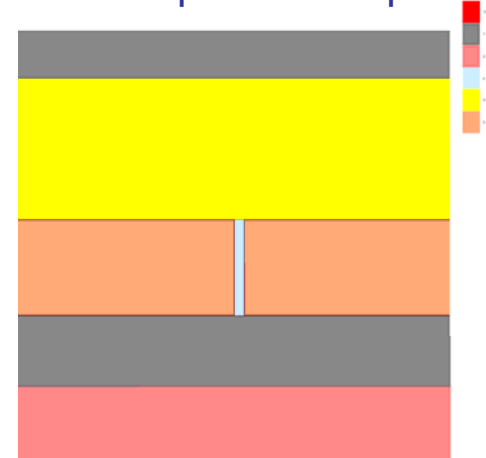
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Ausbildung der VIP-Stöße

- ▶ Stöße der VIP-Elemente führen zu zusätzlichen Wärmeverlusten

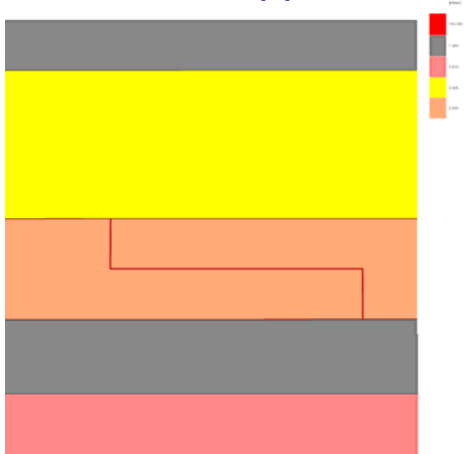
Stoß stumpf ohne Luftspalt



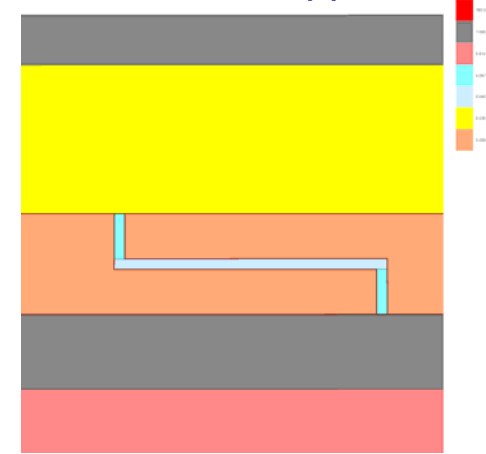
Stoß stumpf mit Luftspalt



Stoß 5 cm überlappt ohne Luftspalt

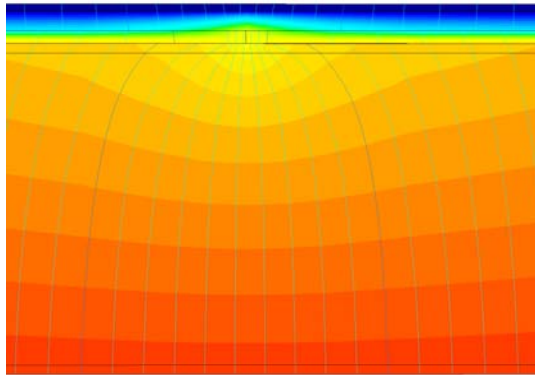


Stoß 5 cm überlappt mit Luftspalt



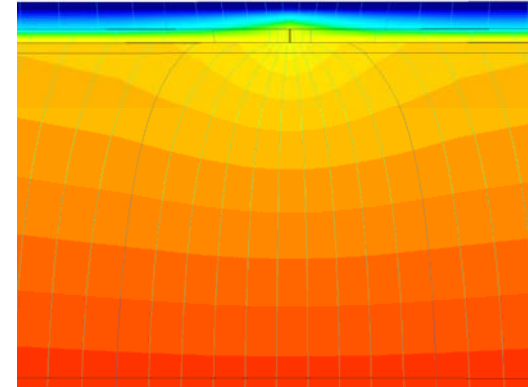
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Ausbildung der VIP-Stöße

Stoß stumpf ohne Luftspalt



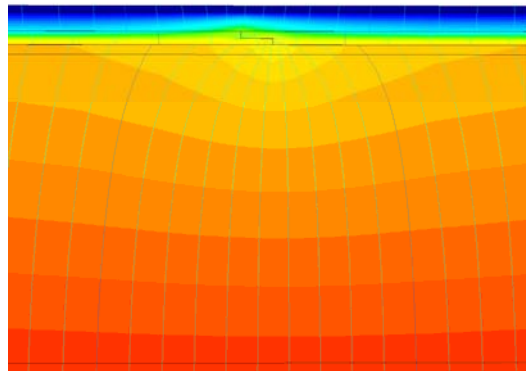
$$\Psi = 0,078 \text{ W/ (m K)}$$

Stoß stumpf mit Luftspalt



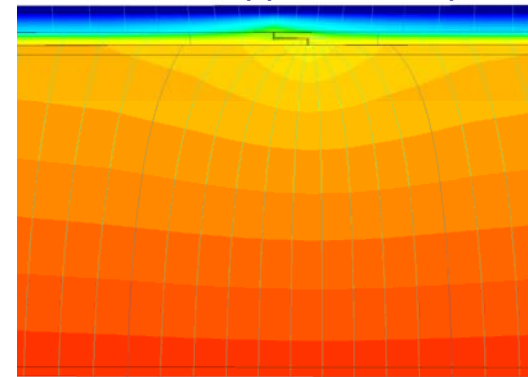
$$\Psi = 0,079 \text{ W/ (m K)}$$

Stoß überlappt ohne Luftspalt



$$\Psi = 0,060 \text{ W/ (m K)}$$

Stoß überlappt mit Luftspalt



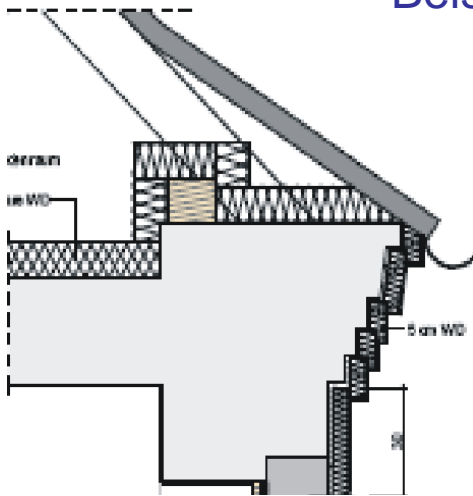
$$\Psi = 0,060 \text{ W/ (m K)}$$



► Der überlappende Stoß bietet eine weitere Verbesserung des Wärmeleitwiderstandes der VIP-Fassade.

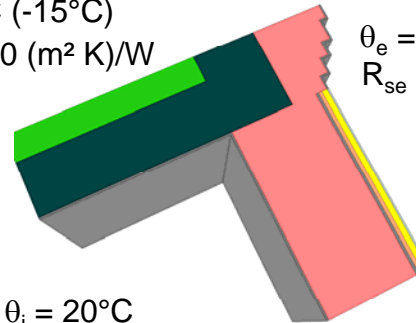
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Traufbereich

Beispiel Traufgesims Flügel (Kaltdach, l = 56 m)

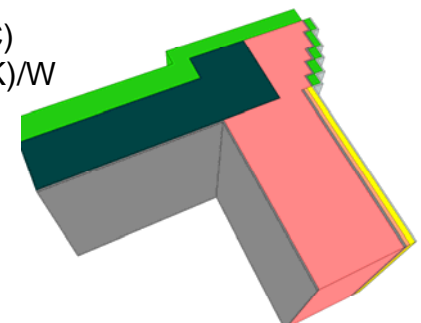


Zeichnung: AIZ – Architektur- und Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau GmbH Zittau

$\theta_e = -5^\circ\text{C}$ (-15°C)
 $R_{se} = 0,10 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$



$\theta_e = -5^\circ\text{C}$ (-15°C)
 $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$



$\theta_i = 20^\circ\text{C}$

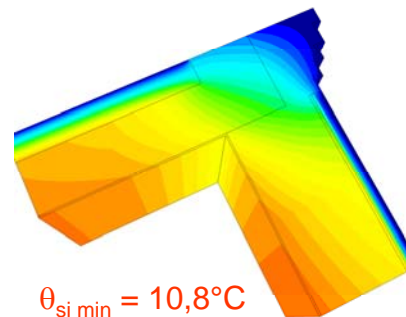
$R_{si} = 0,25 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$ (0,13 bzw. 0,10 (m²K)/W)

▶ Traufbereich sollte gedämmt werden, um Schimmelbildung zu vermeiden.

▶ Dämmung dieses Traufbereichs verringert die zusätzlichen Transmissionswärmeverluste um:

$\Delta\Psi = 0,541 \text{ W/ (m K)}$

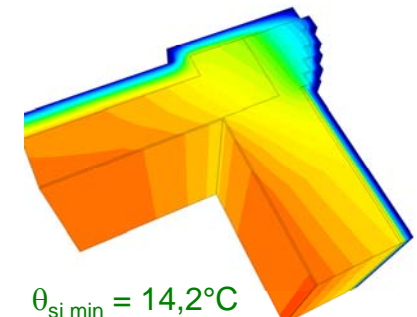
$\Delta \text{ zus. } Q_{\text{Traufe}} = 2003 \text{ kWh/a}$



$\theta_{si \text{ min}} = 10,8^\circ\text{C}$

$\Psi = 0,953 \text{ W/ (m K)}$

zus. $Q_{\text{Traufe}} = 3528 \text{ kWh/a}$



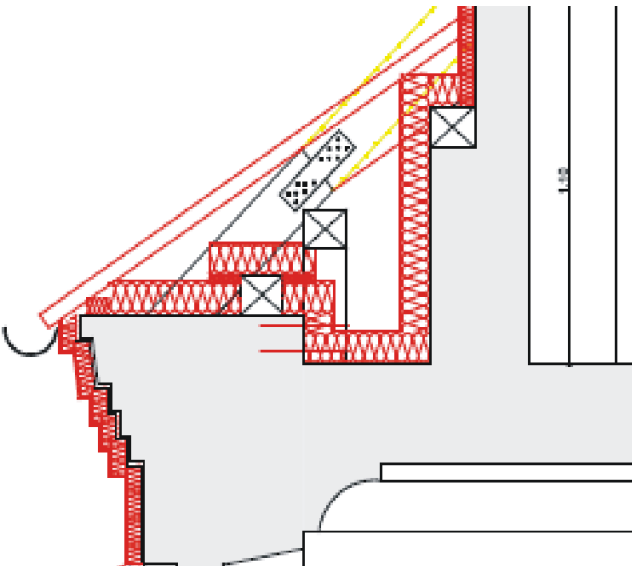
$\theta_{si \text{ min}} = 14,2^\circ\text{C}$

$\Psi = 0,412 \text{ W/ (m K)}$

zus. $Q_{\text{Traufe}} = 1525 \text{ kWh/a}$

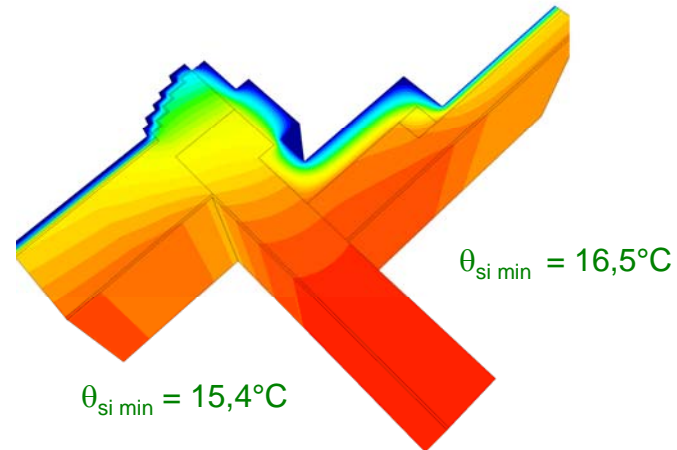
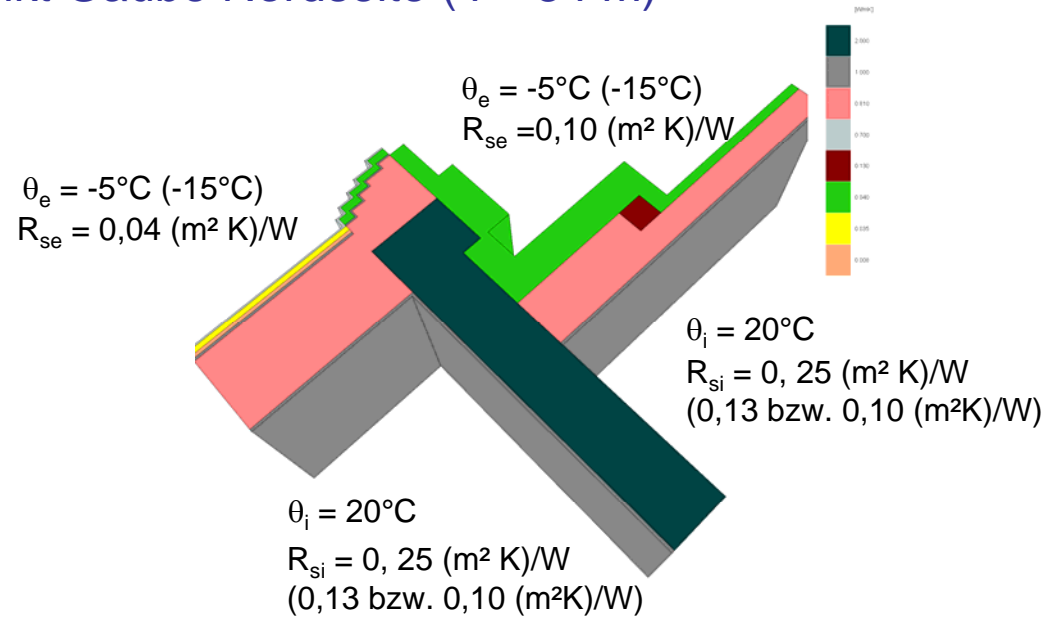
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Traufbereich

Fußpunkt Gaube Nordseite (l = 34 m)

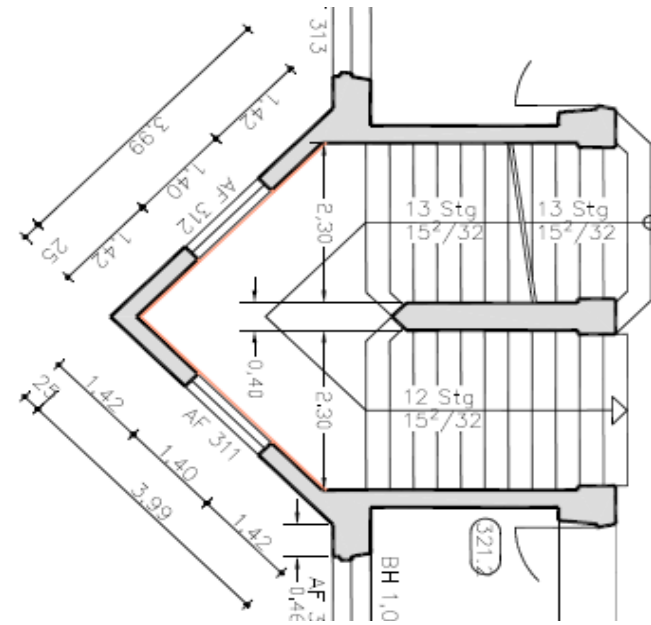
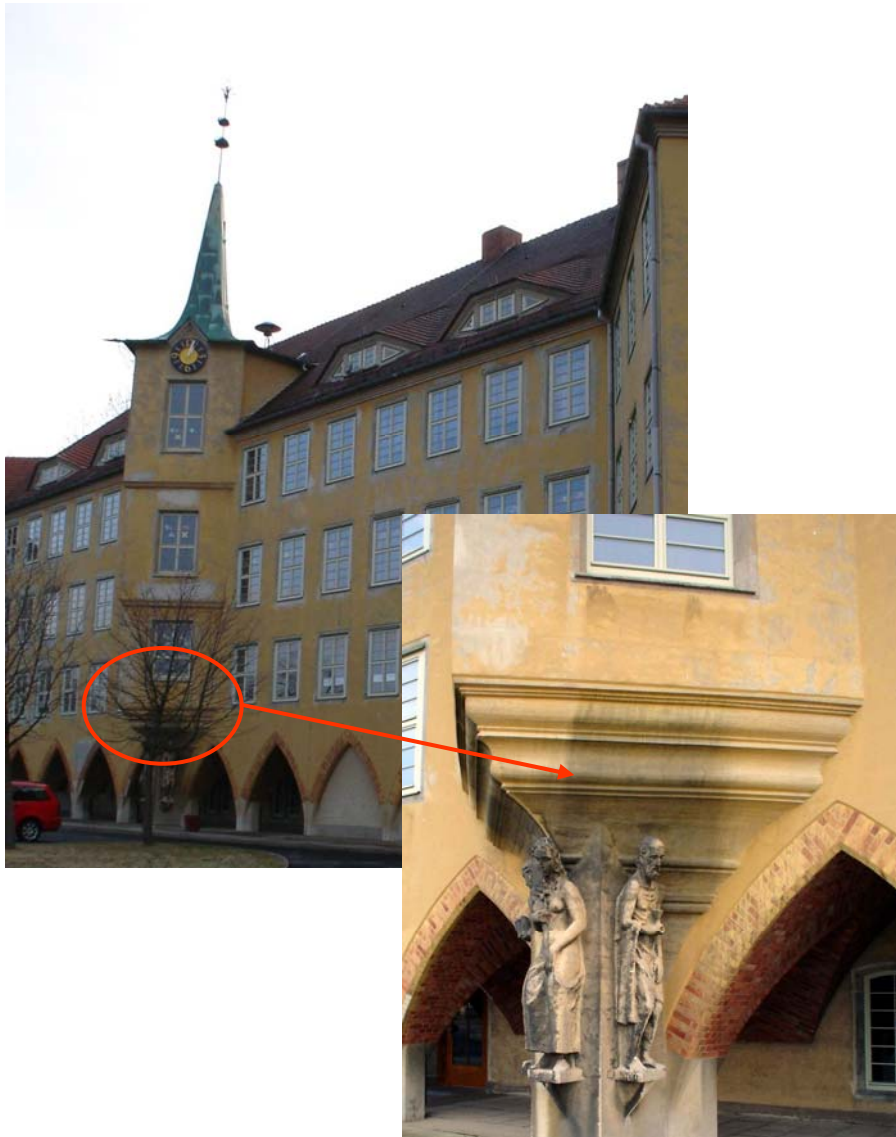


Zeichnung: AIZ – Architektur- und Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau GmbH Zittau

$\Psi = -0,262 \text{ W/ (m K)}$
 zus. $Q_{\text{Traufe}} = -589 \text{ kWh/a}$



Wärmebrückenarme VIP-Montage: Wechsel der Dämmebene am Erker

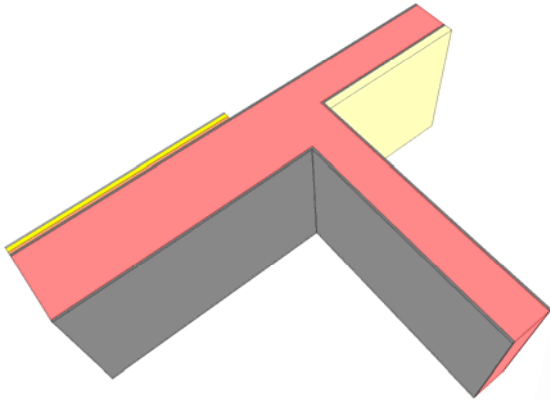


Zeichnung: AIZ – Architektur- und Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau GmbH Zittau

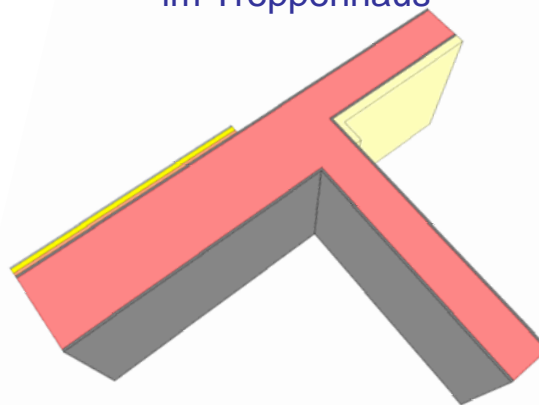
- ▶ Wechsel der Dämmebene von außen nach innen im Erkerbereich
→ hohe Wärmebrückenwirkung

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Wechsel der Dämmebene am Erker

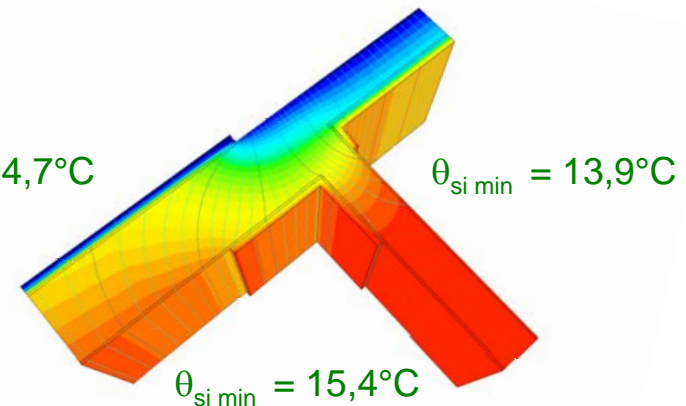
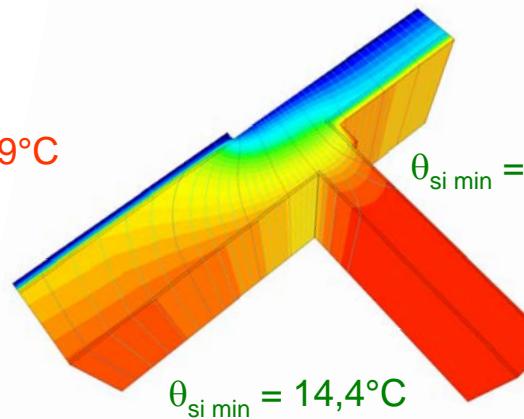
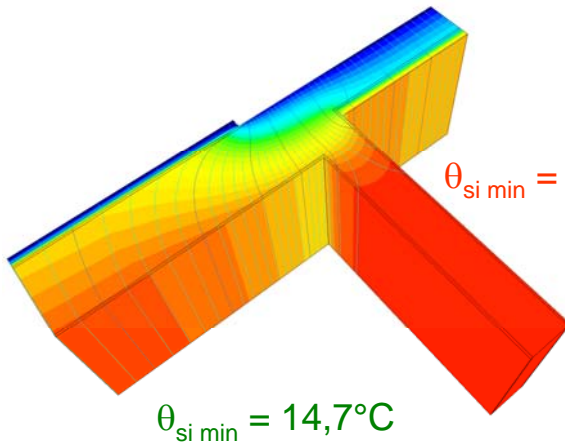
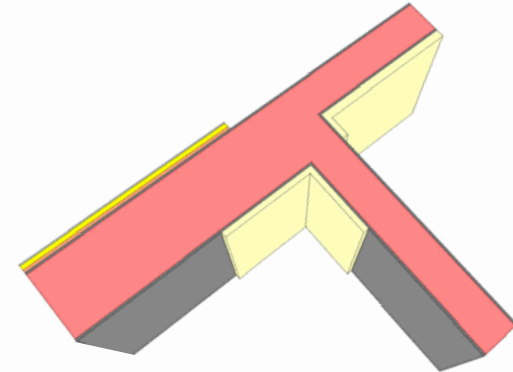
ohne zusätzliche Dämmung



zusätzliche Dämmung
im Treppenhaus



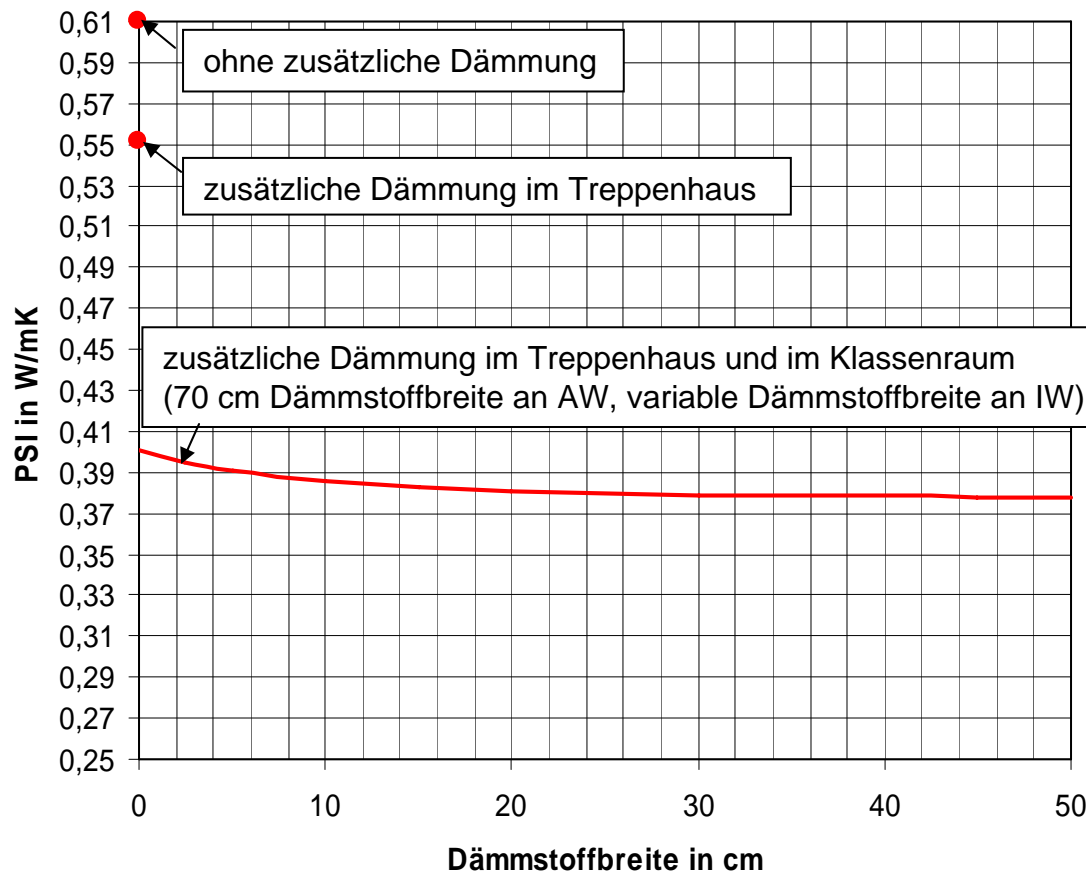
zusätzliche Dämmung im Treppen-
haus + Klassenraum



► Eine zusätzliche Dämmung im Treppenhaus ist zur Vermeidung von Schimmelbildung erforderlich.

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Wechsel der Dämmebene am Erker

PSI für variable CaSi-Breite vom Klassenraum zur Treppenhauswand



➤ Zusätzliche Transmissionswärmeverluste des Anschlussbereichs AW/IW/AW verringern sich durch zusätzliche Dämmung:

$$\Delta\Psi = 0,060 \text{ W/ (m K)}$$

$$\Delta\text{zus } Q_{\text{Erker}} = 119 \text{ kWh/a}$$

$$\Delta\Psi = 0,172 \text{ W/ (m K)}$$

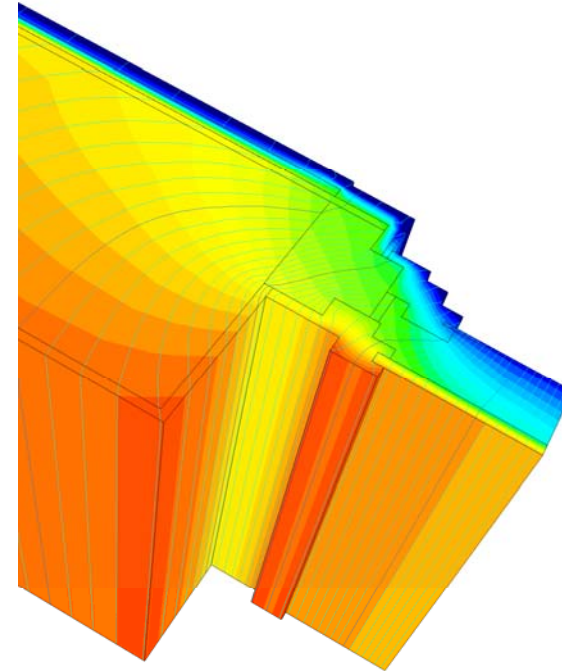
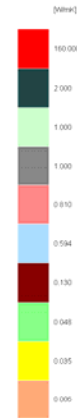
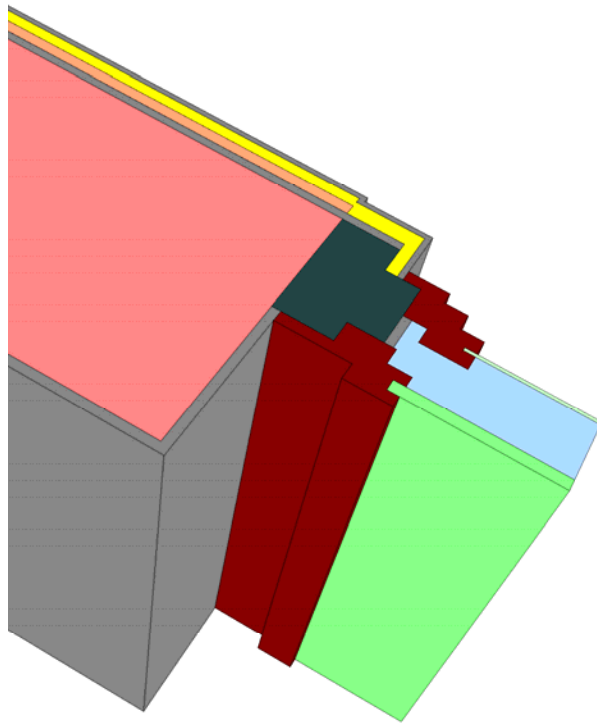
$$\Delta\text{zus } Q_{\text{Erker}} = 341 \text{ kWh/a}$$

➤ Entschärfung der Wärmebrückenwirkung des Deckenschlusses im Erkerbereich erfordert umfangreichere Maßnahmen!

→ Überlegungen zu Außendämmung des Erkerbereichs

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Fensteranschlag

Variante 0 (Betoneinfassung, äußere Laibung gedämmt):



$$\theta_{si \text{ min}} = 12,92^{\circ}\text{C} > 12,5^{\circ}\text{C}$$

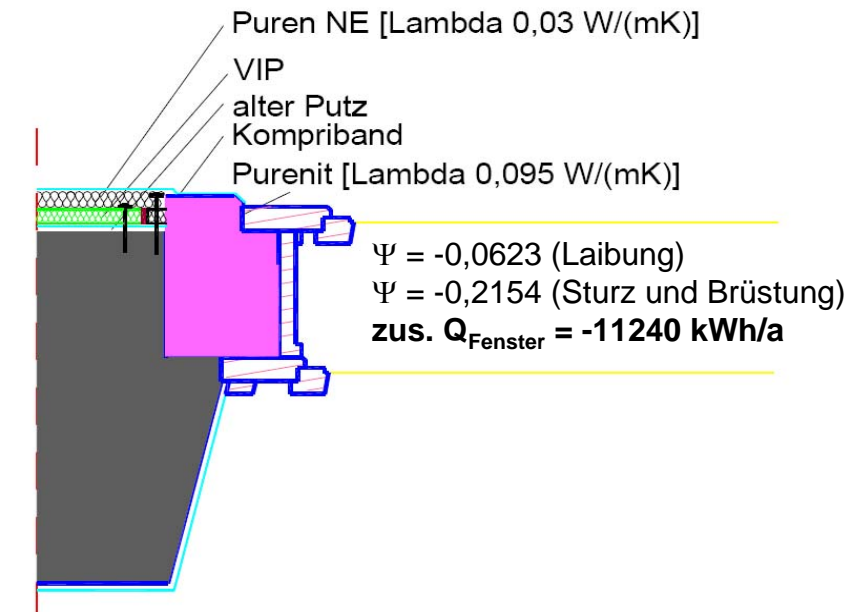
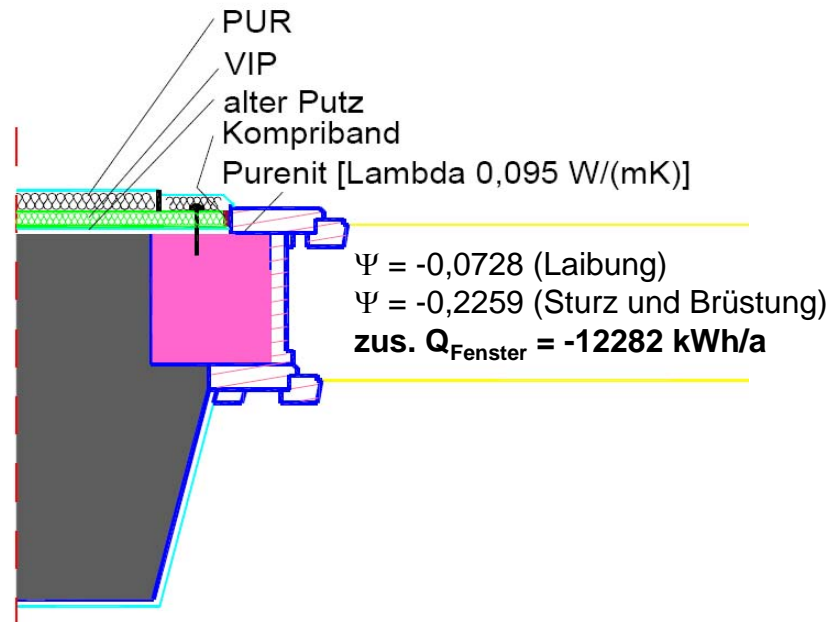
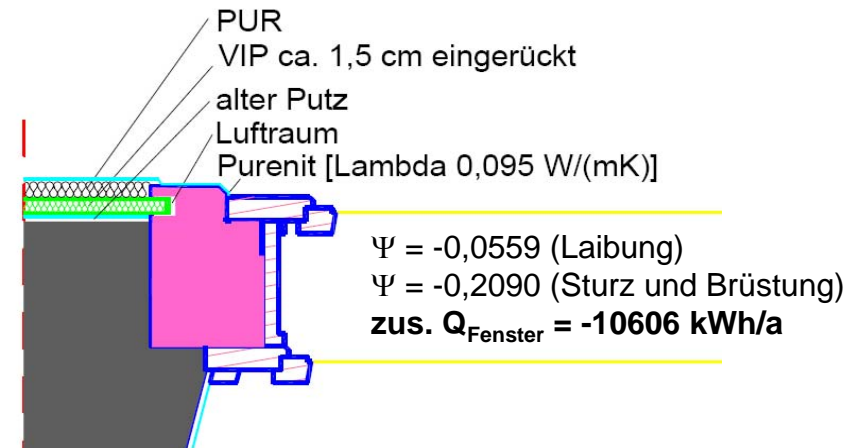
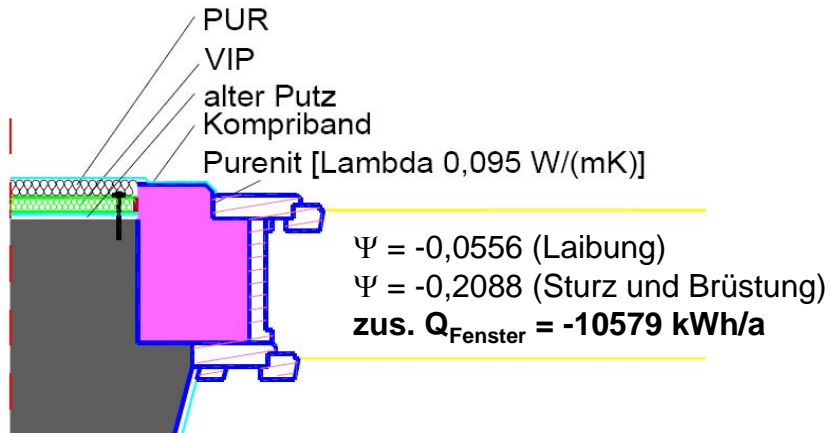
$\Psi = 0,0965$ (Laibung $l = 1000$ m)
 zus. $Q_{\text{Laibung}} = 6381$ kWh/a

$\Psi = -0,0566$ (Sturz und Brüstung $l = 500$ m)
 zus. $Q_{\text{Sturz und Brüstung}} = -1871$ kWh/a

zus. $Q_{\text{Fenster}} = 4510$ kWh/a

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Fensteranschlag

Varianten für Fenstereinbau (Ersatz von Beton durch Purenit)



Wärmebrückenarme VIP-Montage: Fensteranschlag

Varianten für Fenstereinbau (Ersatz von Beton durch Purenit)

Entscheidungshilfe: Demontage des Betongewändes an einem Fenster 24.01.2008

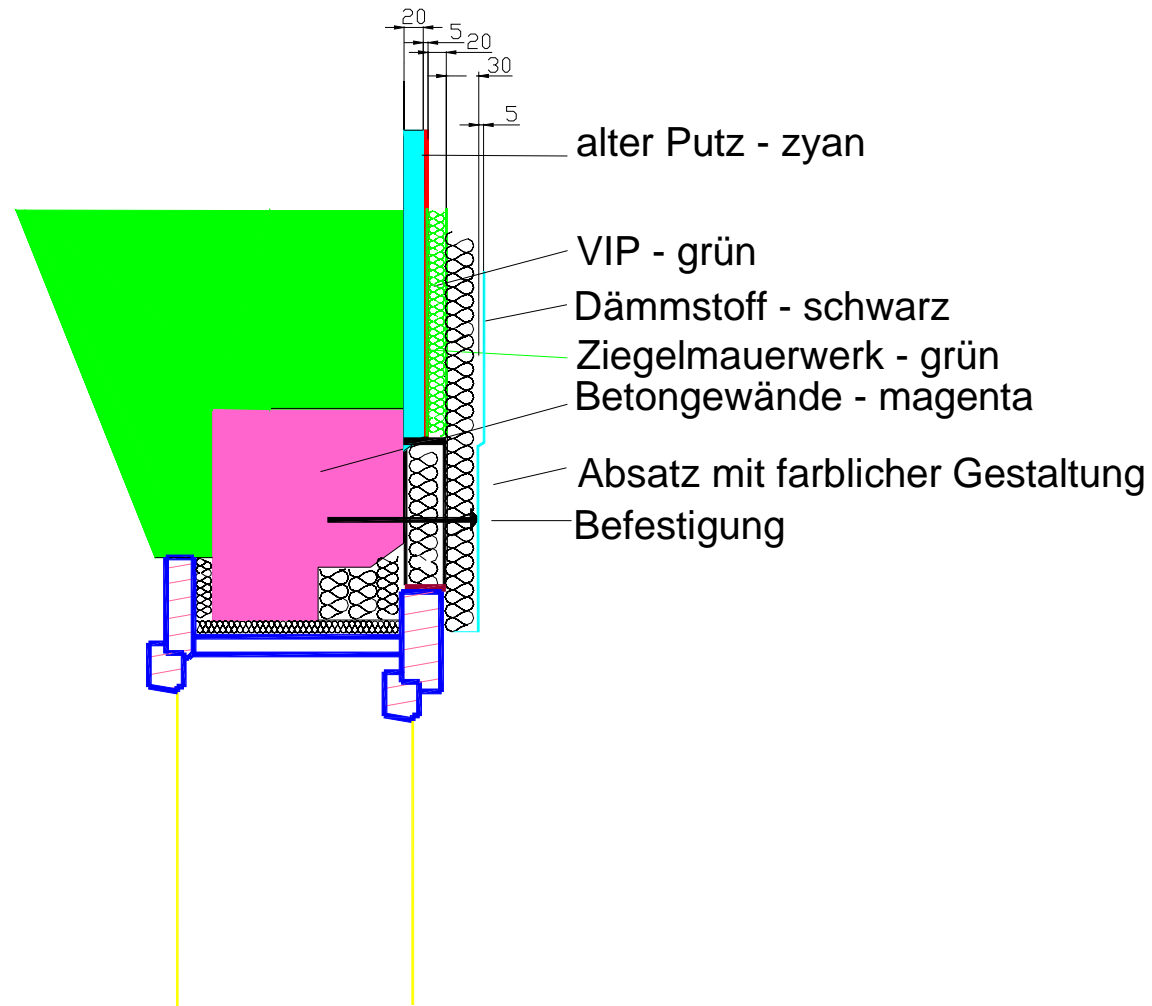


**Statische
Unsicherheiten im
Sturzbereich !!!**



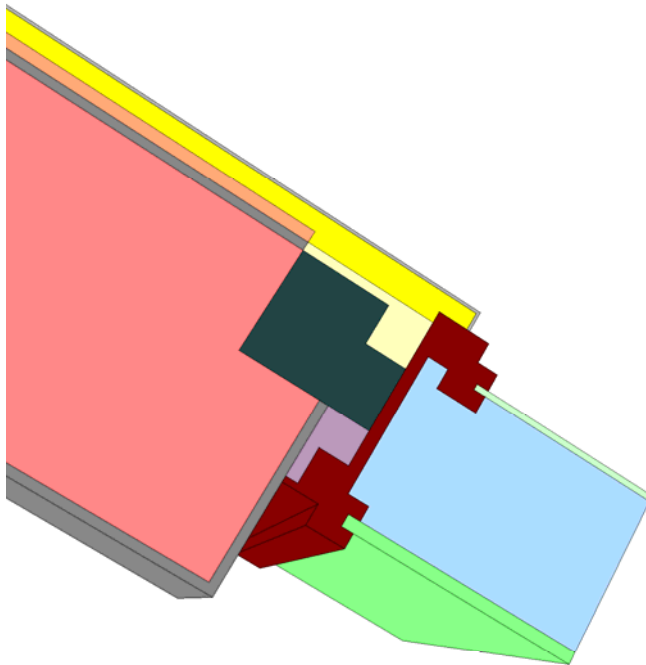
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Fensteranschlag

Horizontalschnitt



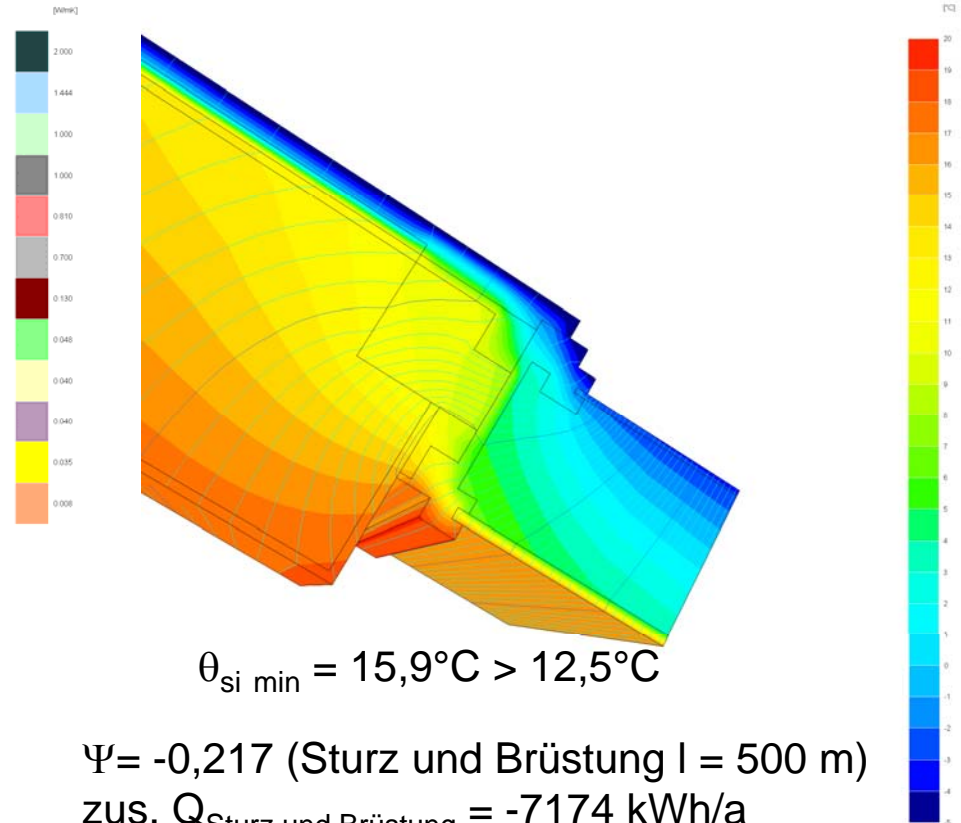
Wärmebrückenarme VIP-Montage: Fensteranschlag

Abschätzung des zusätzlichen Wärmebrückenverlustes für annähernd analogen Aufbau von Laibung, Sturz und Brüstung:



$\Psi = -0,063$ (Laibung $l = 1000$ m)
 zus. $Q_{\text{Laibung}} = -4166$ kWh/a

zus. $Q_{\text{Fenster}} = -11340$ kWh/a



$\Psi = -0,217$ (Sturz und Brüstung $l = 500$ m)
 zus. $Q_{\text{Sturz und Brüstung}} = -7174$ kWh/a

▶ Wärmebrückenverlustkoeffizienten für Laibung, Sturz und Brüstung werden noch detailliert berechnet.

Raumakustik: Einführung

Schulisches Lernen → maßgeblich mündliche Kommunikation
Miteinander reden, einander zuhören!

DIN 18041:2004-5
 Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen

Nachhallzeit = wichtigste Kenngröße der Raumakustik

Nachhallzeit zu hoch

- Sprachverständlichkeit sinkt
 (nachfolgende Silben werden durch zu langen Abklingvorgang vorheriger Silbe überdeckt)
- Lärmpegel steigt
 (unerwünschte Geräusche, wie Stühlerücken, Füßescharren, Husten... bleiben zu lange im Raum)
- Unlust, Ärger, Erschöpfung und schlechtere schulische Leistungen der Schüler
- Stimm- und Nervenprobleme bei Lehrenden

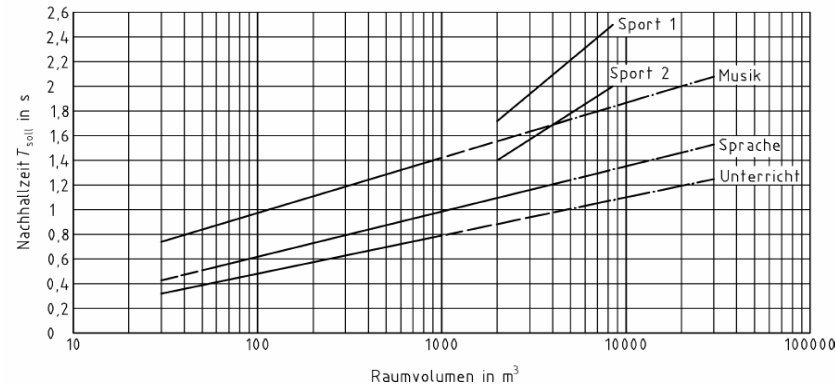
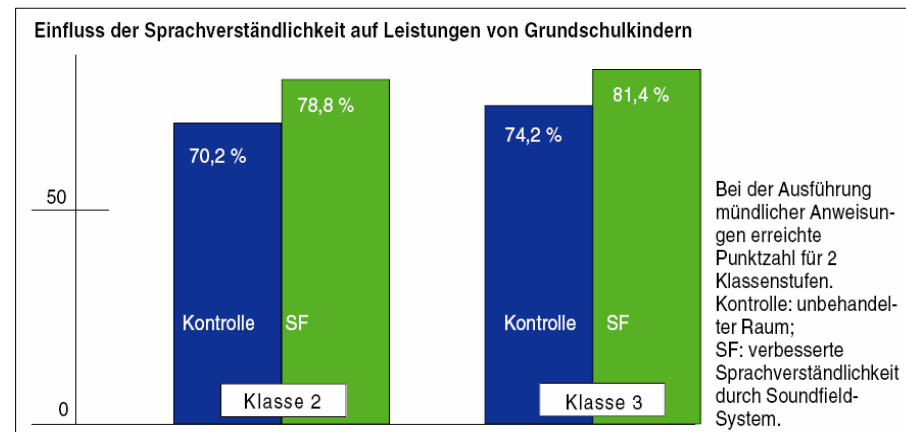


Bild 1 — Sollwert T_{soll} der Nachhallzeit für unterschiedliche Nutzungsarten



Quelle: Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?!
 EINBLICKE Nr. 35 Frühjahr 2002
 Maria Klatte, Markus Meis, Christian Nocke und August Schick

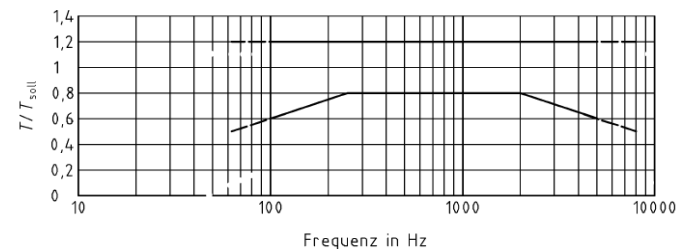
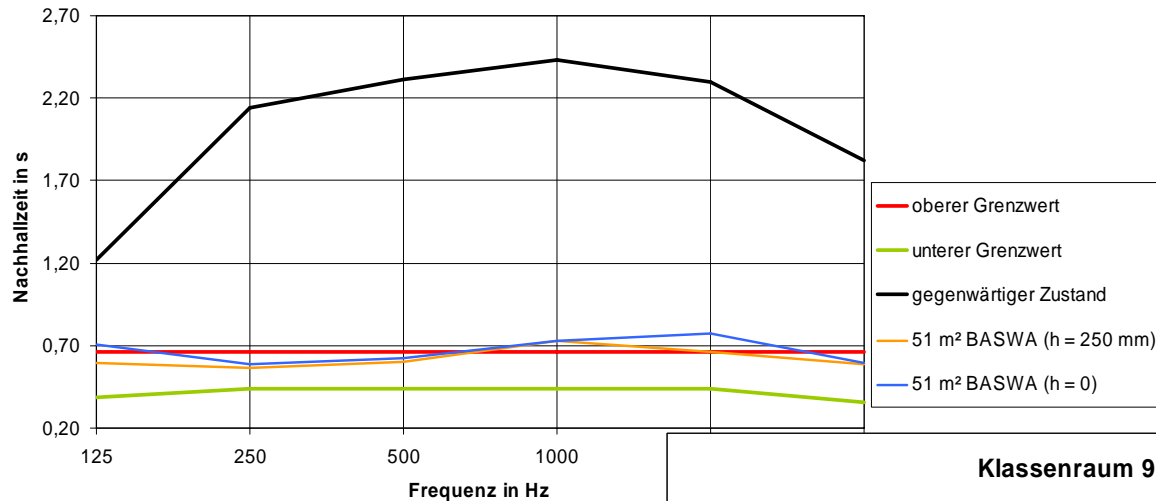


Bild 2 — Anzustrebender Bereich der Nachhallzeit in Abhängigkeit von der Frequenz für Sprache

Raumakustik: Nachhallzeit in einem Klassenraum

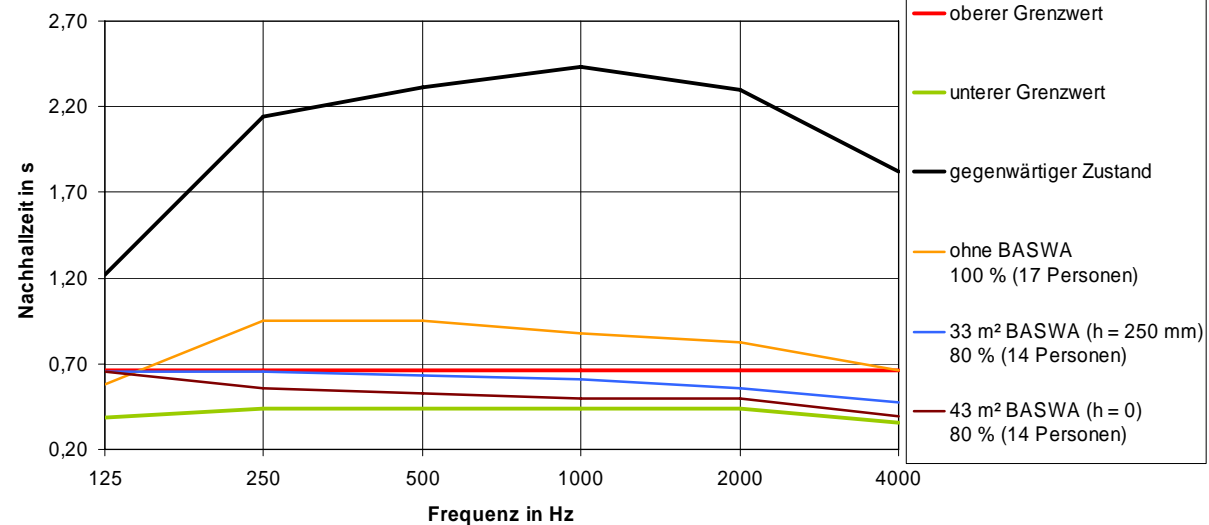
Klassenraum 9, ohne Möblierung und Belegung



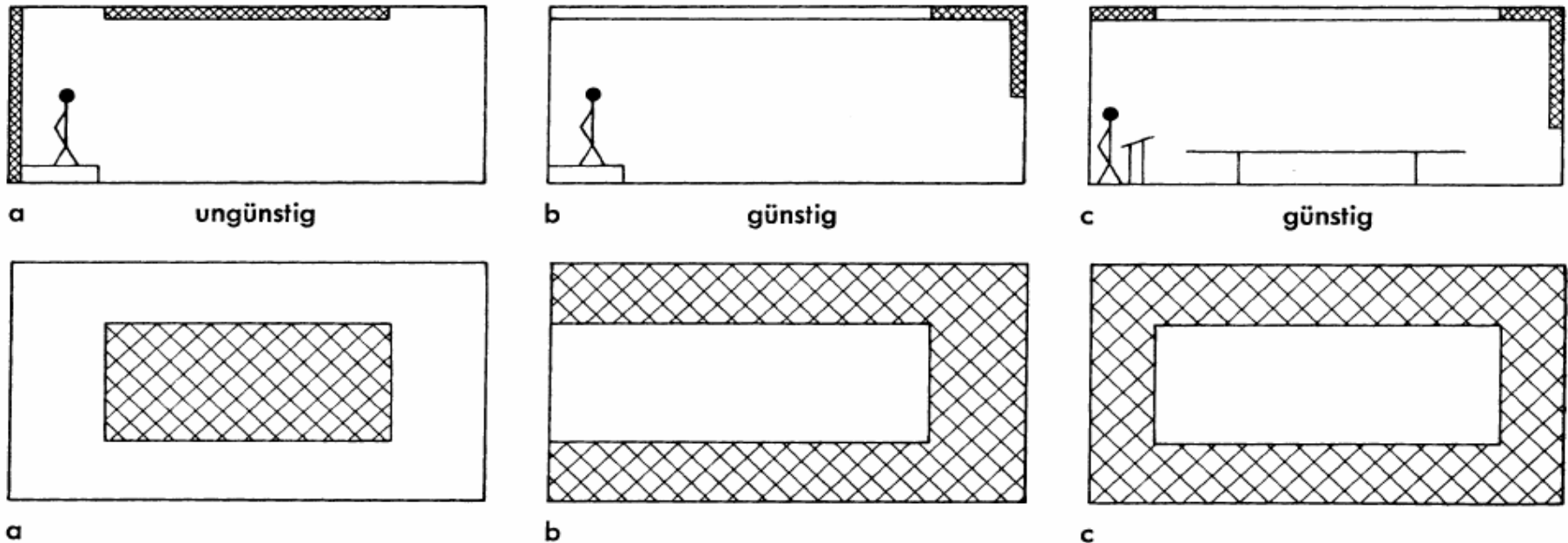
Die gemessene Nachhallzeit ist im gegenwärtigen Zustand weit höher als die empfohlenen Werte aus DIN 18041.

→ Berechnung der Nachhallzeit mit schallabsorbierendem Material

Klassenraum 9 OG, mit Personen auf Holzgestühl



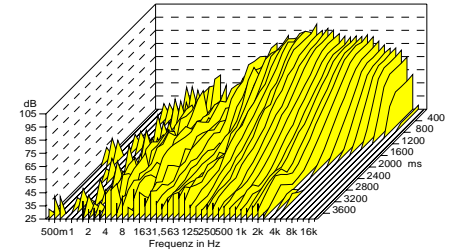
Raumakustik: Verteilung der Schallabsorptionsflächen



Quelle: DIN 18041:2004-05

Bild 5: Verteilung von Schallabsorptionsflächen für Räume kleiner bis mittlerer Raumgröße, z.B. Unterrichts- und Sitzungsräume

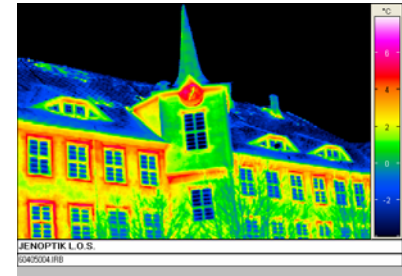
Raumakustik: Zusammenfassung



- ▶ Zu hohe Nachhallzeiten verschlechtern die Sprachverständlichkeit, erhöhen den Lärmpegel und mindern den Lernerfolg.
- ▶ Messungen in ausgewählten Räumen zeigen, dass die Nachhallzeit im gegenwärtigen Zustand weit höher als die empfohlenen Werte aus DIN 18041 sind.
- ▶ Nachhallzeitberechnung mit ausgewählten Absorptionsmaterialien für untersuchte Räume:
→ Teilflächen der Decke mit Absorptionsmaterial versehen!

Die Raumakustik ist neben der thermischen Behaglichkeit, der ausreichenden Beleuchtung sowie der Raumlufthygiene wesentlich für eine gute Lernumgebung!

Wärmebrückenarme VIP-Montage: Zusammenfassung



- ▶ Gebäudekante mit PUR für ausreichende Befestigung!
- ▶ Durch eine Falz-Stoßausbildung kann die Wärmedämmwirkung des VIPs verbessert werden. Außerdem ist der Stufenfalz vorteilhaft für die Befestigung des Systems.
- ▶ Der Traufbereich sollte gedämmt werden, um Schimmelbildung sicher zu vermeiden. Eine Dämmung aller Traufen verringert die Transmissionswärmeverluste um ca. 5380 kWh/a.
- ▶ Der Wechsel der Dämmebene von außen nach innen im Erkerbereich ist problematisch.
→ Möglichkeit der Außendämmung prüfen!
- ▶ Fensteranschläge: Entscheidung für wärmetechnisch gute und praktikable Detaillösung.