

# Dachbodenausbau - unmögliche Bauphysik?

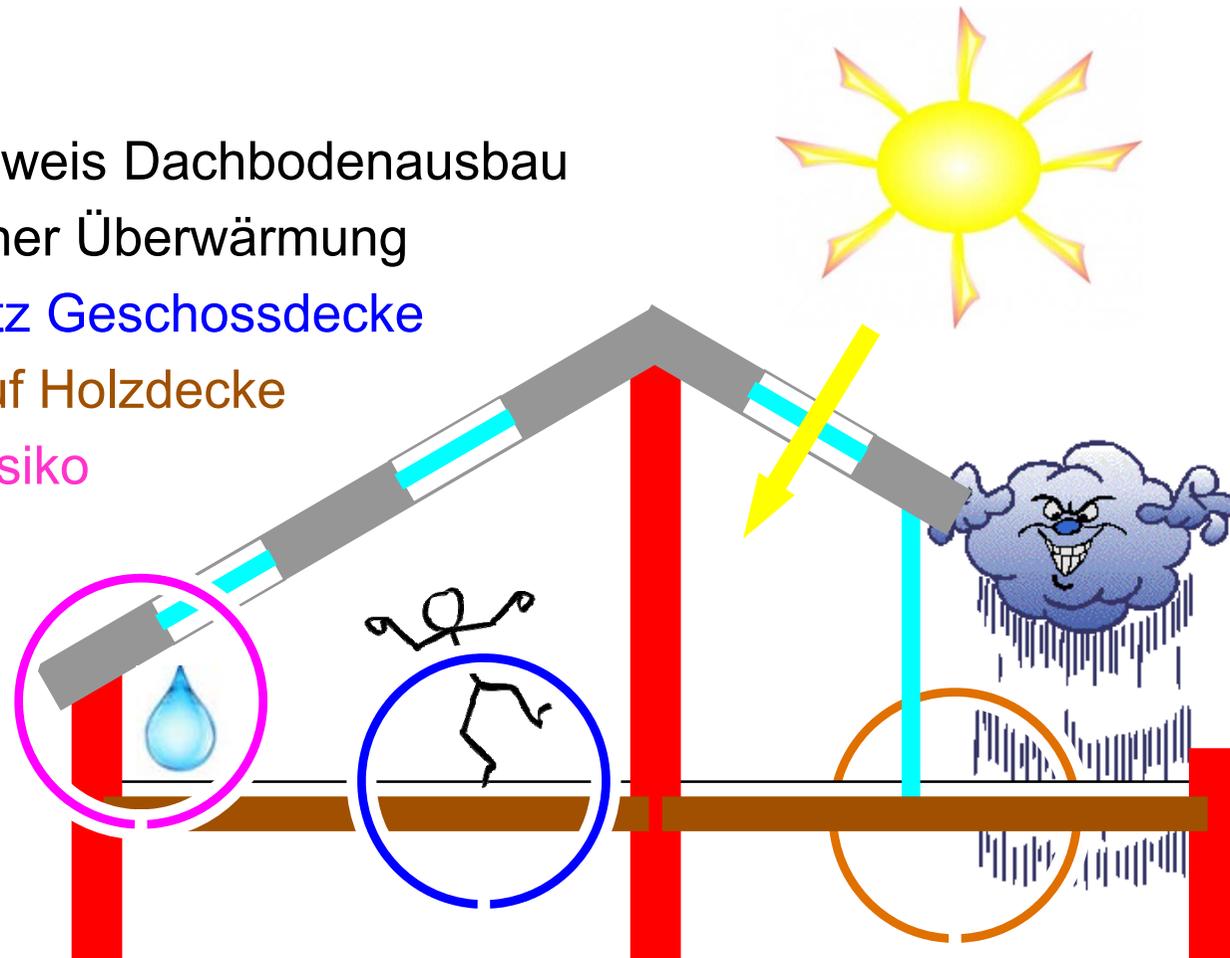
DI(FH) Clemens Häusler, MSc

DI(FH) Bauphysik (Fachhochschule für Technik Stuttgart, D)  
MSc of Sound & Vibrations (University of Southampton, UK)



# Übersicht

- Energieausweis Dachbodenausbau
- Sommerlicher Überwärmung
- Schallschutz Geschossdecke
- Terrasse auf Holzdecke
- Schimmelrisiko



## Energieausweis Dachbodenausbau

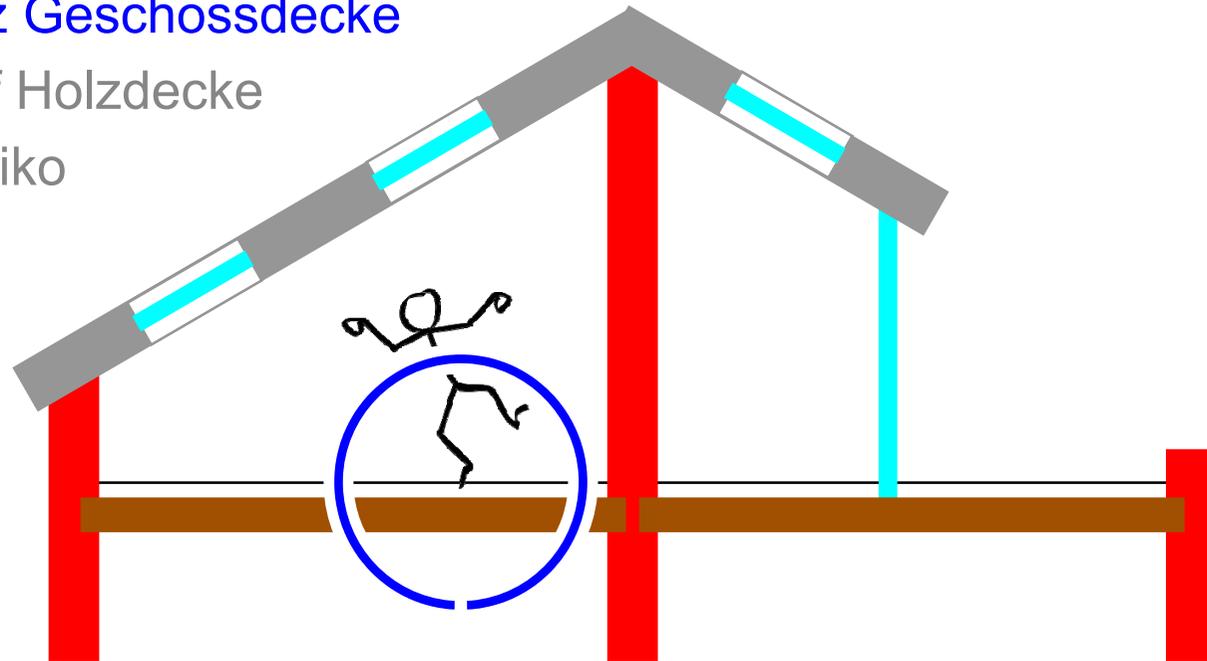
- Anforderung Dachbodenausbau = Anforderung Neubau
  - Dicke der Wärmedämmung aber oft nur begrenzt möglich
    - zulässige Bebauungshöhe (Dicke Dämmung!?)
    - Feuermauer (Außendämmung zum Nachbarn!?)
    - Loggia, Terrassen (begrenze Höhe!)
    - Drempelmauer (Innendämmung!?)
  - ungünstiges A/V-Verhältnis = sehr hohe Anforderungen
    - sehr große Hüllfläche (ähnlich einem Bungalow)
    - oft relativ großes Volumen (=Lüftungsverluste)
    - meistens eine relativ kleine Bruttogeschossfläche
- Anforderungen erfordern oft extrem Dämmstoffdicken
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sinnvoll

# Sommerlicher Überwärmung

- geringe speicherwirksame Masse
  - keine natürliche Verschattung
  - Sonneneinstrahlung auf Dachflächenfenster maximal
    - Achtung bei große Dachflächenfenster
    - auch Dachflächen nach Norden
    - Sonnenschutzglas unzureichend
    - innenliegender Sonnenschutz unzureichend
    - gibt keinen Sonnenschutz zwischen den Scheiben
- (Dachflächen-) Fenster außenliegender Sonnenschutz
- Sonnenschutz elektrisch - zentraler Schalter Eingangstür

# Schallschutz Geschossdecke

- Energieausweis Dachbodenausbau
- Sommerlicher Überwärmung
- **Schallschutz Geschossdecke**
- Terrasse auf Holzdecke
- Schimmelrisiko



## Schallschutz Geschossdecke

- vor DG-Ausbau war das oberste Stockwerk ungestört
- auch bei Einhaltung des Baurechts ist Störung sicher
- Streit vorprogrammiert - Nachmessung wahrscheinlich

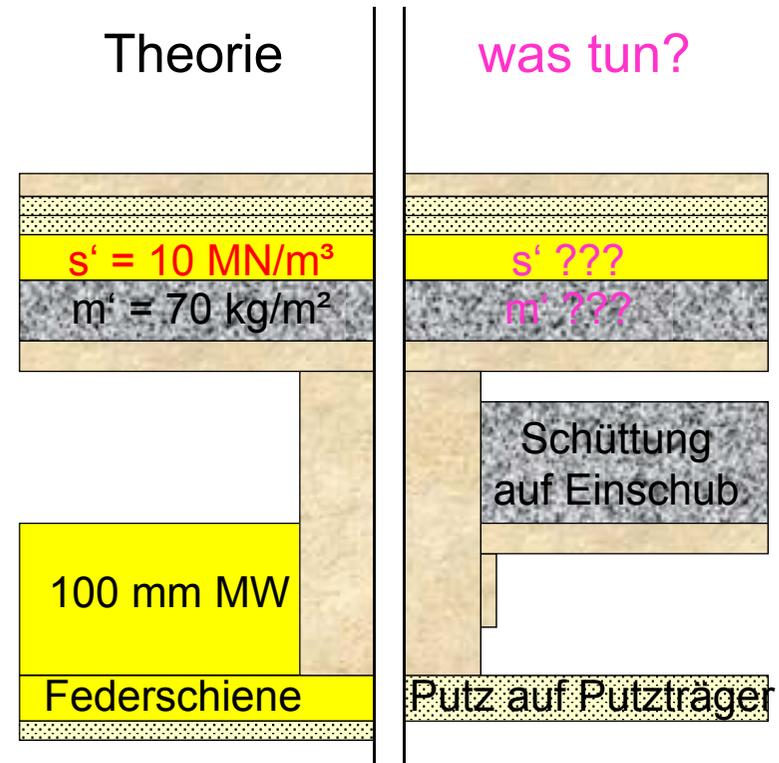
### Achtung:

- Holzbalken oft sehr unterschiedlich → Sicherheit erforderlich!  
(aufgrund der Eigenschwingung der "alten" Holzbalken)
- Konflikt "weiche" Trittschalldämmung und Bodenbelag  
(Trockenestrich keine Verlegung von (Klebe-) Parkett/Fliesen)
- gebundene Schüttung (auf weicher Decke) akustisch verboten
- Unterdecke Bestand ohne Schwingbügel (fremde Wohnung!)
- teilweise (unrealistisch) schwere 'lose' Schüttungen erforderlich

# Schallschutz Holzbalkendecke, TE

Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 42 dB)

- 15 mm Parkett
- 25 mm Trockenestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



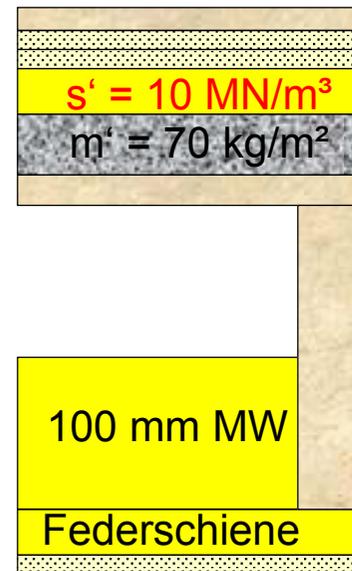
**Achtung: Laborprüfungen mit "weicher" Trittschalldämmung, keine Verlegung Parkett/Fliesen (Format) möglich, "harte" TSD ca.-5 dB**

# Schallschutz Holzbalkendecke, TE

Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 42 dB)

- 15 mm Parkett
- 25 mm Trockenestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton

Theorie



$L_{n,w}$  ca. 43 dB



Sanierung

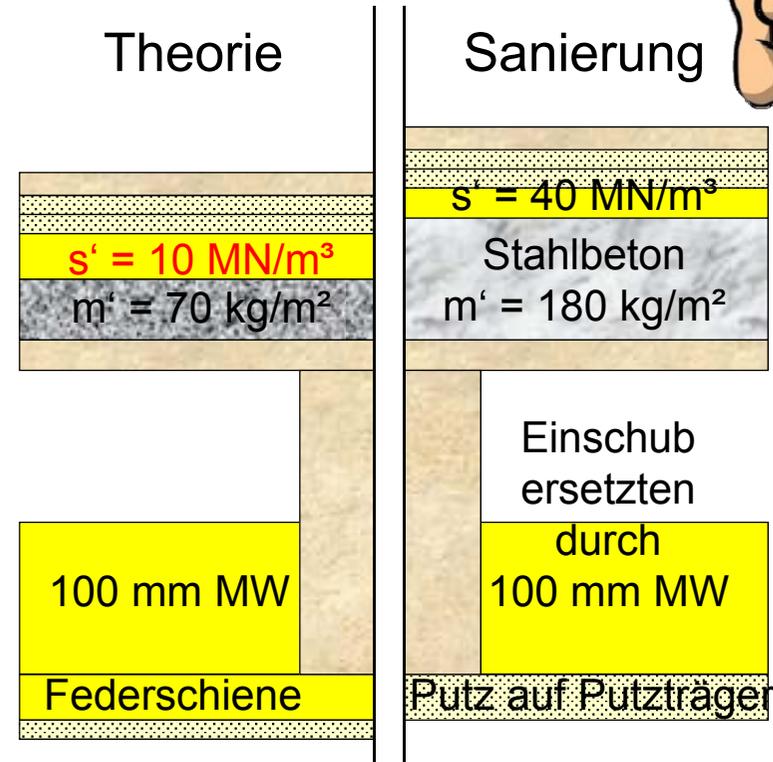


**Achtung: Laborprüfungen mit "weicher" Trittschalldämmung, keine Verlegung Parkett/Fliesen (Format) möglich, "harte" TSD ca.-5 dB**

# Schallschutz Holzbalkendecke, TE **gebundene Schüttung!**

Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 42 dB)

- 15 mm Parkett
- 25 mm Trockenestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



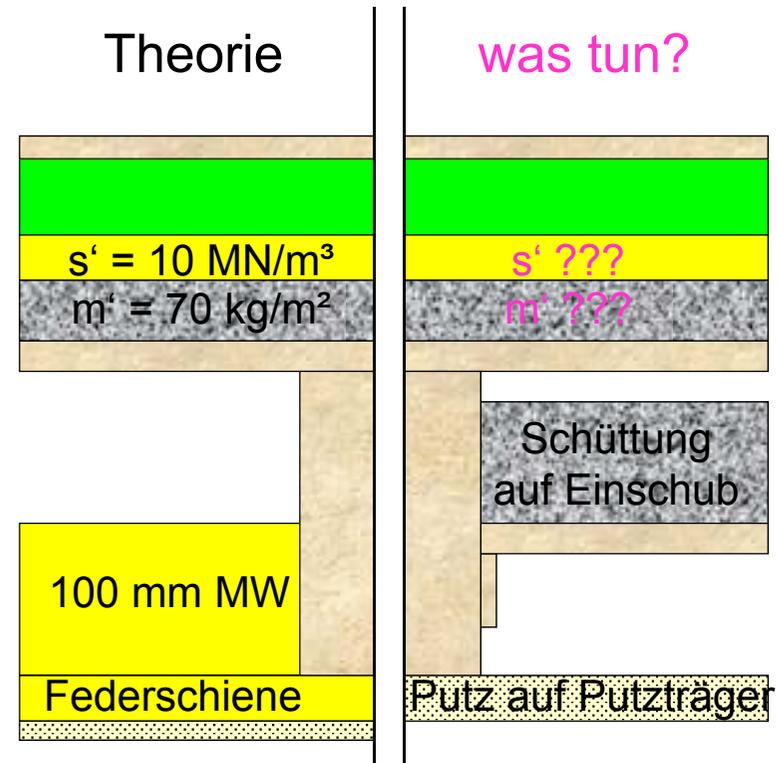
$L_{n,w}$  ca. 58 dB

**Achtung: gebundene Schüttung (hier Stahlbeton) - Trittschallschutz wird deutlich schlechter,  $L_{n,w} \gg 48 \text{ dB}$**

# Schallschutz Holzbalkendecke, ZE

Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 41 dB)

- 15 mm Parkett
- 50 mm Zementestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



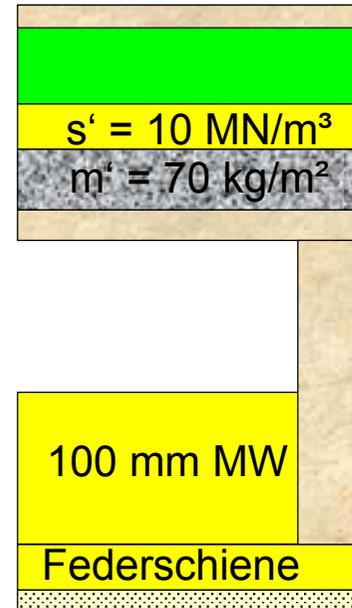
maximal "weiche" Trittschalldämmung kann real eingesetzt werden

# Schallschutz Holzbalkendecke, ZE

Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 41 dB)

- 15 mm Parkett
- 50 mm Zementestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton

Theorie



$L_{n,w}$  ca. 40 dB



Sanierung



maximal "weiche" Trittschalldämmung kann real eingesetzt werden

# Schallschutz Holzbalkendecke, ZE **gebundene Schüttung!**

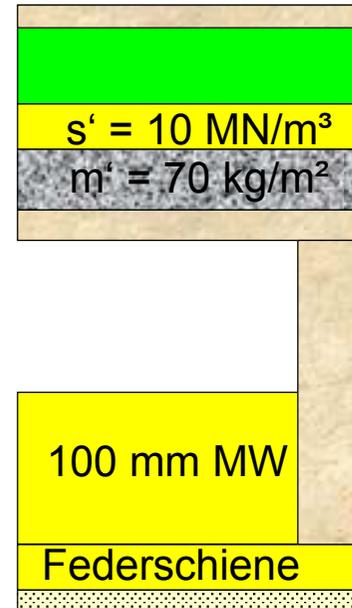
$L_{n,w}$  ca. 54 dB



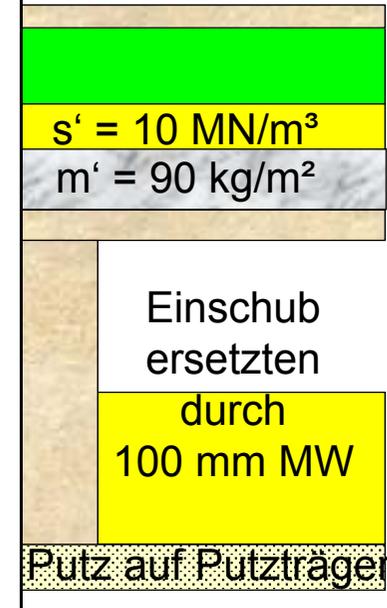
Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 41 dB)

- 15 mm Parkett
- 50 mm Zementestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton

Theorie



Sanierung

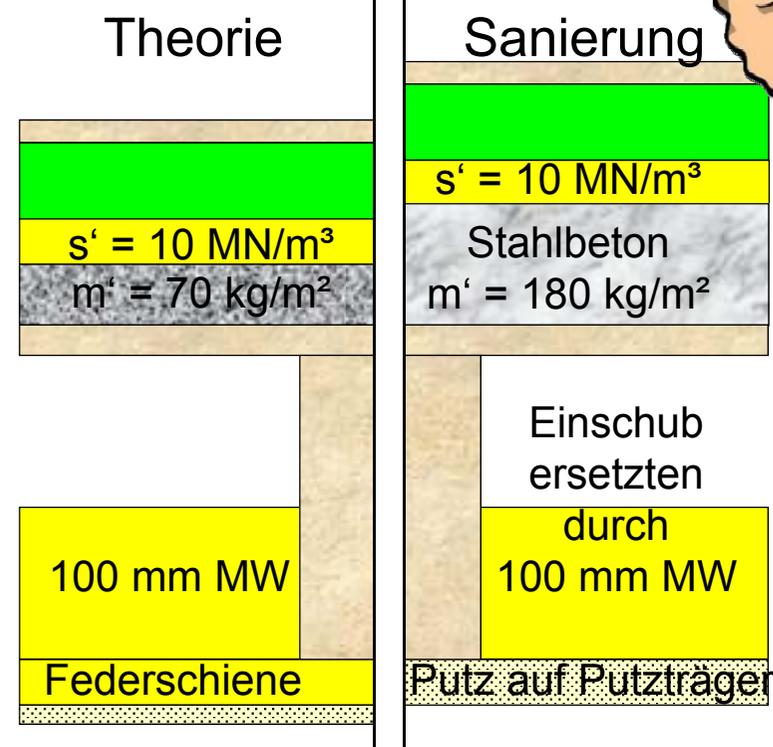


maximal "weiche" Trittschalldämmung kann real eingesetzt werden  
**gebundene Schüttung => Trittschallschutz wird deutlich schlechter**

# Schallschutz Holzbalkendecke, ZE

Aufbau Theorie ( $L_{n,w}$  ca. 42 dB)

- 15 mm Parkett
- 50 mm Zementestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- 40 mm Schüttung  $70 \text{ kg/m}^2$
- Rieselschutz
- 18 mm OSB-Platte
- 200 mm Luft / 100 MW
- 30 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



$L_{n,w}$  ca. 44 dB

maximal "weiche" Trittschalldämmung kann real eingesetzt werden  
**ca. 8 cm Stahlbeton = Massivdecke + schwimmender Estrich = OK**

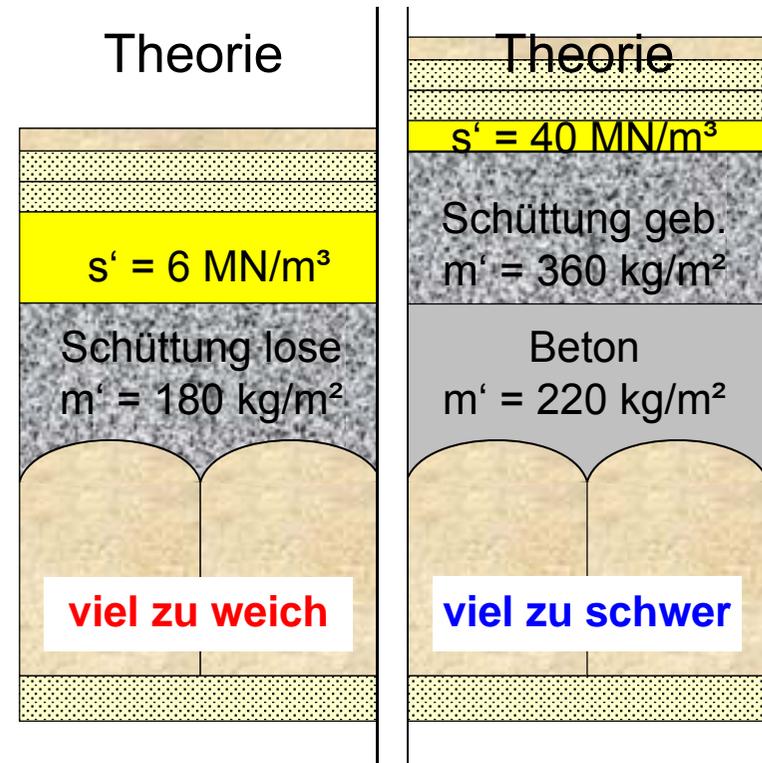
# Schallschutz Dippelbaumdecke, TE

$L_{n,w}$  ca. 42 dB

$L_{n,w}$  ca. 43 dB

## Aufbau Theorie

- 15 mm Parkett
- 40 mm Trockenestrich
- ?? mm TSD ?  $\text{MN/m}^3$
- ?? mm Schüttung/Beton
- 160 mm Dippelbaum
- 30 mm Putz auf Putzträger

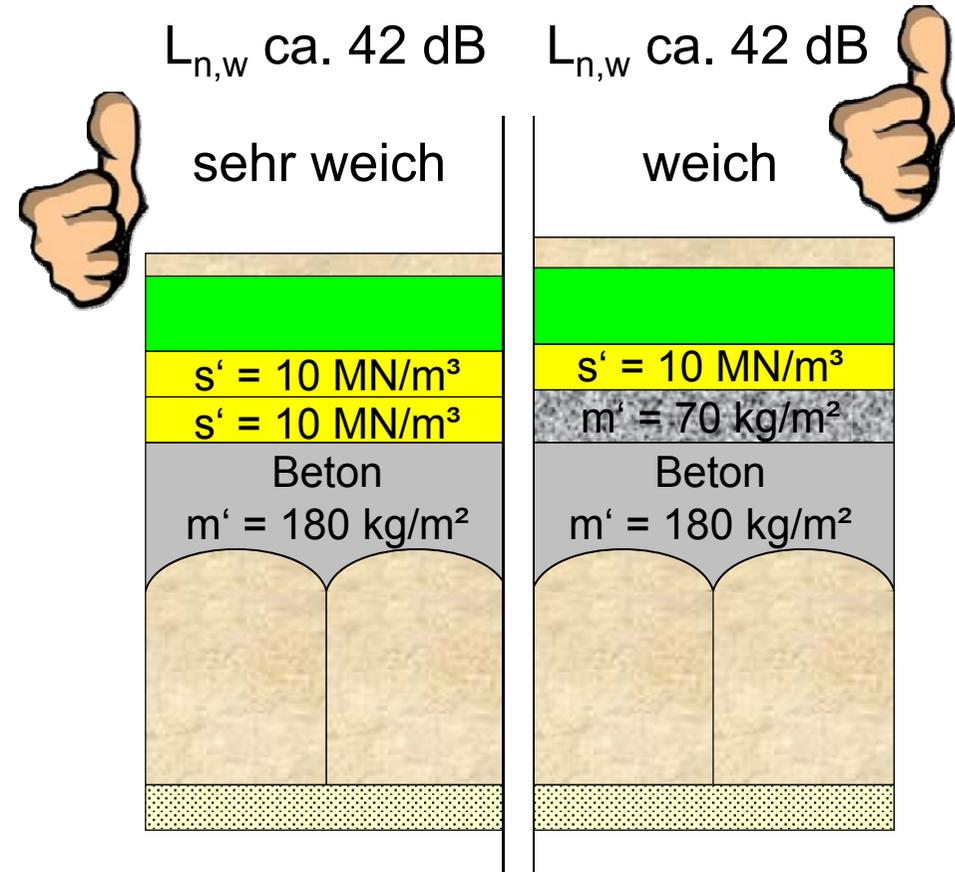


**Achtung: Laborprüfungen mit "weicher" Trittschalldämmung, keine Verlegung von Klebparkett/Fliesen möglich, "harte" TSD ca.-10 dB**

# Schallschutz Doppelbaumdecke, ZE

## Aufbau Theorie

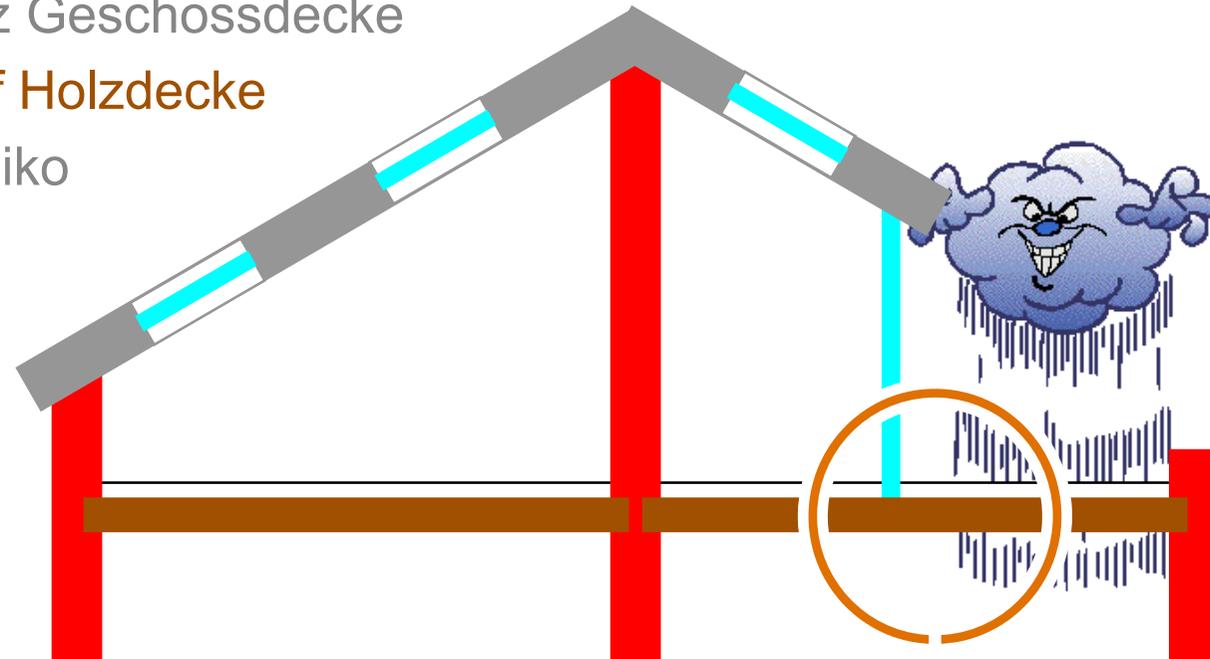
- 15 mm Parkett
- 50 mm Zementestrich
- 30 mm TSD  $s' = 10 \text{ MN/m}^3$
- ?? mm TSD / Schüttung
- 80 mm Beton
- 160 mm Doppelbaum
- 30 mm Putz auf Putzträger



maximal "weiche" Trittschalldämmung kann real eingesetzt werden  
**ca. 8 cm Stahlbeton = Massivdecke+schwimmender Estrich => OK**

## Terrasse auf Holzdecke

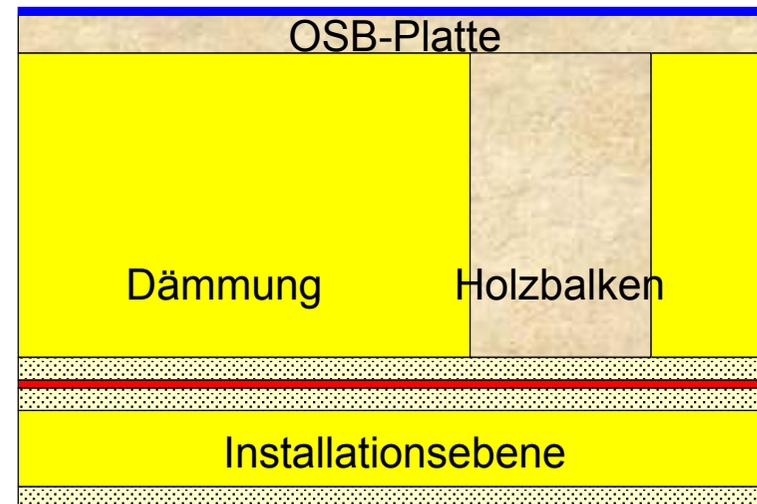
- Energieausweis Dachbodenausbau
- Sommerlicher Überwärmung
- Schallschutz Geschossdecke
- **Terrasse auf Holzdecke**
- Schimmelrisiko



# Terrasse - Abdichtung (dunkel)

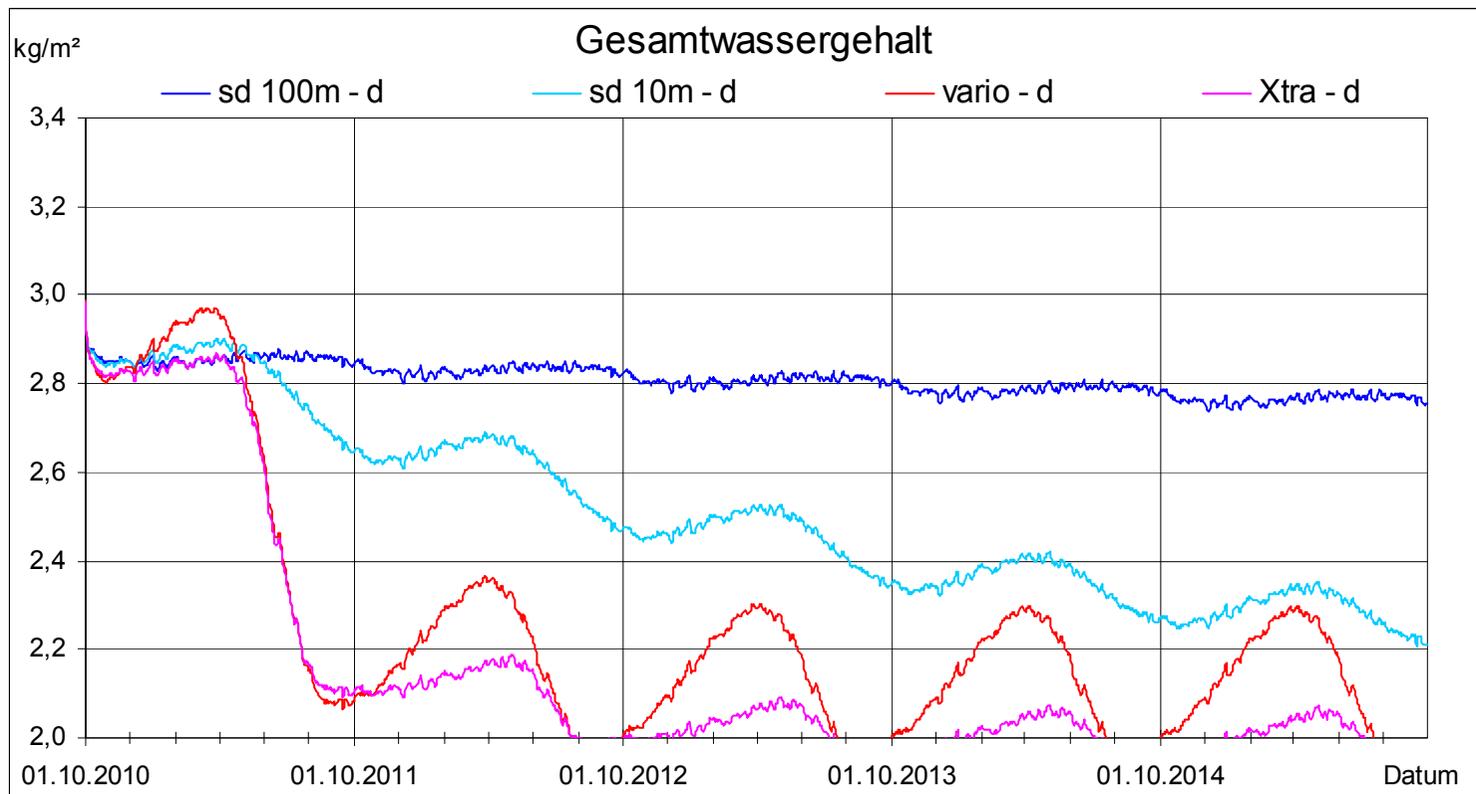
- 10 mm Abdichtung - dunkel
- 25 mm OSB-Platte
- 200 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- Dampfbremse**
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- 50 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton

Bitumenabdichtung  
(sd=500m)



# Terrasse - Abdichtung (dunkel) - gesamt

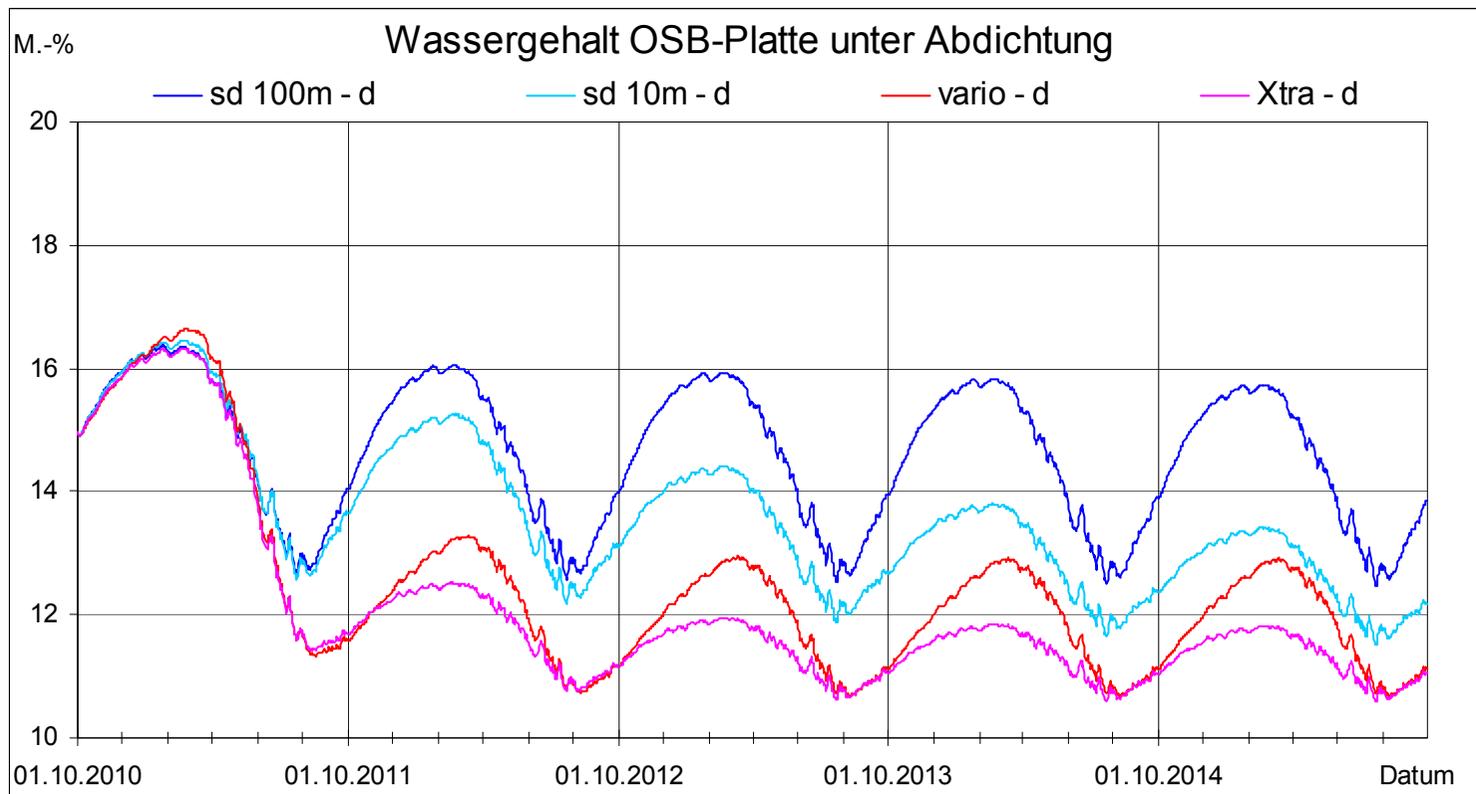
Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

# Terrasse - Abdichtung (dunkel) - OSB

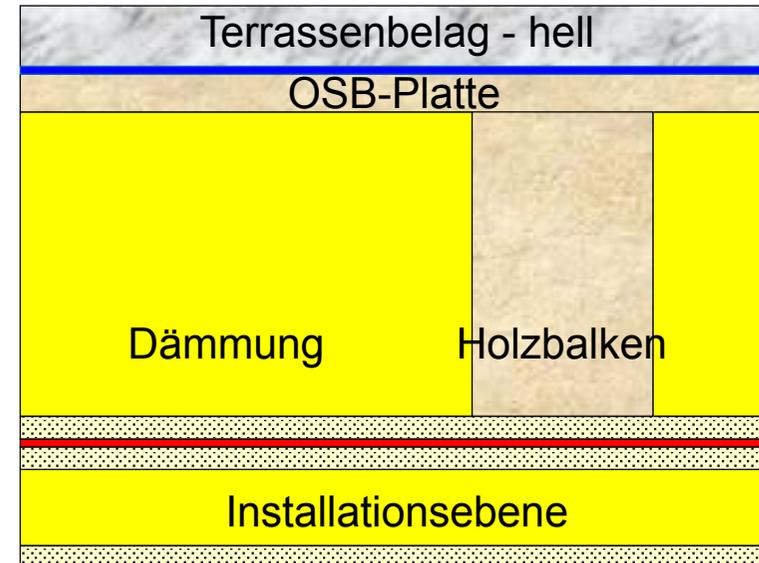
## Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

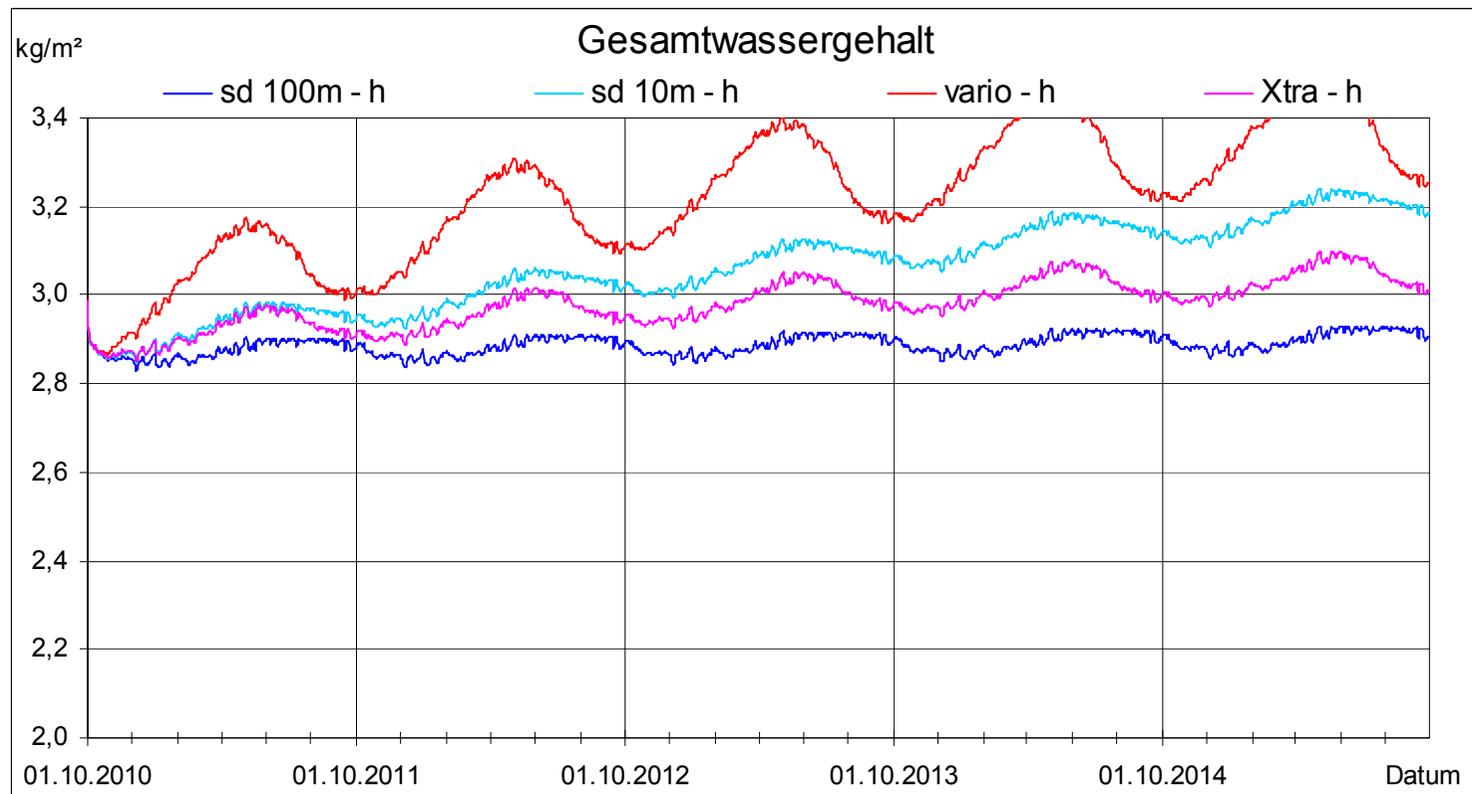
## Terrasse - Belag (hell)

- Terrassenbelag - hell
- 10 mm Abdichtung
  - 25 mm OSB-Platte
  - 200 mm Mineralwolle
  - 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
  - Dampfbremse**
  - 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
  - 50 mm Mineralwolle
  - 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



# Terrasse - Belag (hell) - gesamt

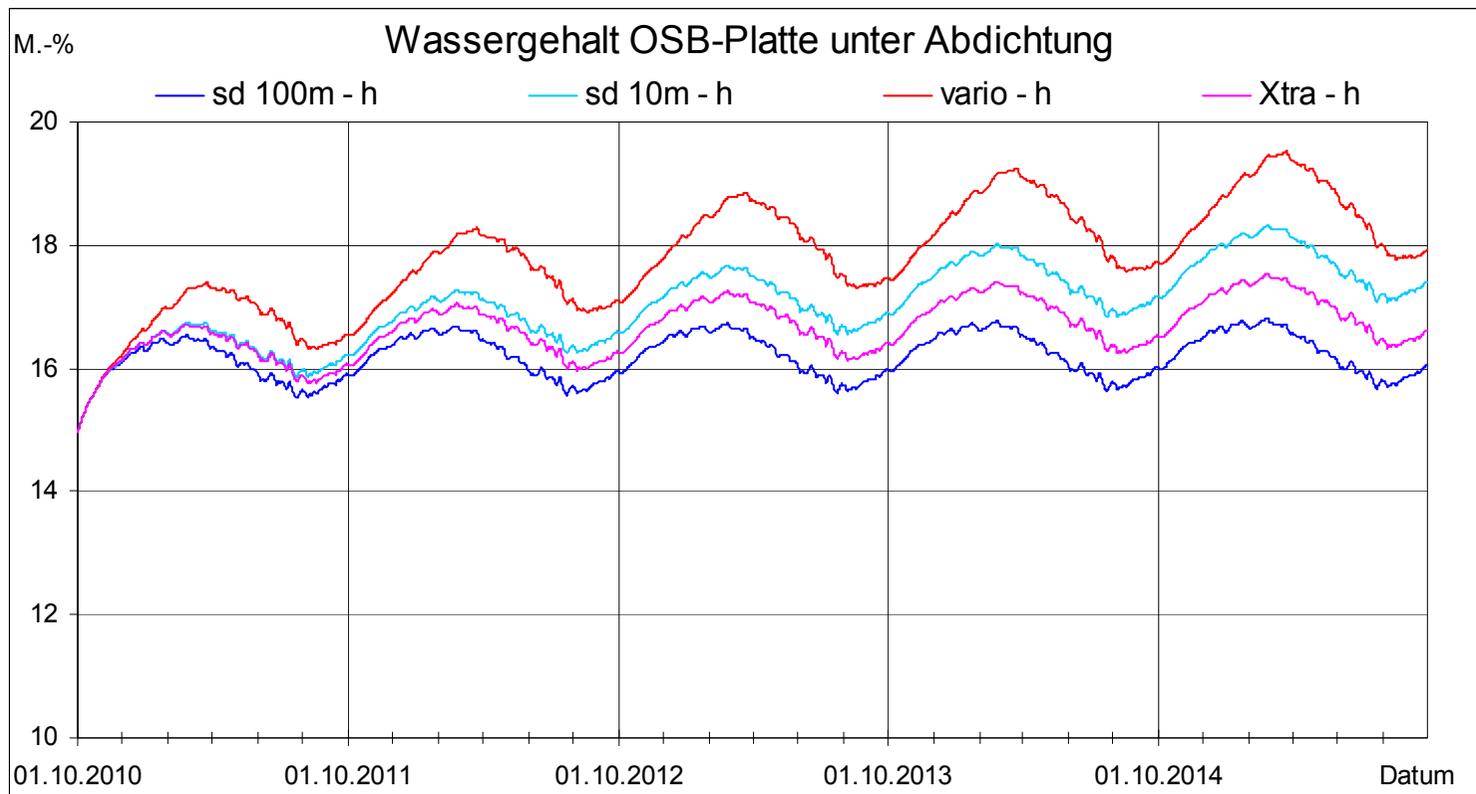
Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

# Terrasse - Belag (hell) - OSB

## Unterschiedliche Dampfbremsen

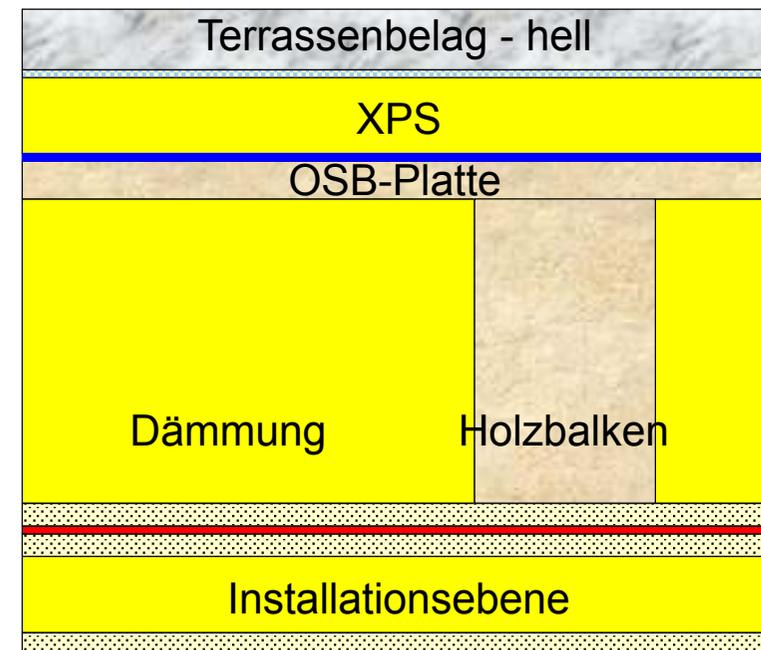


Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

# Terrasse - Belag (hell) - 50 XPS + 200 MW

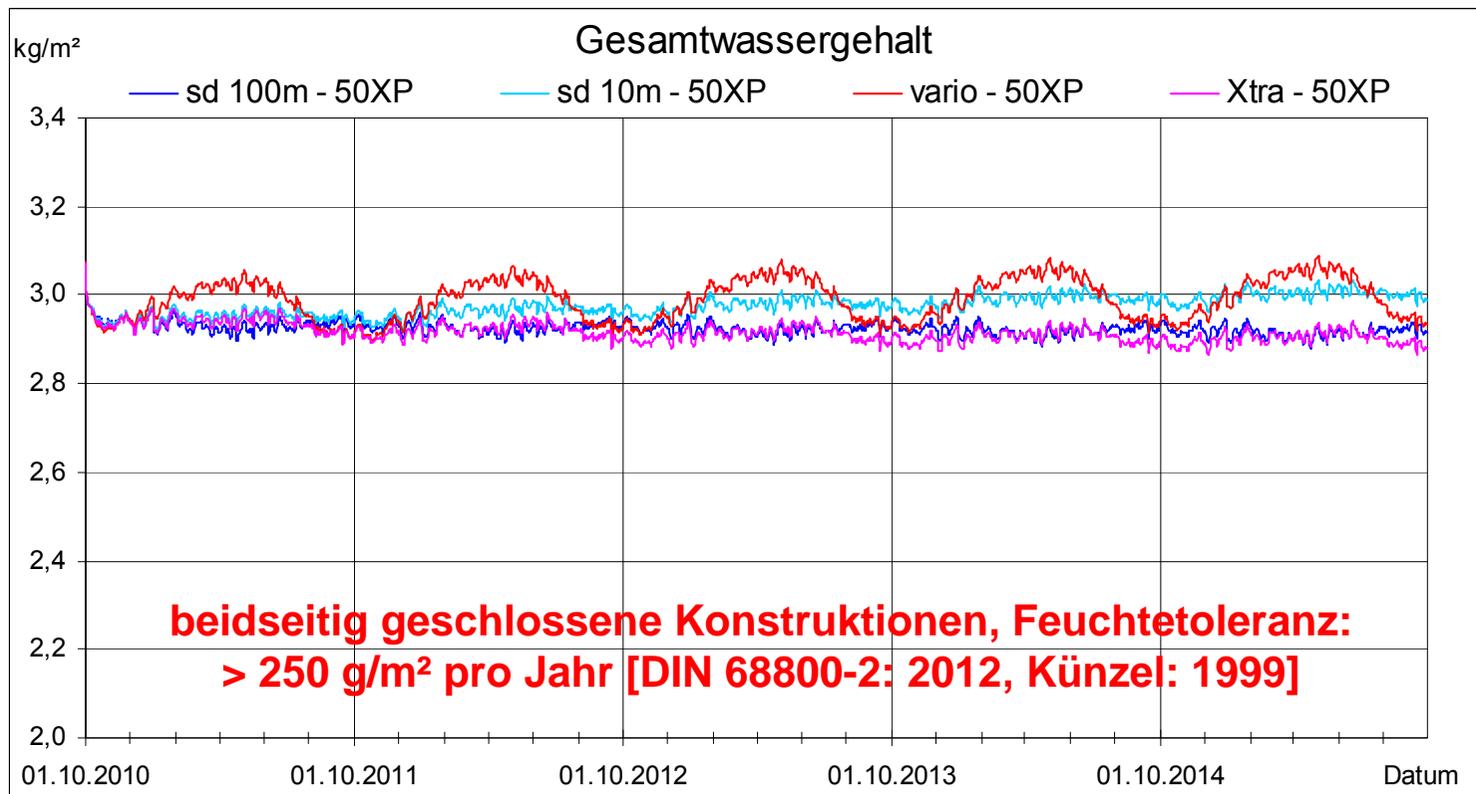
Terrassenbelag - hell  
wasserabl. Trennlage

- 50 mm XPS
- 10 mm Abdichtung
- 25 mm OSB-Platte
- 200 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- Dampfbremse**
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- 50 mm Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



# Terrasse - Belag (hell) - 50 XPS + 200 MW

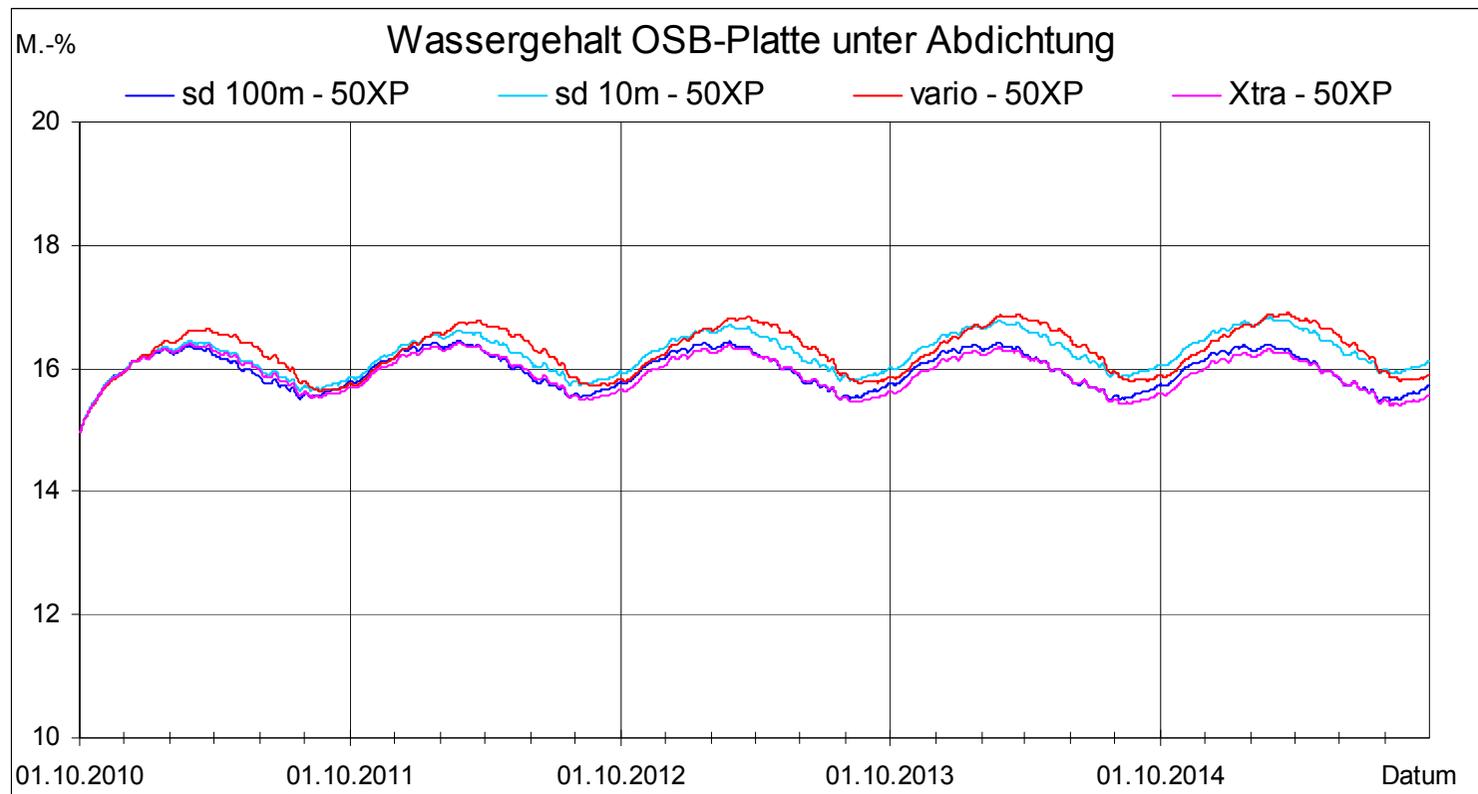
## Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

# Terrasse - Belag (hell) - 50 XPS + 200 MW

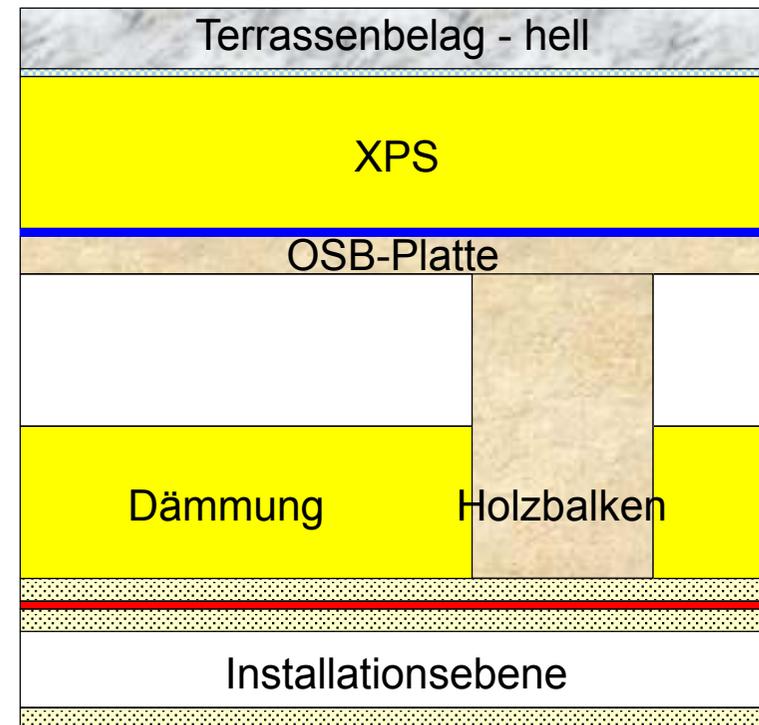
## Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

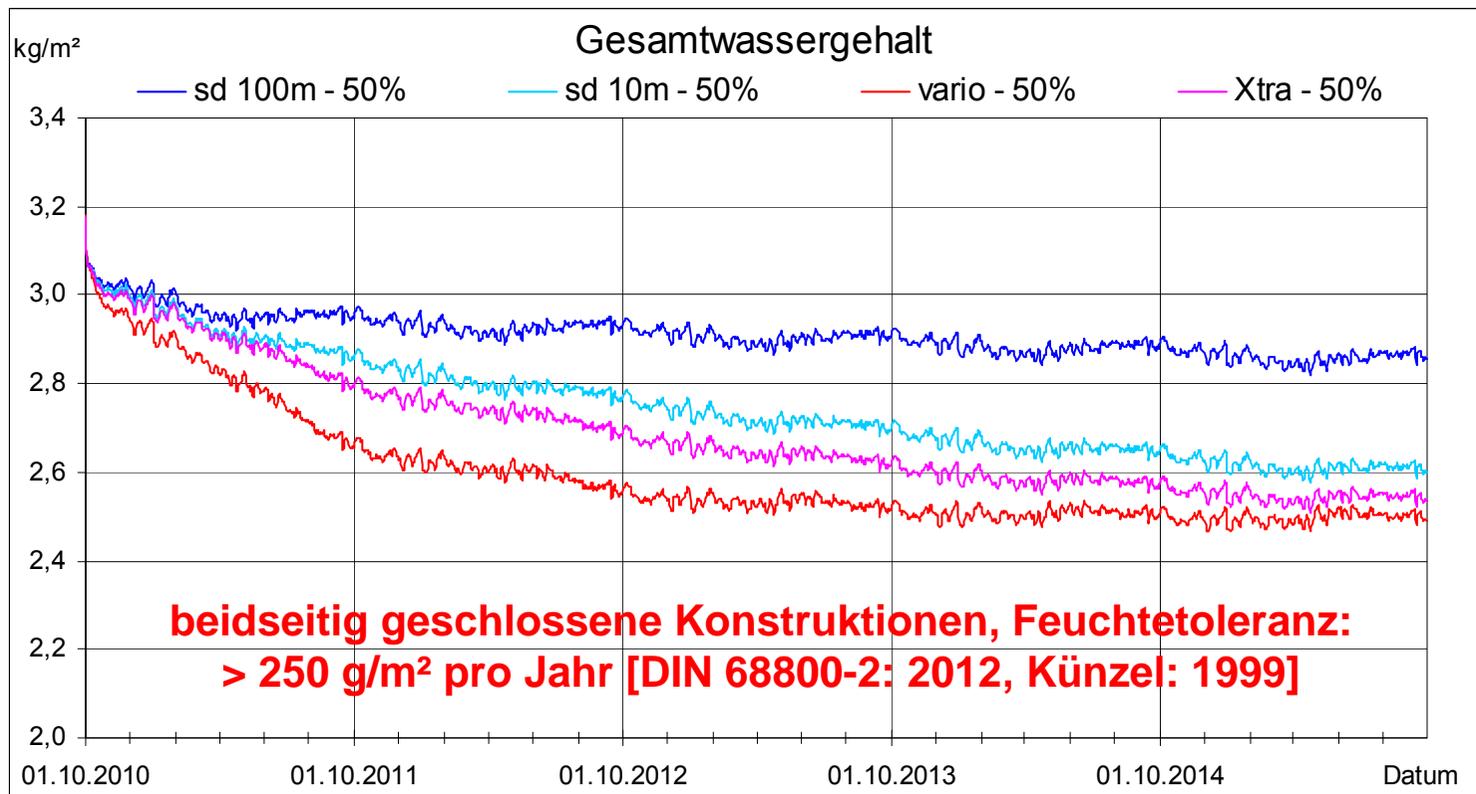
# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

- Terrassenbelag - hell
- wasserabl. Trennlage
- 100 mm XPS
- 10 mm Abdichtung
- 25 mm OSB-Platte
- 200 mm ½ Luft + ½ Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- Dampfbremse**
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- 50 mm Lufthohlraum
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton



# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

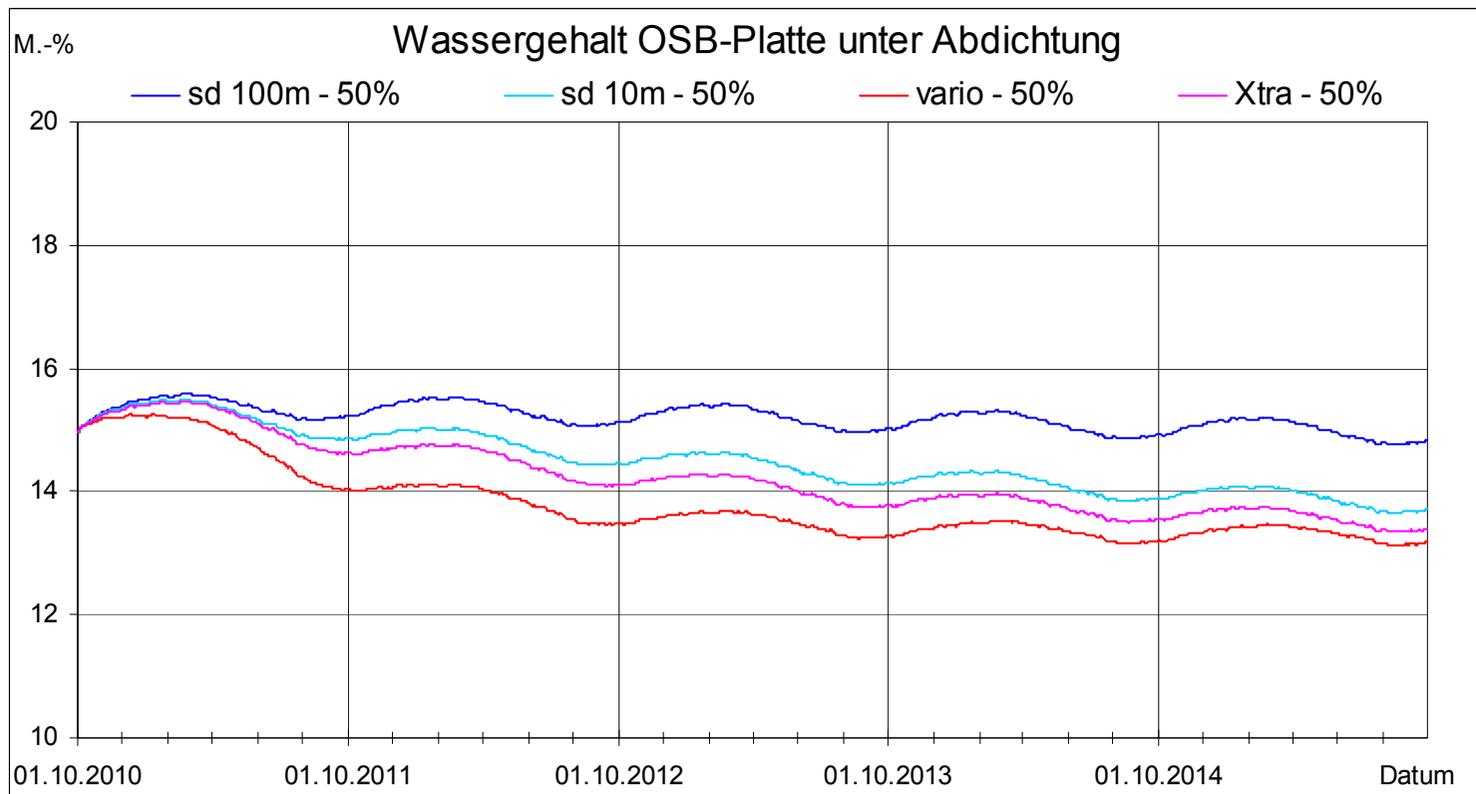
## Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

## Unterschiedliche Dampfbremsen



Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

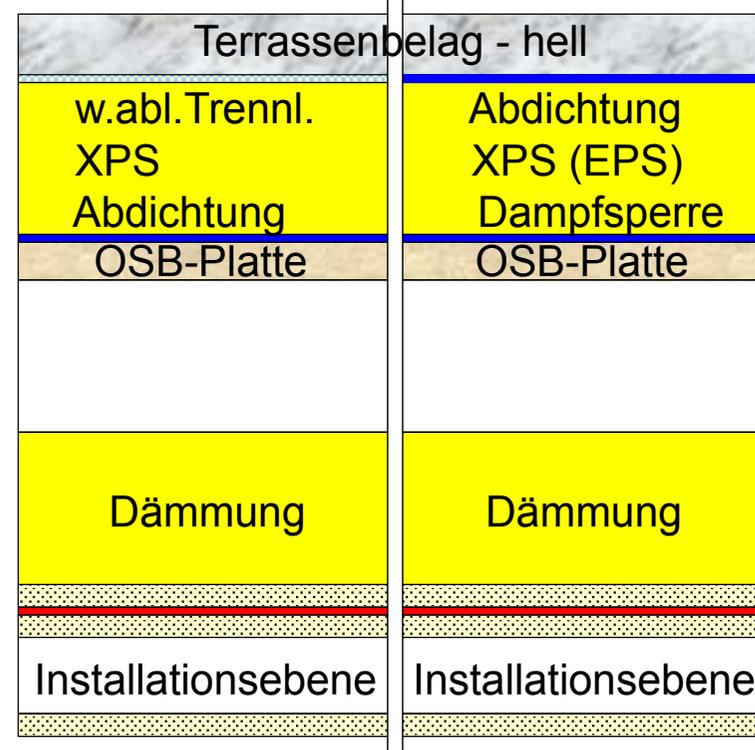
# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

- Terrassenbelag - hell
- w.abl.Trennl./Abdichtung
- 100 mm XPS bzw. EPS
- 10 mm Abdichtung/Dampfsperre
- 25 mm OSB-Platte
- 200 mm ½ Luft + ½ Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- Dampfbremse**
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- 50 mm Lufthohlraum
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton

## Einfluss Dachart

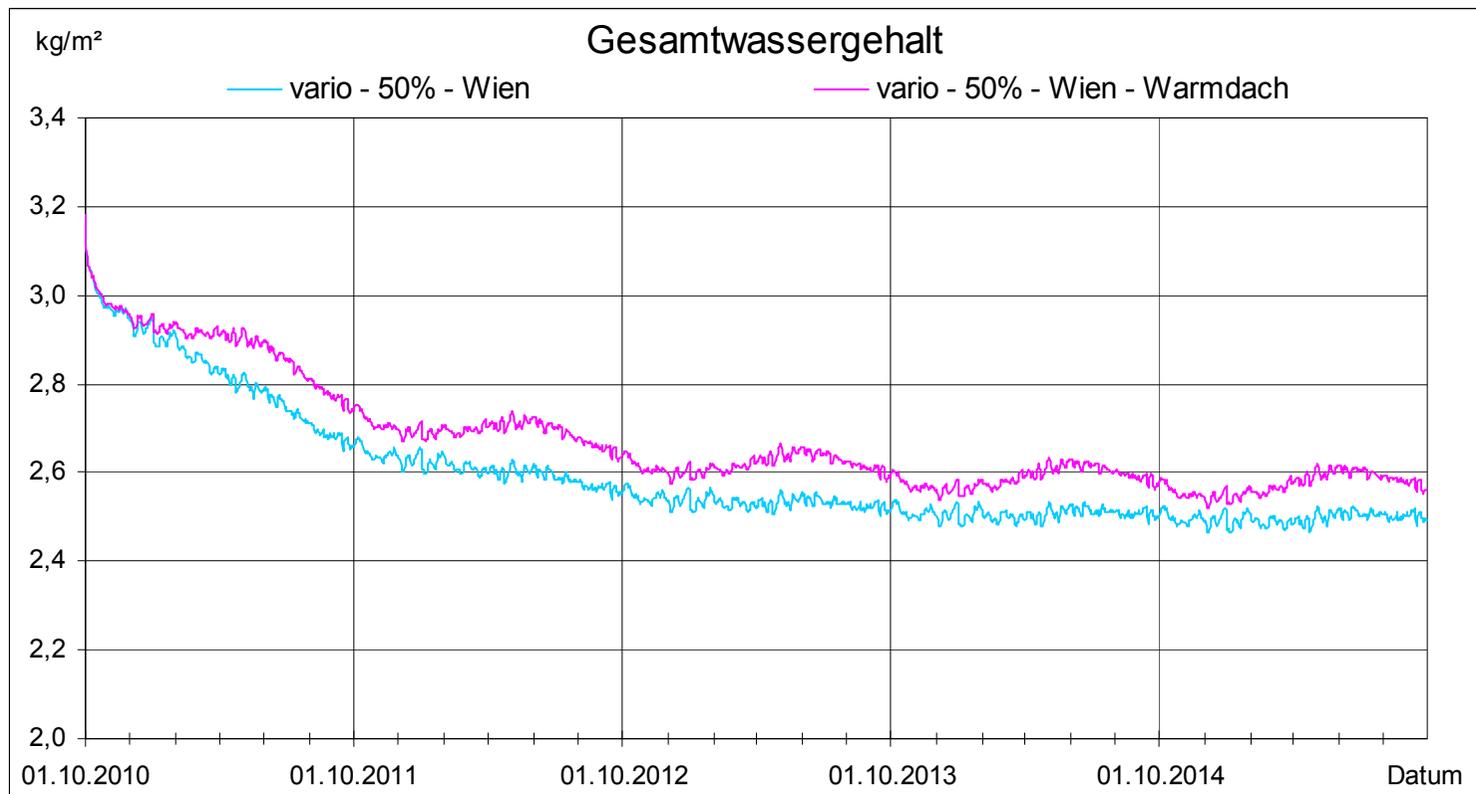
### Umkehrdach

### Warmdach



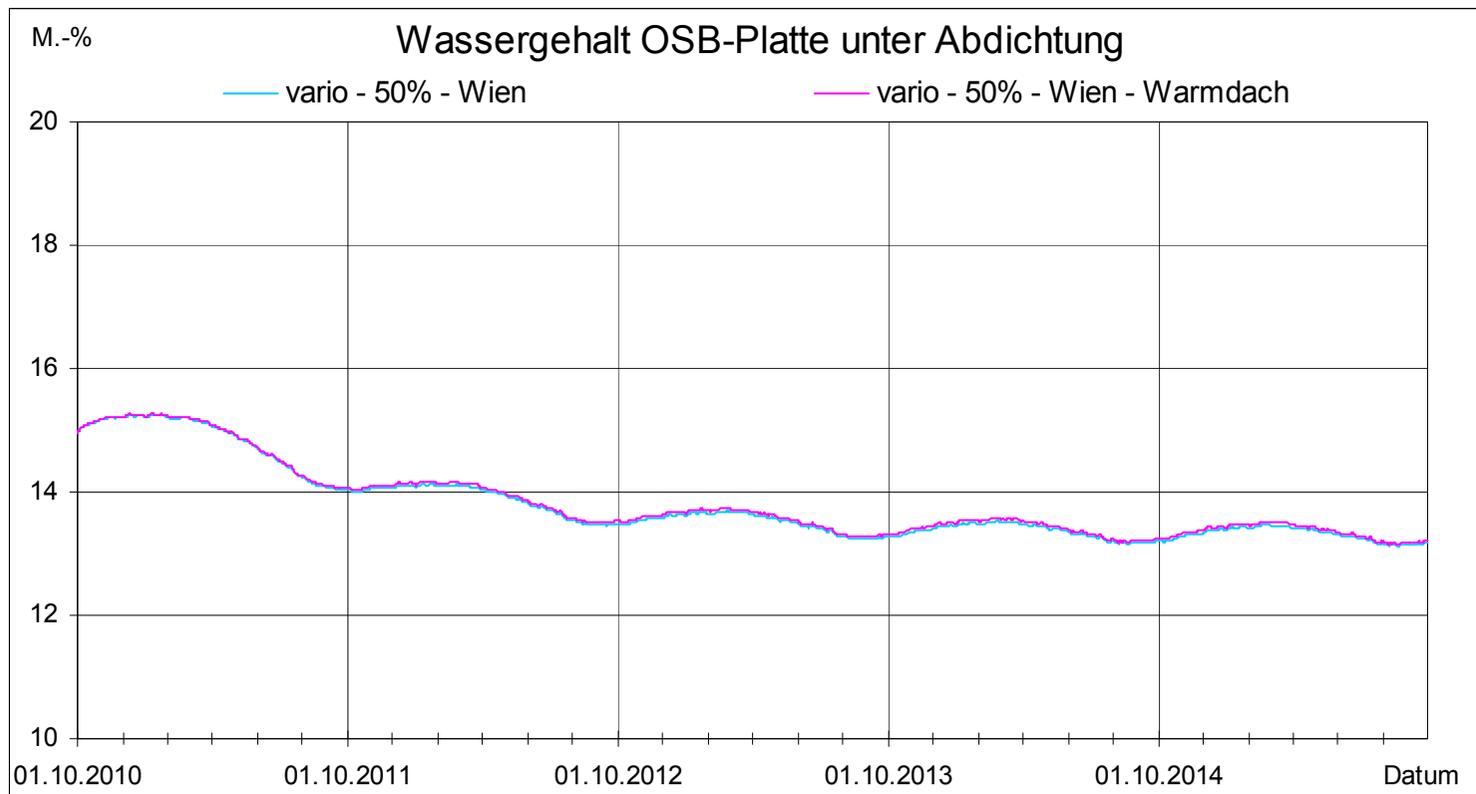
# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

Unterschiedliche Dächer: Umkehrdach bzw. Warmdach



# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

Unterschiedliche Dächer: Umkehrdach bzw. Warmdach

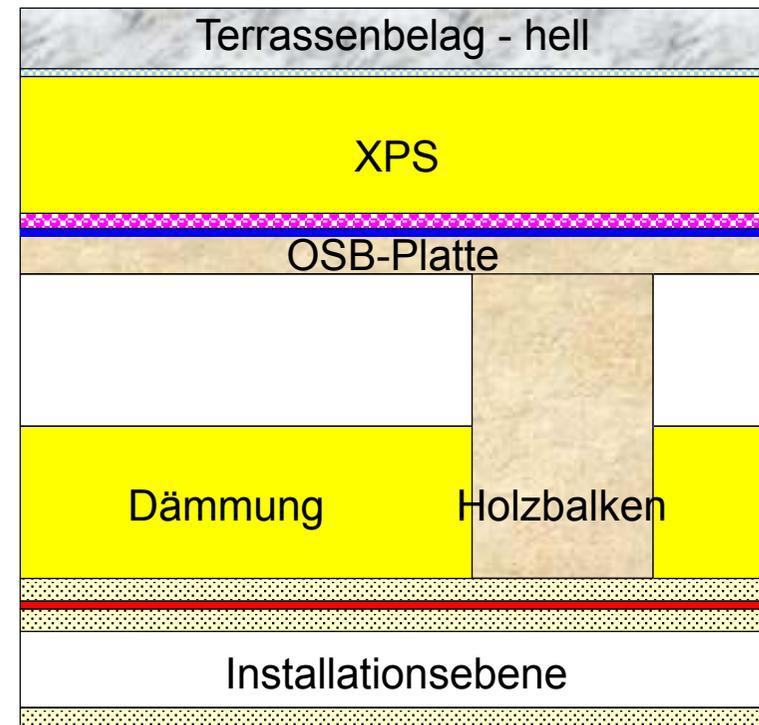


Simulation WuFi 5.2 (IBP Holzkirchen)

# Terrasse - Belag (hell) - 100 XPS + 100 MW

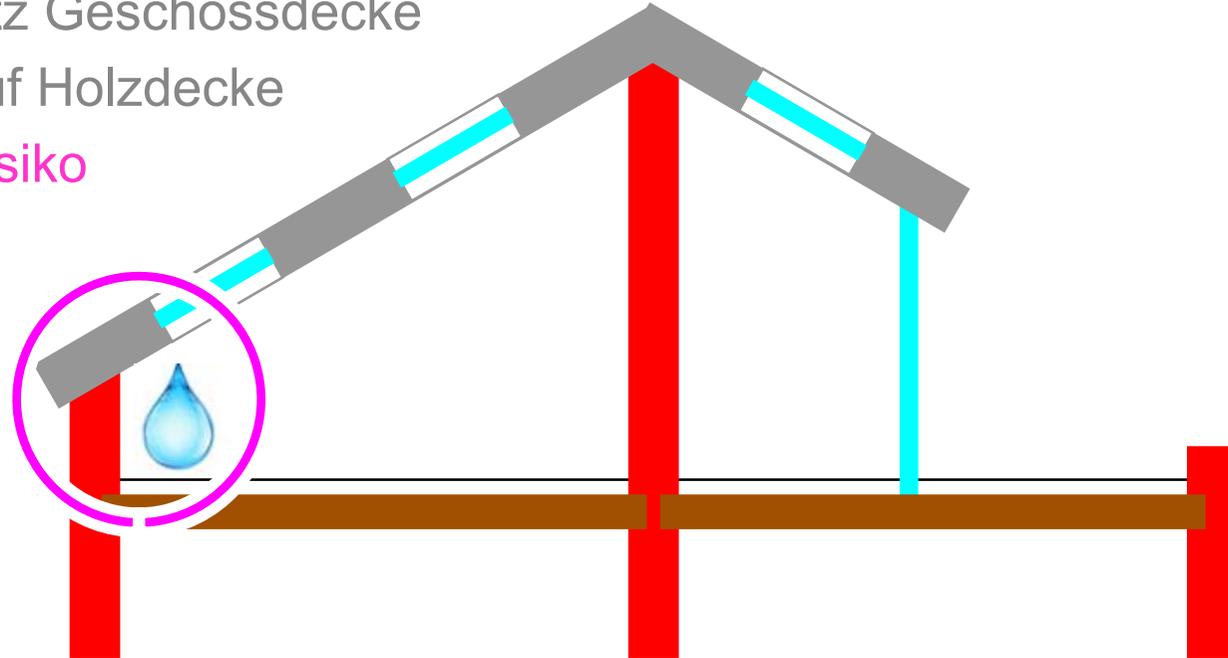
- Terrassenbelag - hell
- wasserabl. Trennlage
- 100 mm XPS
- 10 mm Abdichtung
- 25 mm OSB-Platte
- 200 mm ½ Luft + ½ Mineralwolle
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- Dampfbremse**
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton
- 50 mm Lufthohlraum
- 12<sup>5</sup>mm Gipskarton

Trittschalldämmung !!!

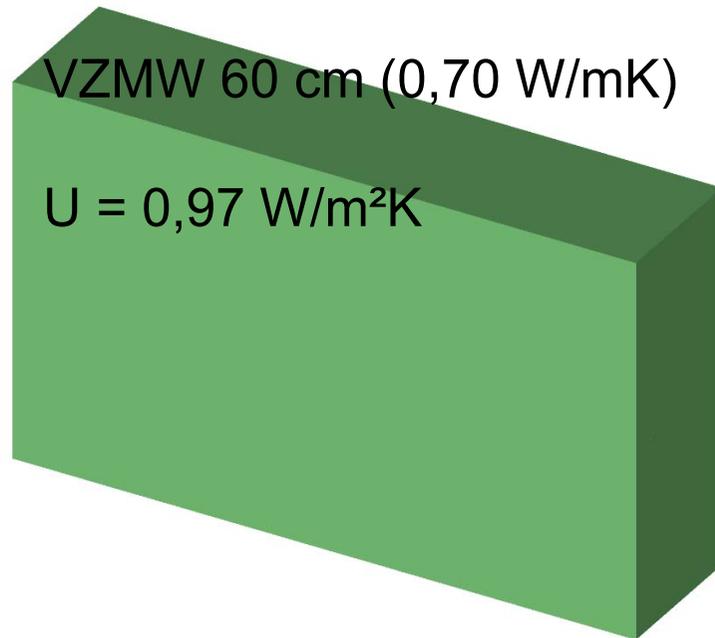


# Schimmelrisiko

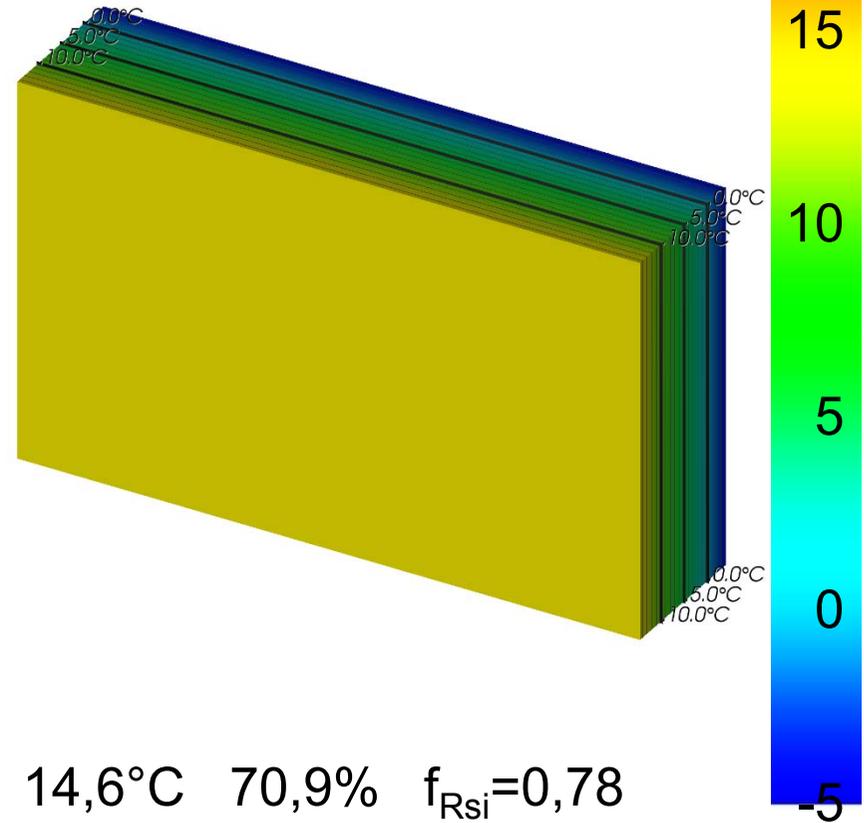
- Energieausweis Dachbodenausbau
- Sommerlicher Überwärmung
- Schallschutz Geschossdecke
- Terrasse auf Holzdecke
- Schimmelrisiko



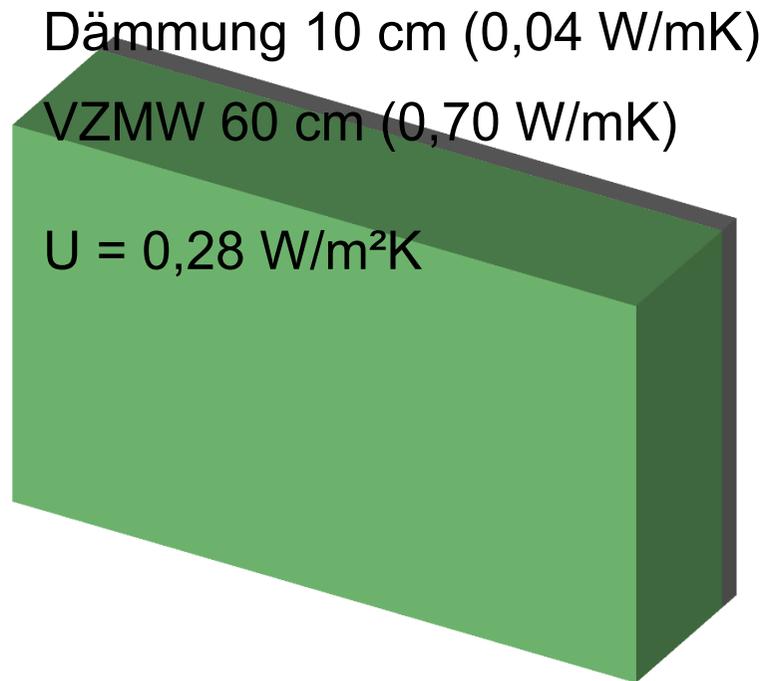
# Ebenes Bauteil - ohne Dämmung



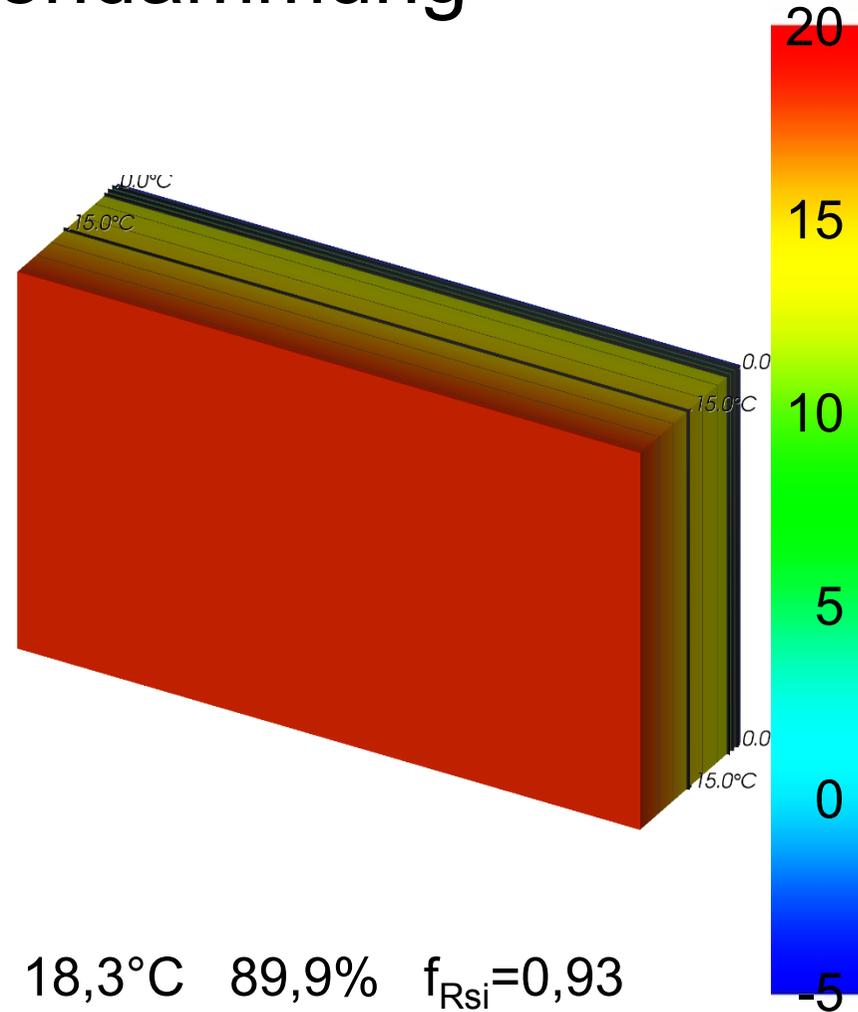
ohne Dämmung



# Ebenes Bauteil - Außendämmung



ohne Schwächung



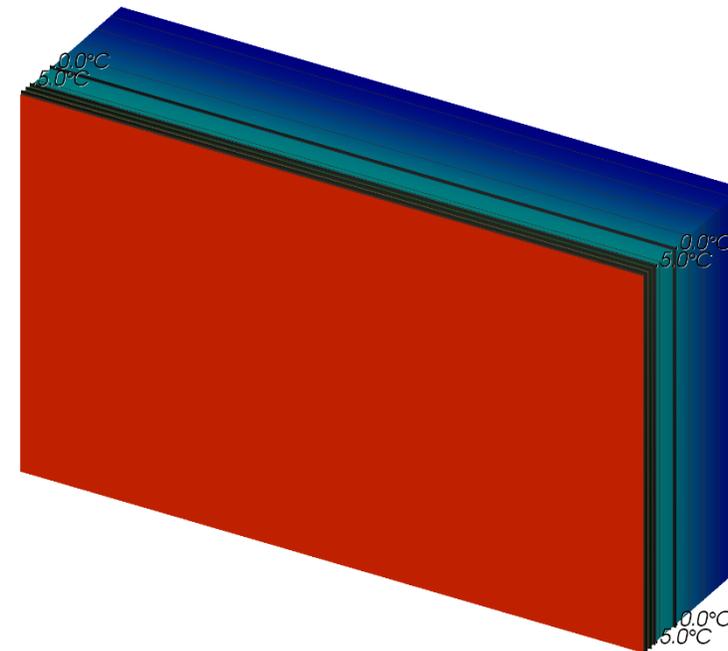
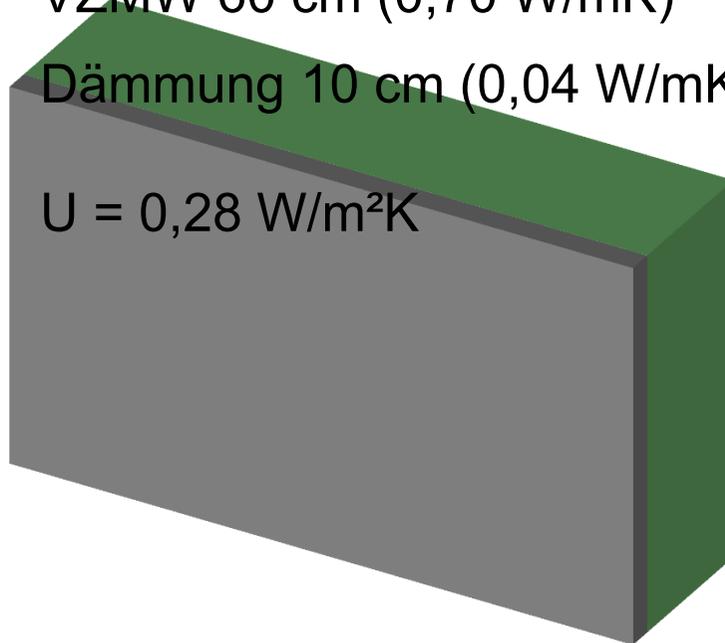
18,3°C 89,9%  $f_{Rsi} = 0,93$

# Ebenes Bauteil - Innendämmung

VZMW 60 cm (0,70 W/mK)

Dämmung 10 cm (0,04 W/mK)

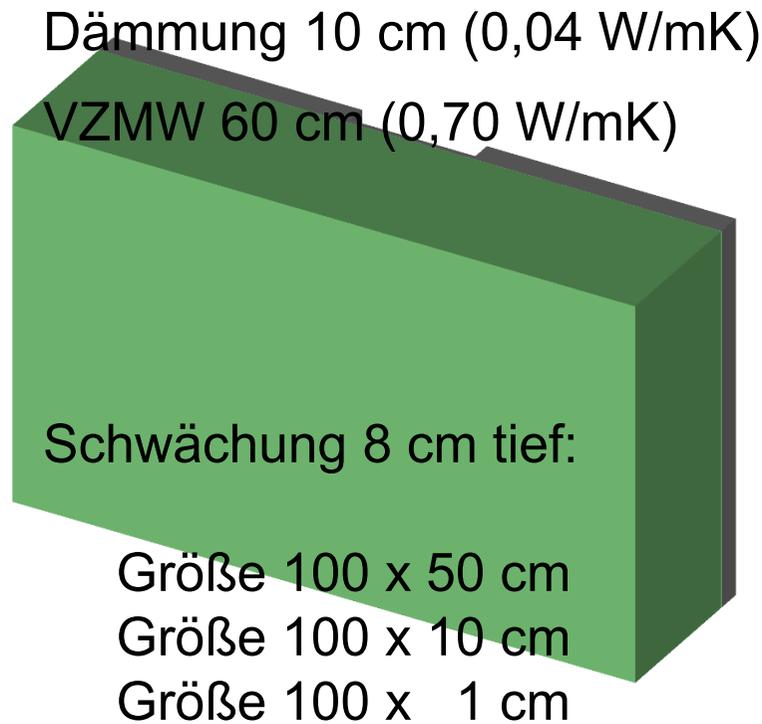
$U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$



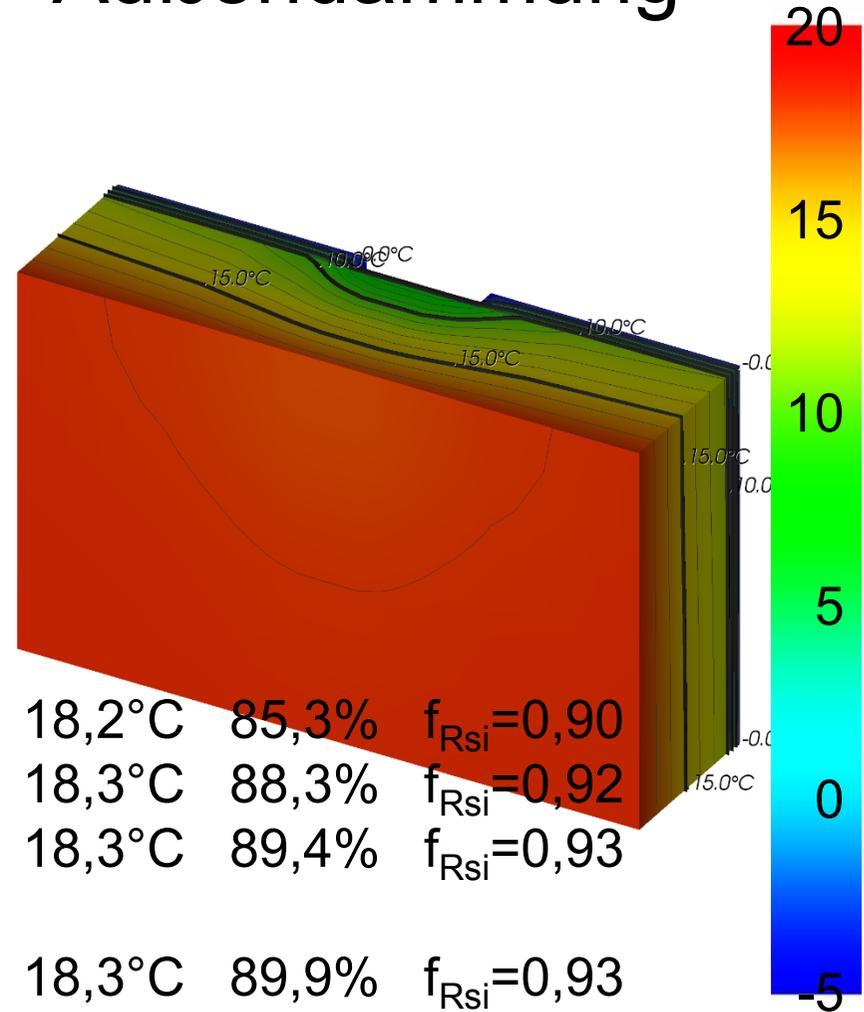
U-Wert gleich => EKZ gleich  
ohne Schwächung

18,3°C 89,9%  $f_{Rsi}=0,93$

# örtliche Schwächung - Außendämmung



ohne Schwächung



# örtliche Schwächung - Innendämmung

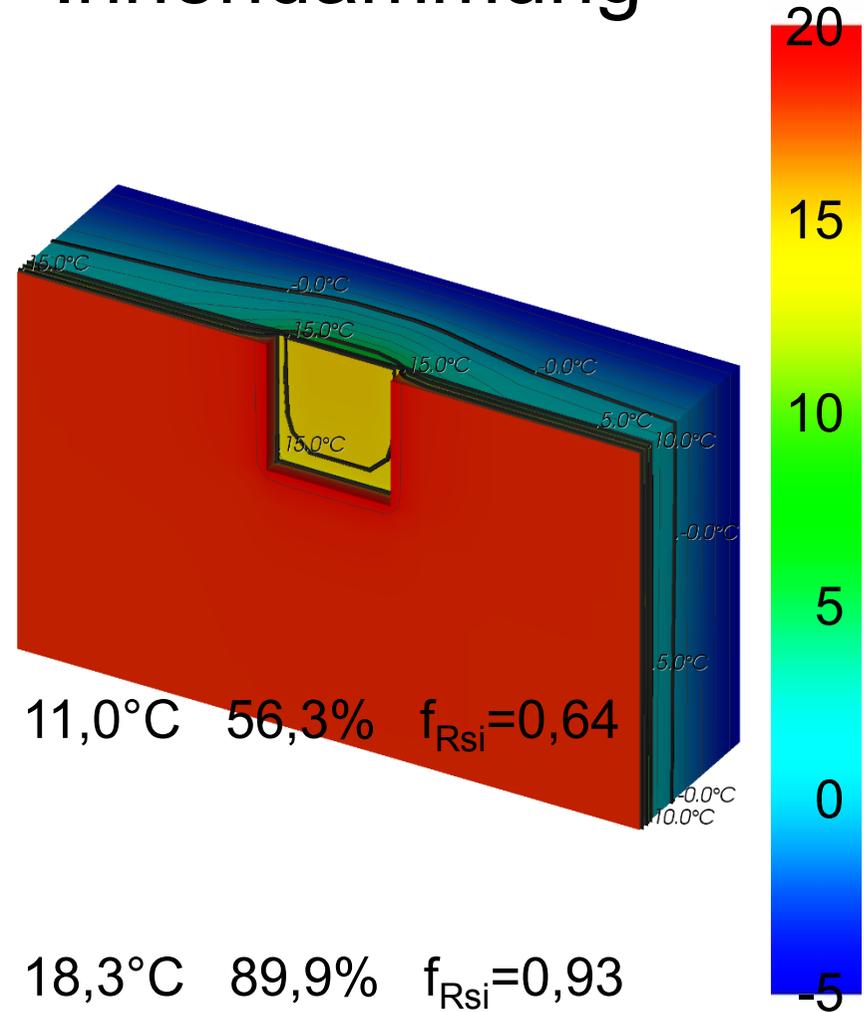
VZMW 60 cm (0,70 W/mK)

Dämmung 10 cm (0,04 W/mK)

Schwächung 8 cm tief:

Größe 100 x 50 cm

ohne Schwächung



# örtliche Schwächung - Innendämmung

VZMW 60 cm (0,70 W/mK)

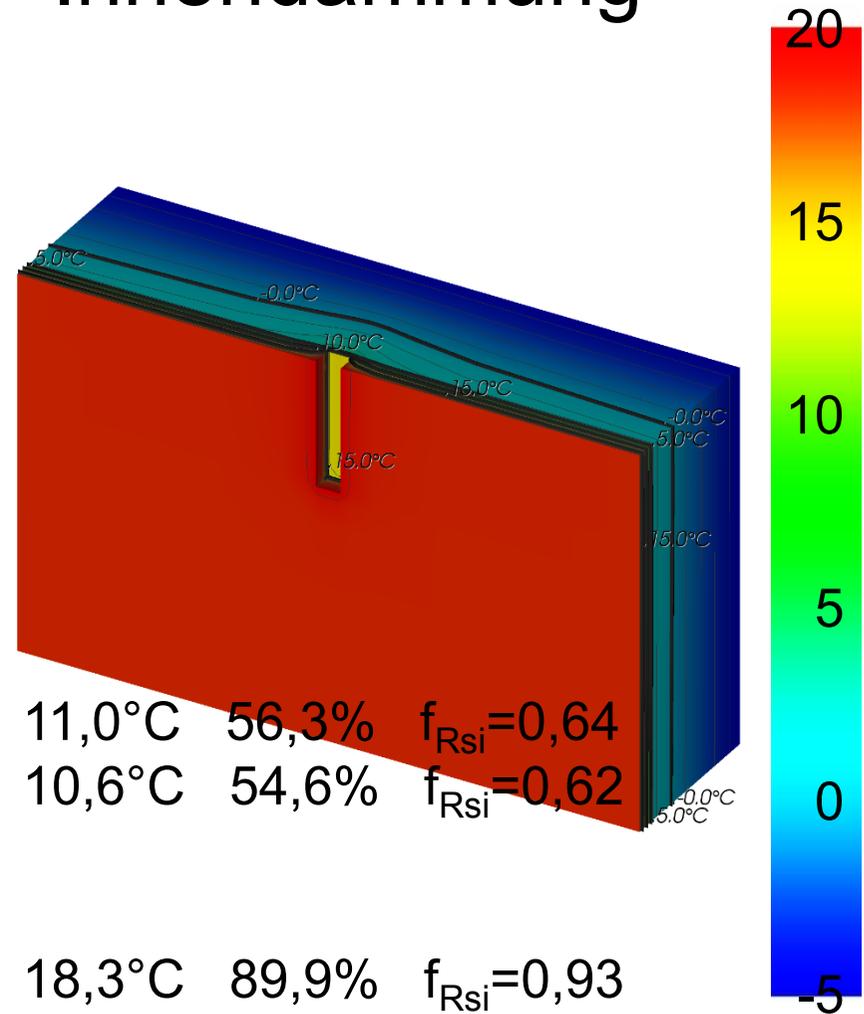
Dämmung 10 cm (0,04 W/mK)

Schwächung 8 cm tief:

Größe 100 x 50 cm

Größe 100 x 10 cm

ohne Schwächung



# örtliche Schwächung - Innendämmung

VZMW 60 cm (0,70 W/mK)

Dämmung 10 cm (0,04 W/mK)

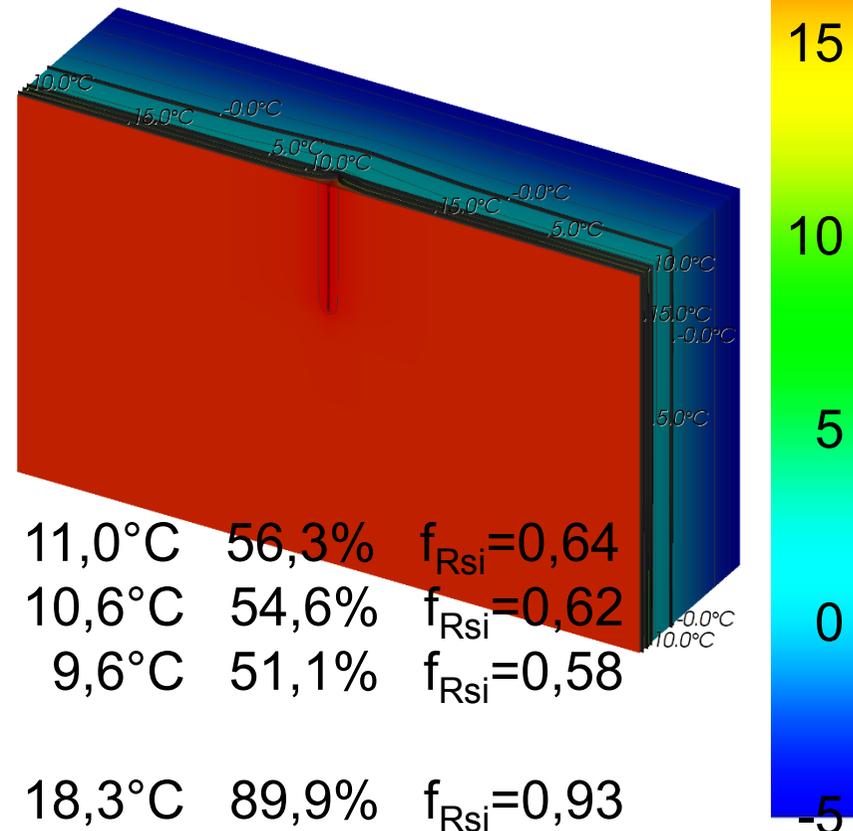
Schwächung 8 cm tief:

Größe 100 x 50 cm

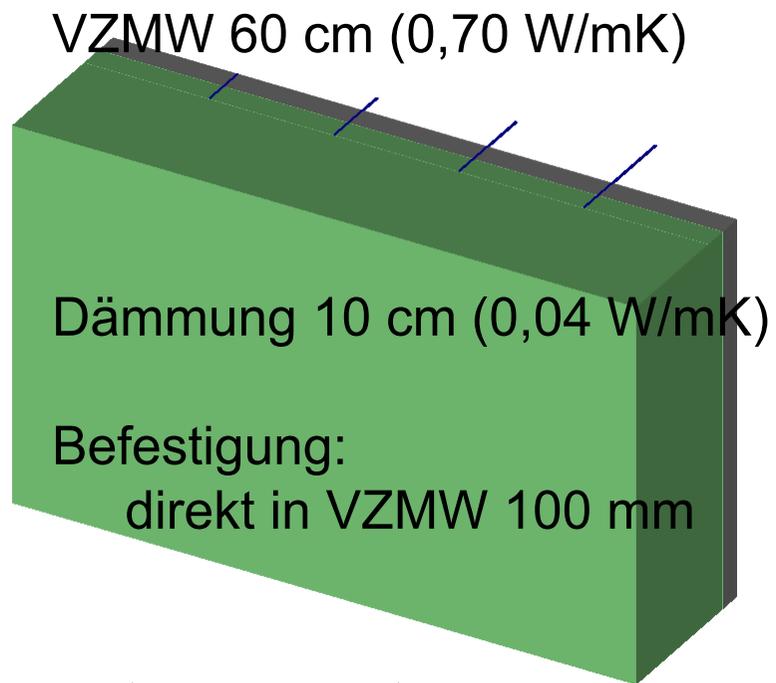
Größe 100 x 10 cm

Größe 100 x 1 cm

ohne Schwächung

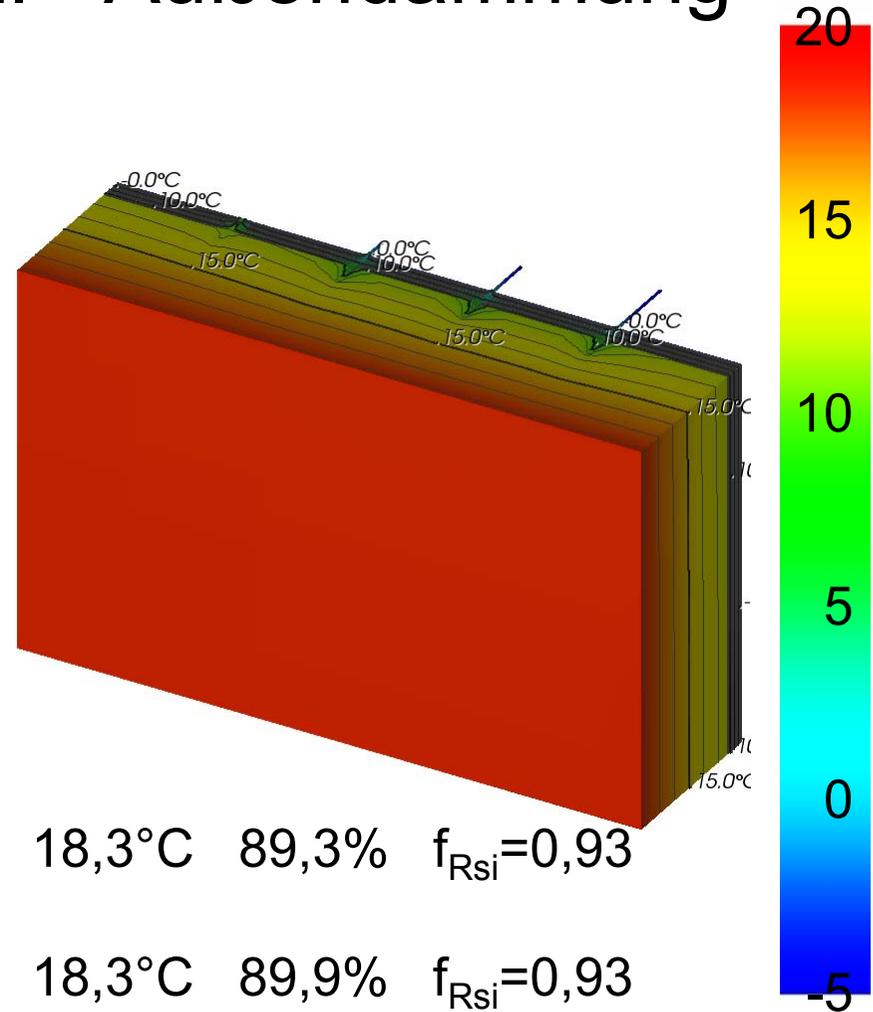


# Befestigung aus Stahl - Außendämmung

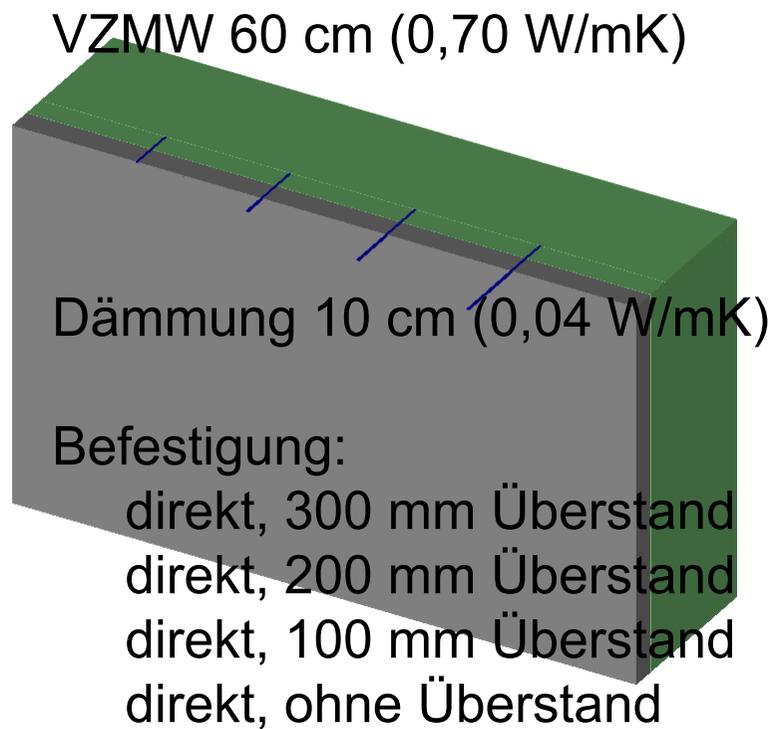


‘worst case‘

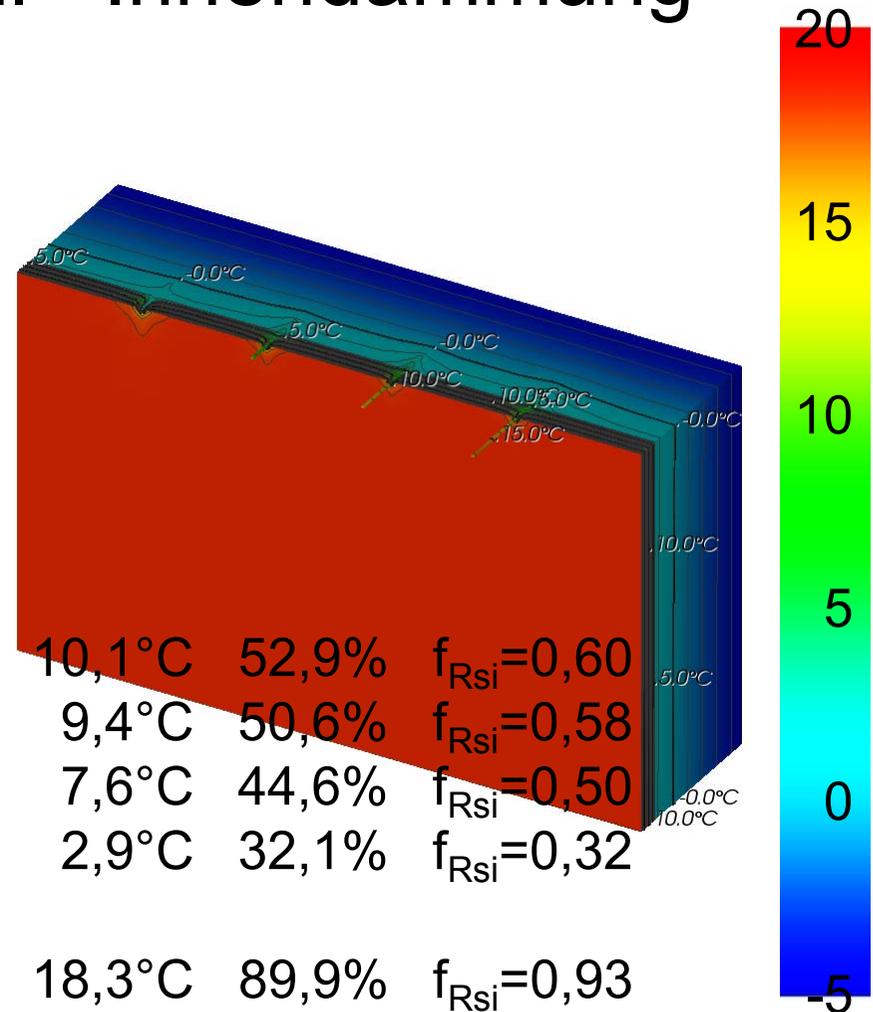
ohne Schwächung



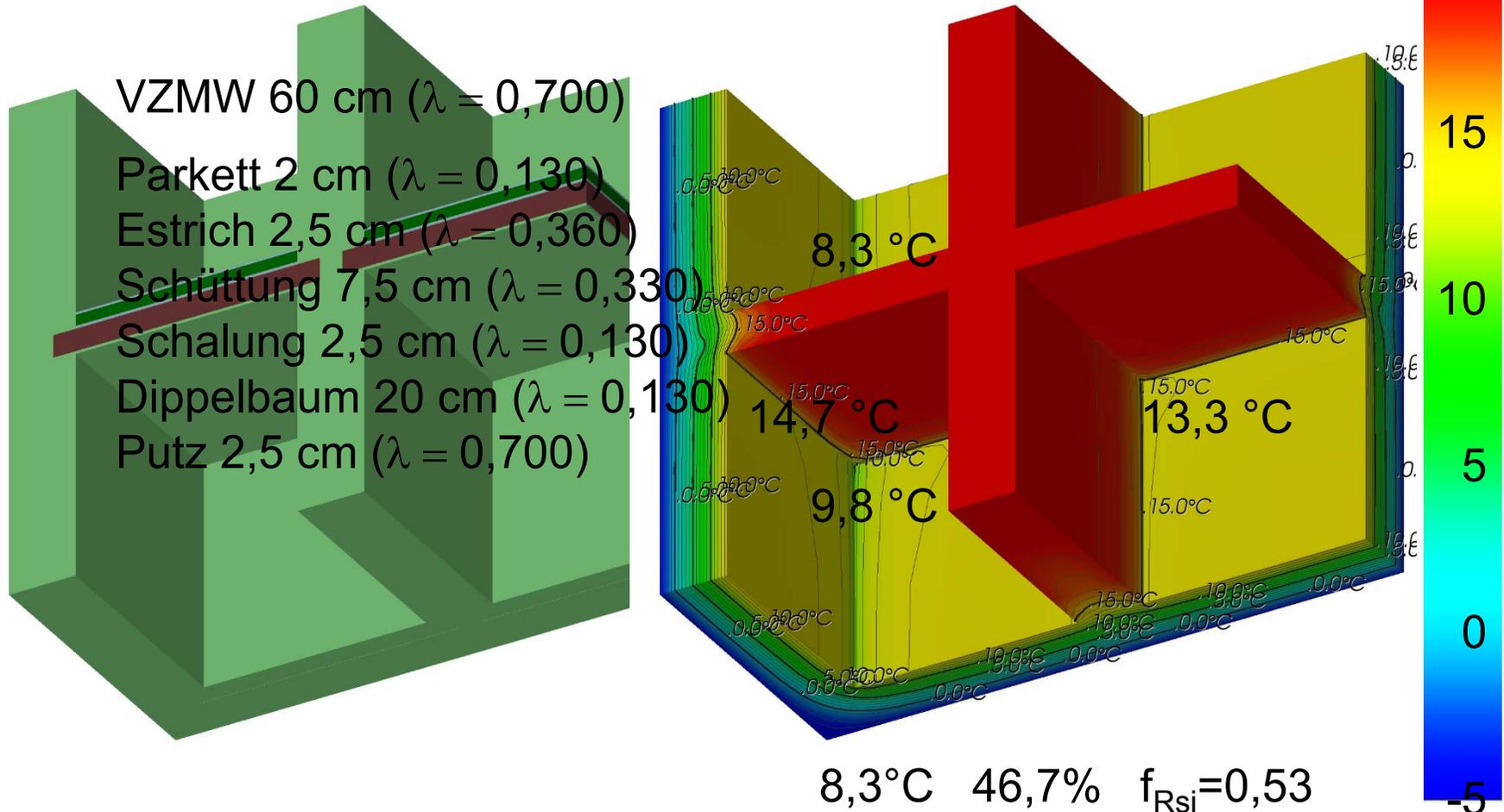
# Befestigung aus Stahl - Innendämmung



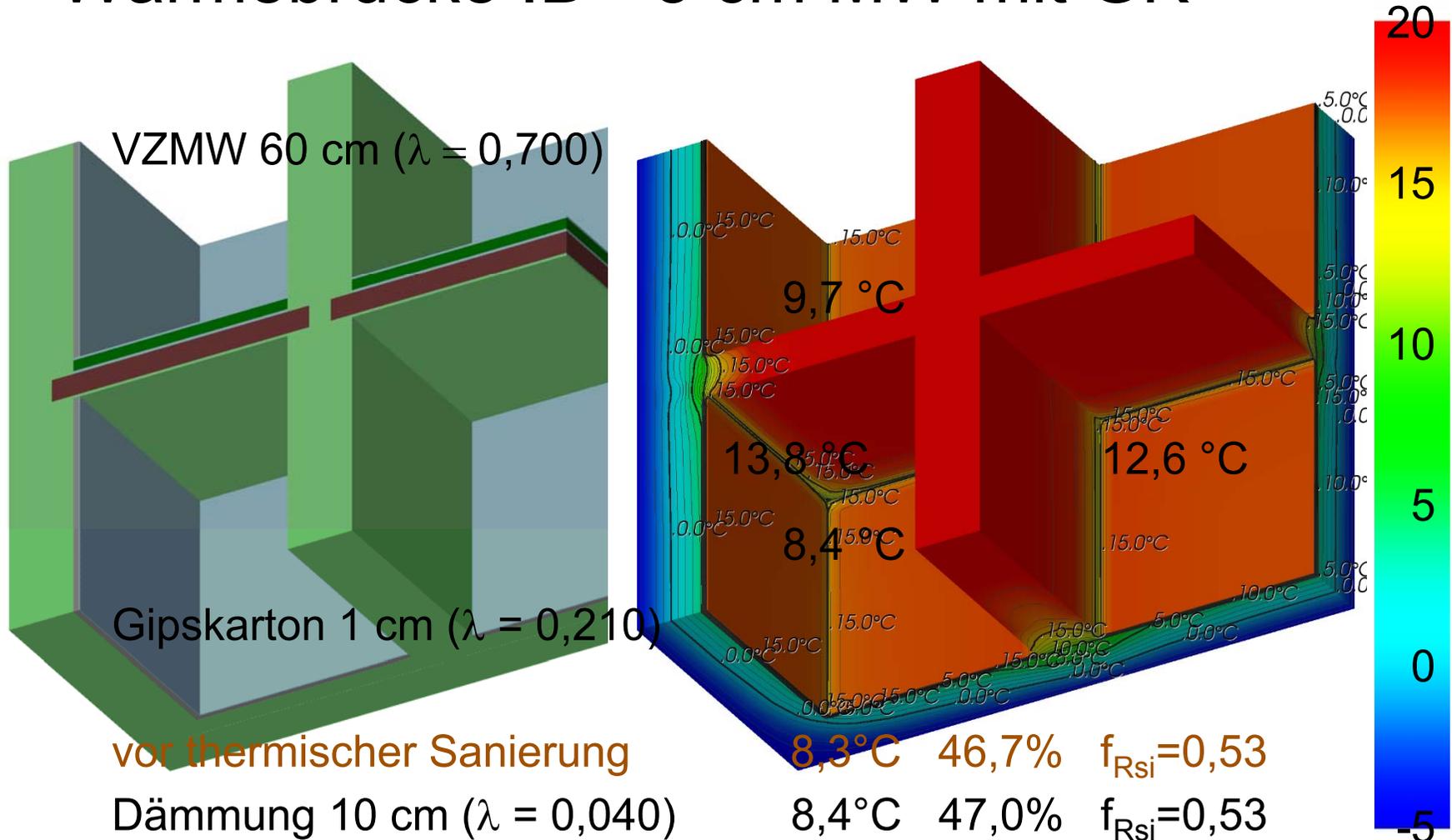
ohne Schwächung



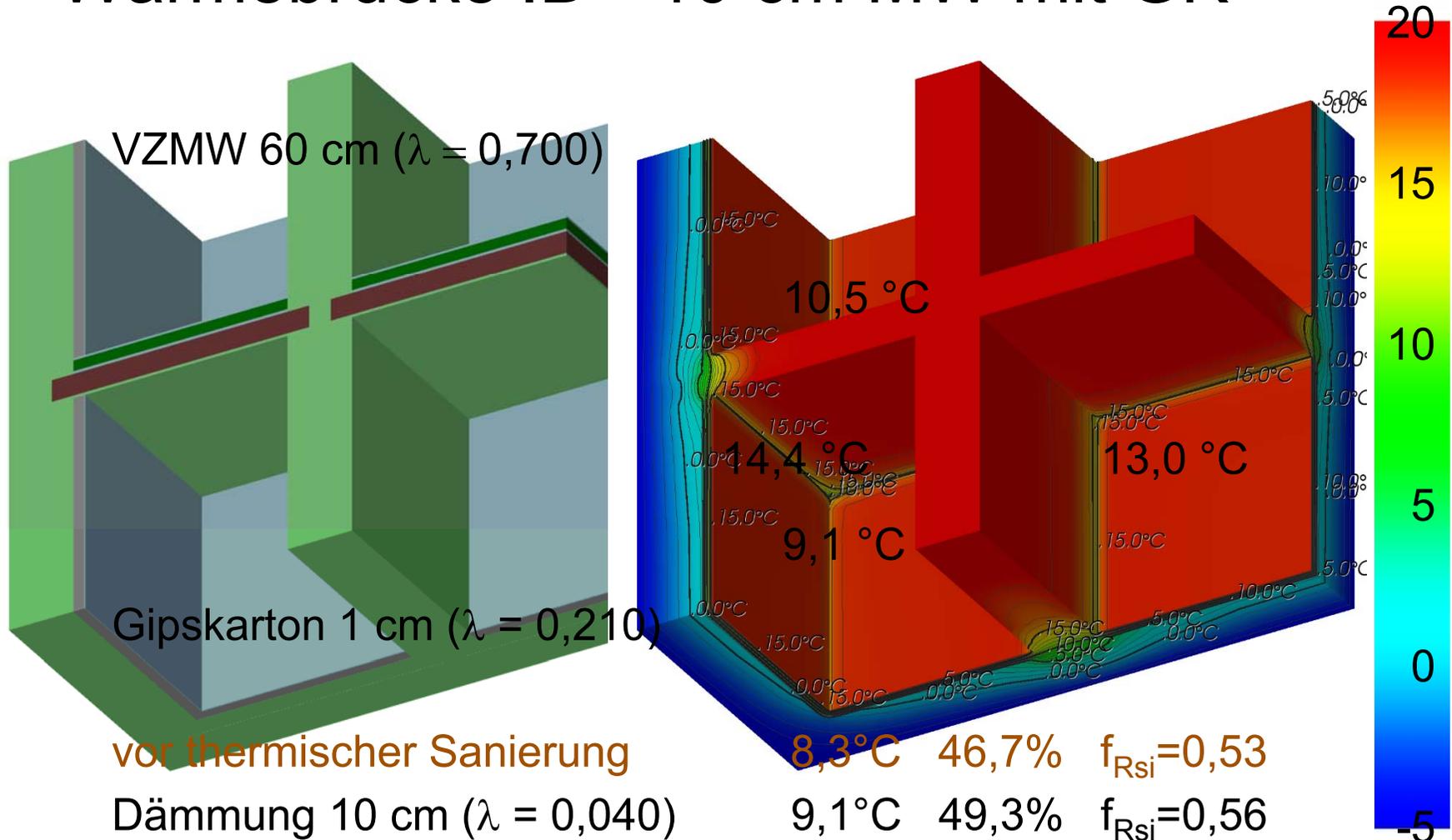
# Wärmebrücke Innendämmung - ohne



# Wärmebrücke ID - 5 cm MW mit GK

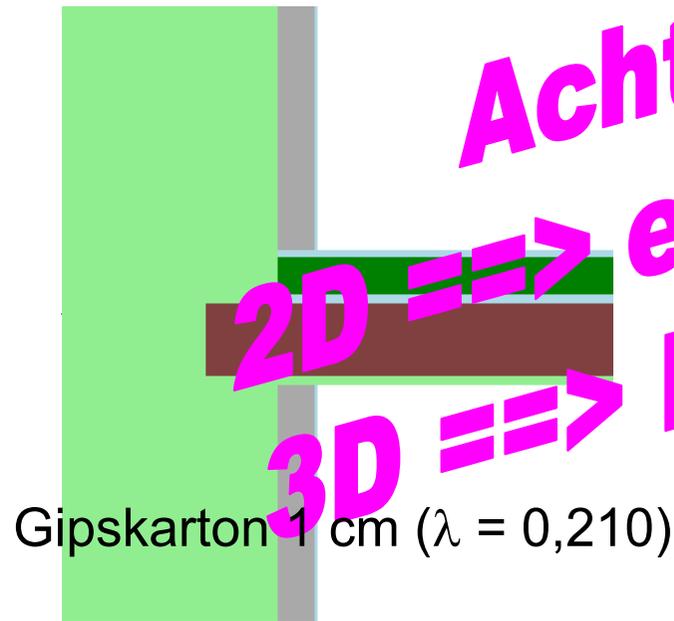


# Wärmebrücke ID - 10 cm MW mit GK

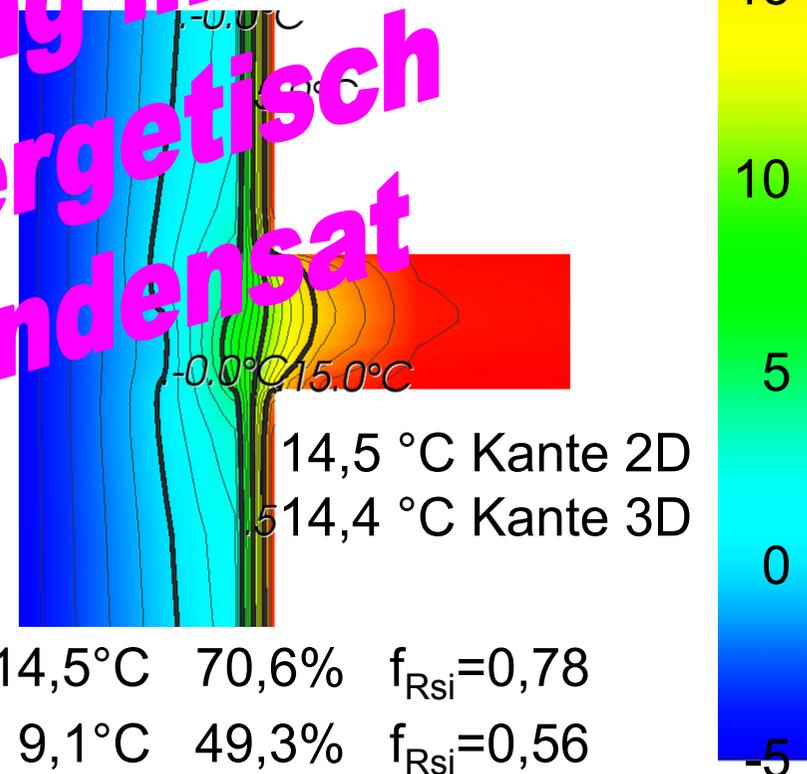


# Wärmebrücke ID - 10 cm MW mit GK - 2D

VZMW 60 cm ( $\lambda = 0,700$ )



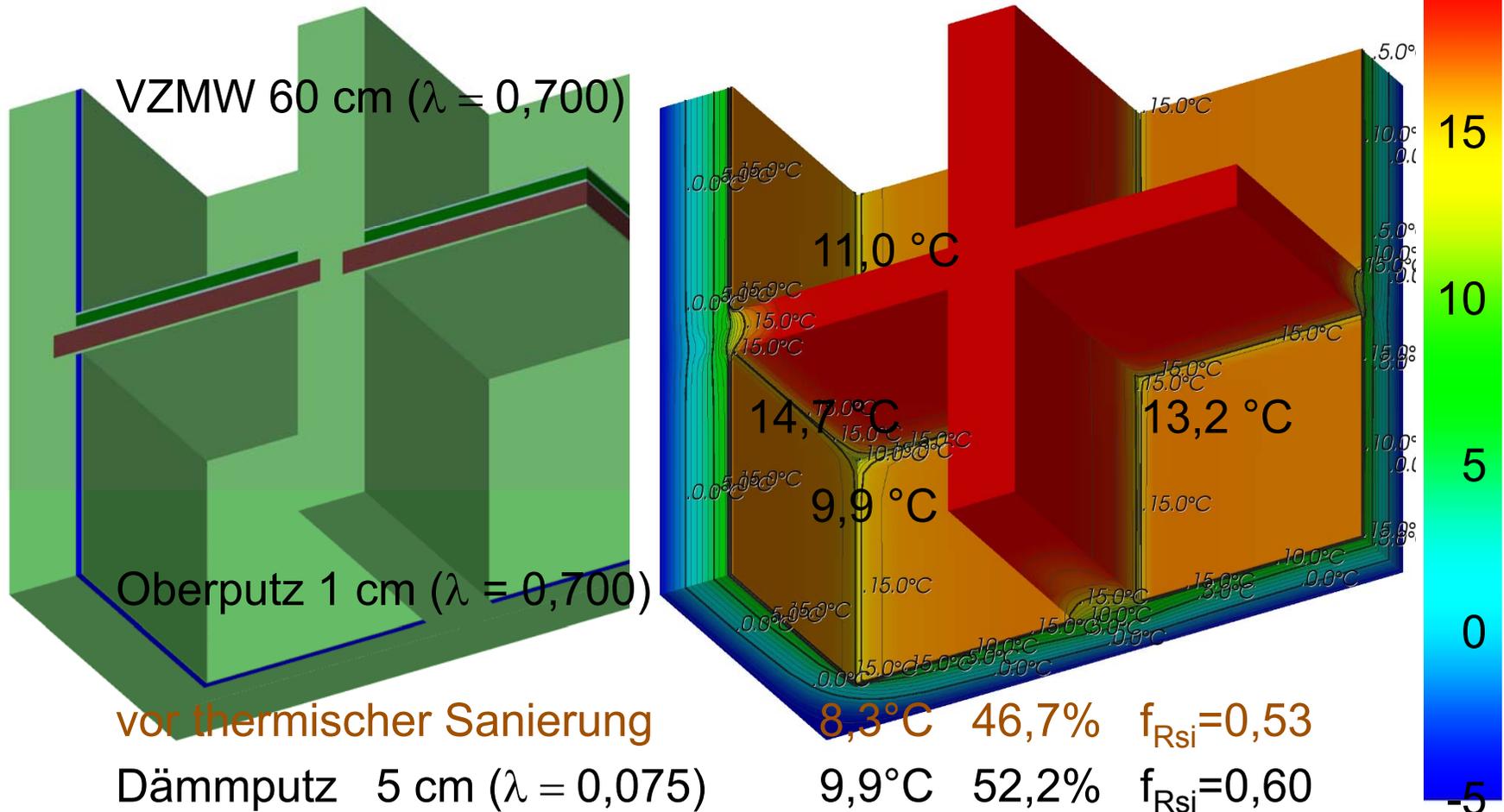
**Achtung !!!**  
**2D ==> energetisch**  
**3D ==> Kondensat**



Temperatur Kante = 2D

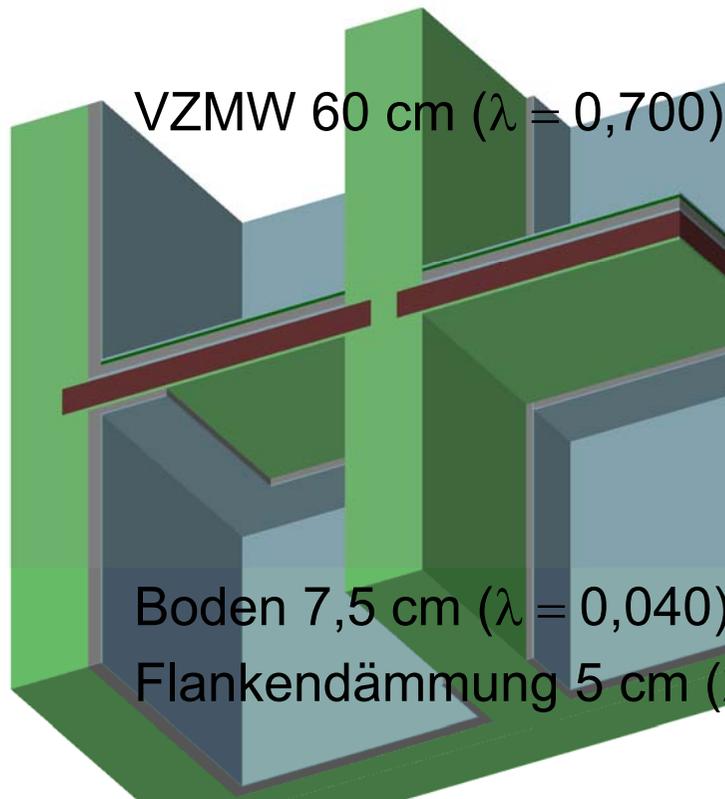
Temperatur Ecke = 3D

# Wärmebrücke ID - 5 cm Thermoputz



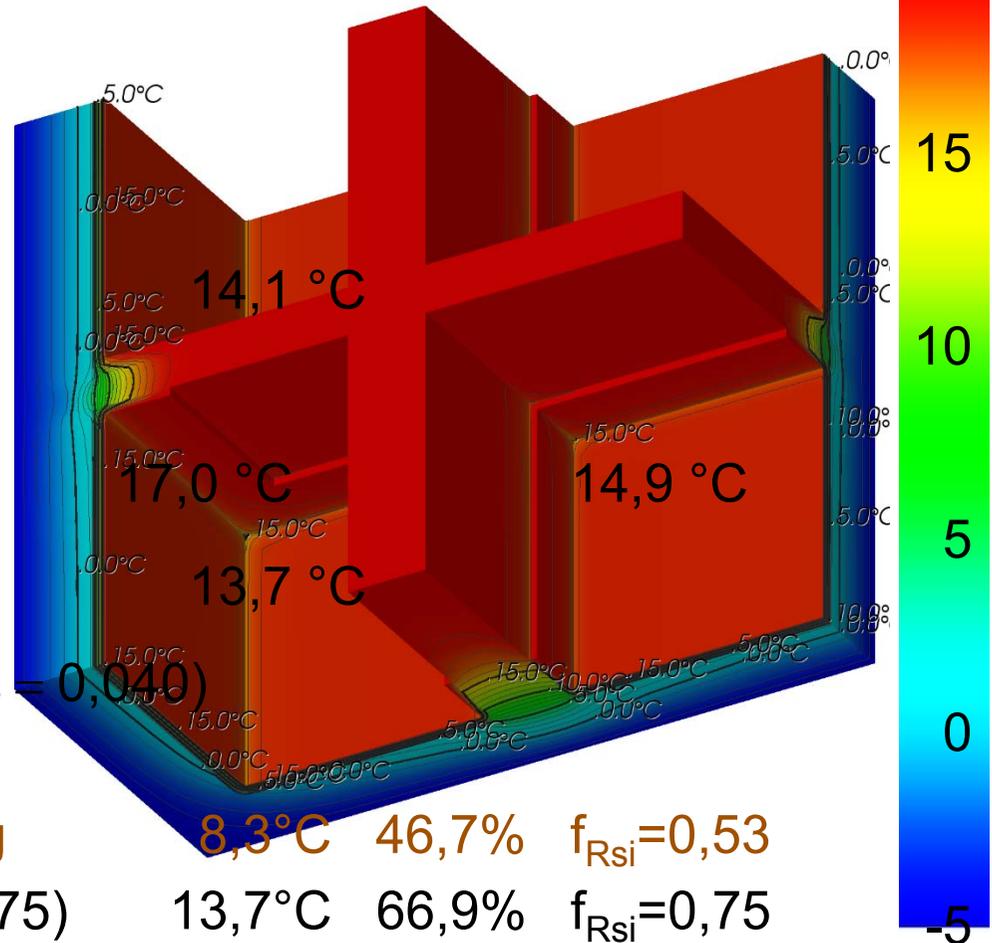


# Wärmebrücke ID - mit allen Flanken



vor thermischer Sanierung

Dämmputz 10 cm ( $\lambda = 0,075$ )



# Luftwechsel - Anforderung

Hygienischer Mindestluftwechsel: 30 m<sup>3</sup>/h pro Person

(EN ISO 13789: während der Nutzung in Nicht-Wohngebäuden)

bei Wohngebäuden (2,5 m LRH)

$n_L = 0,30 \dots 0,40 \dots 0,60 / h \quad \approx 40 \dots 30 \dots 20 \text{ m}^2 / \text{Person}$

bei Nicht-Wohngebäude (3,0 m LRH)

$n_L = 1,00 \dots 2,00 \dots 3,33 / h \quad \approx 10 \dots 5 \dots 3 \text{ m}^2 / \text{Person}$

Energetisch wirksamer Luftwechsel (ÖN B 8110-5)

$n_L = 0,40 / h \dots 0,60 / h$  bei Wohngebäuden bzw. Pensionen

$n_L = 1,00 / h \dots 3,00 / h$  bei Nichtwohngebäuden

## Luftwechsel - Falschluftrate

Glas 'alt' (unbeschichtet) & Fenster undicht:

Einfachglas:  $U = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zweifachglas:  $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dreifachglas:  $U = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Luftwechsel:  $n_L = 0,40 \dots 1,10 \text{ /h}$  (Falschluftrate  $n_x$ )

Fenster zu: 10 ... 26-facher Luftwechsel / Tag

Glas 'neu' (beschichtet) & Fenster dicht:

Zweifachglas:  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dreifachglas:  $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

Luftwechsel:  $n_L = 0,04 \dots 0,11 \text{ /h}$  (Falschluftrate  $n_x$ ) <sup>1)</sup>

Fenster zu: 1 ... 2,6-facher Luftwechsel / Tag

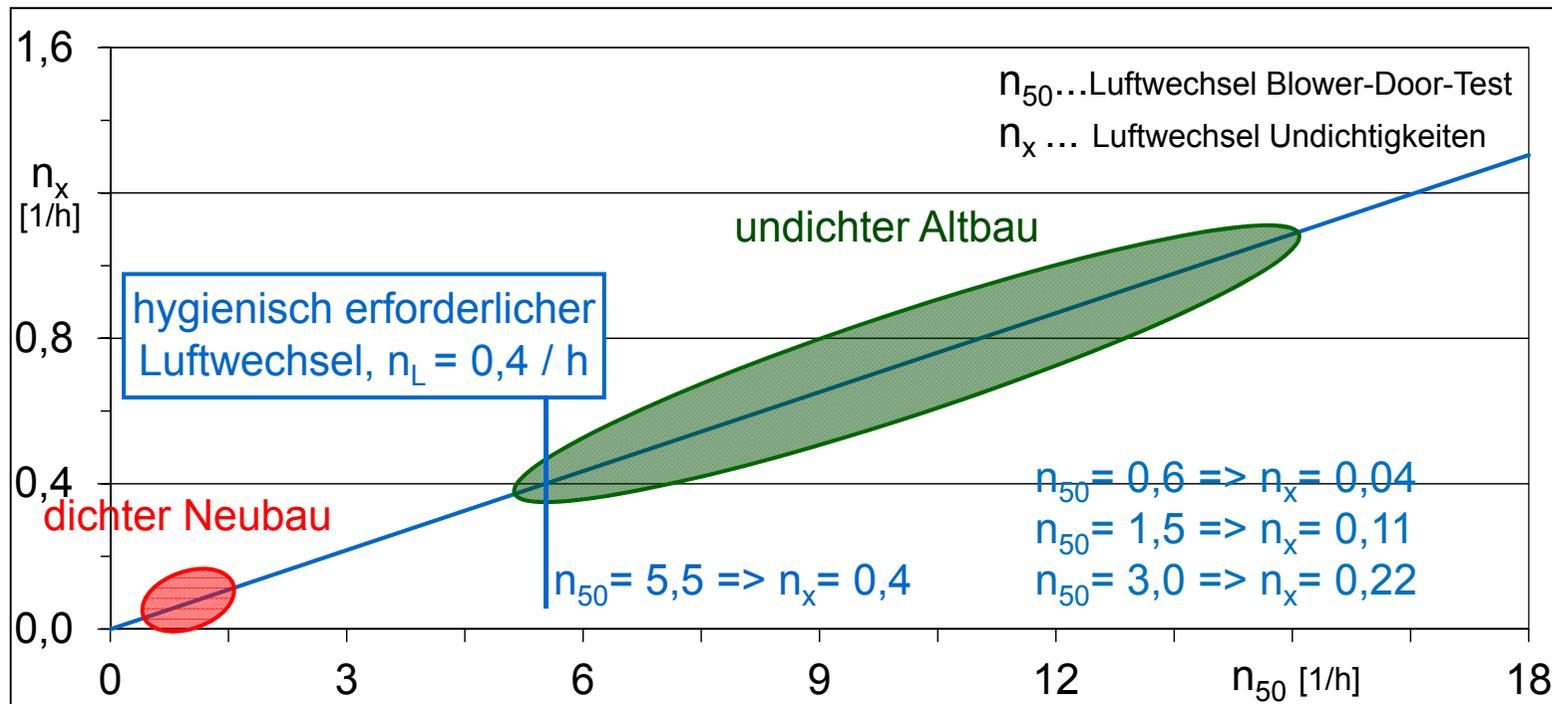
<sup>1)</sup> ÖN B 8110-6:  $n_x = 0,04 \dots 0,11$  wenn  $n_{50} = 0,50 \dots 1,50$  (Blower-Door-Test)

# Luftwechsel - Falschluftrate

$n_x$  (EN ISO 13465)

DIN 1946-6:  $n_x = f_{\text{Lüftung}} * n_{50} * (f_{\text{Lage}} * \Delta p / 50)^{0,67}$   
 (EN ISO 13465)

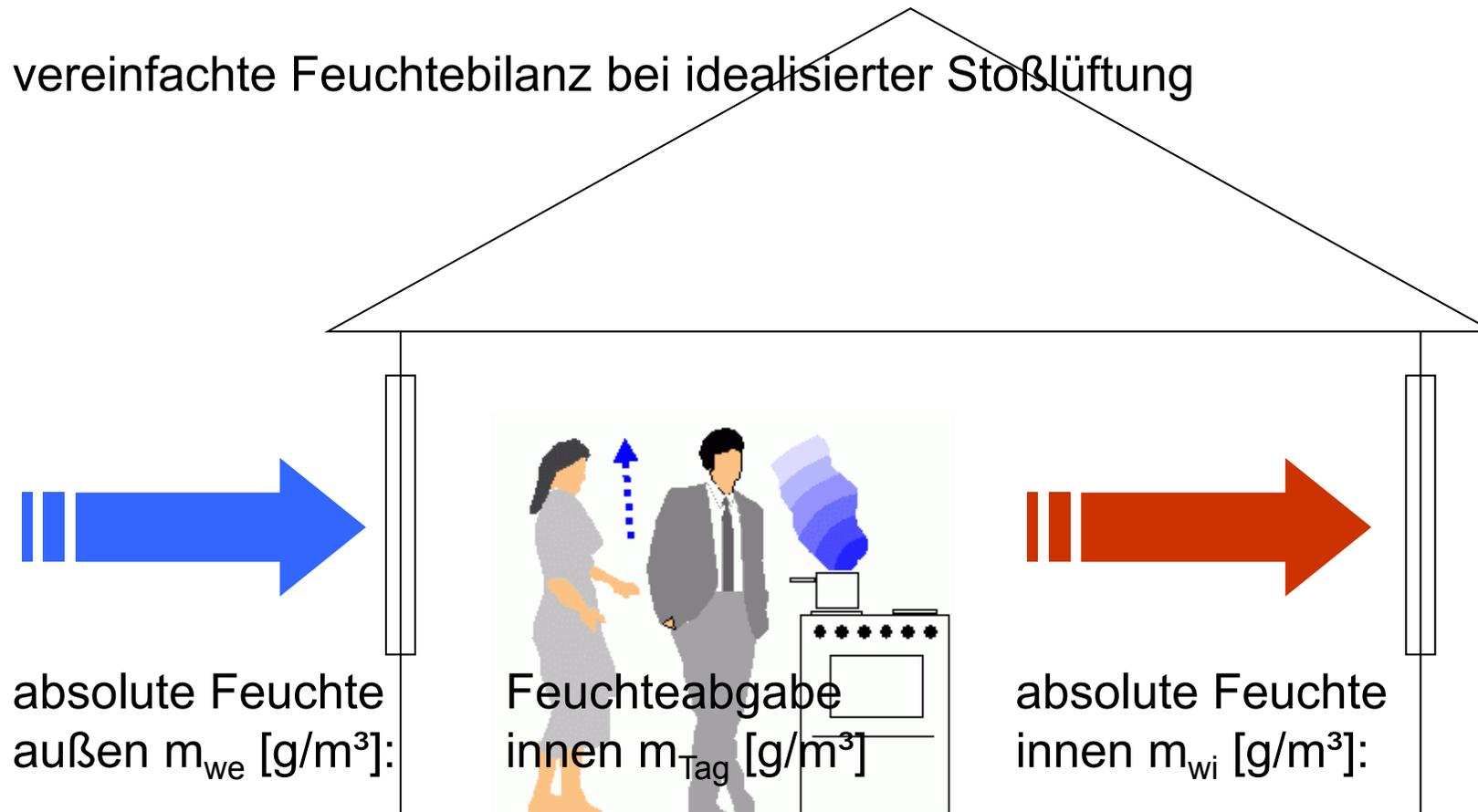
- $f_{\text{Lüftung}}$  ... 0,5 (0,25 bei 1ner Fassade)
- $f_{\text{Lage}}$  ... 1,0 (0,5...1,7 Abschirmung)
- $f_{\text{Lage}}$  ... 1,0 (1,0...2,8 je nach Höhe)



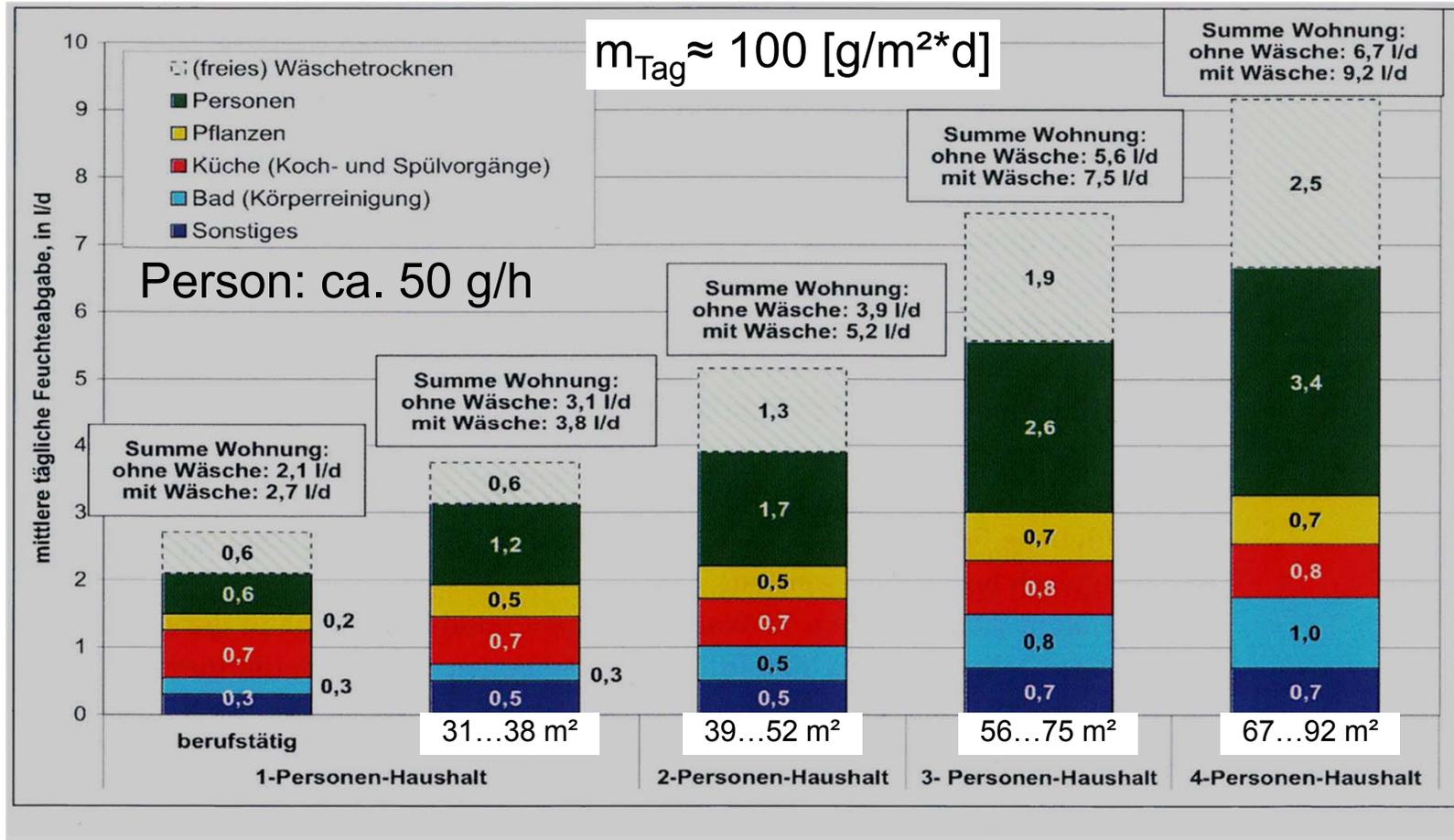
2,8Pa (2,2m/s = 1,9B) ... Annahme Energieausweis (ÖN B 8110-6)

# Feuchte - Bilanz

vereinfachte Feuchtebilanz bei idealisierter Stoßlüftung



# Feuchte - Abgabe



Mittlere tägliche Feuchteabgabe: Wohnungen mit typischen Feuchtelasten (Künzel)

# Feuchte - außen

Absolute Feuchte außen  $m_{we}$  [g/m<sup>3</sup>]:

r.F. %	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
-1 °C	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5
-2 °C	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
-3 °C	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8
-4 °C	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5
-5 °C	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2
-6 °C	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0
-7 °C	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7
-8 °C	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5
-9 °C	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
-10 °C	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1

außen: 0 ...-10°C 60 ... 90% → 2 ... 4 g/m<sup>3</sup> ≈ 3 g/m<sup>3</sup>

# Feuchte - innen

Absolute Feuchte innen  $m_{wi}$  [g/m<sup>3</sup>]:

r.F. %	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
25 °C	4,6	5,8	6,9	8,1	9,2	10,4	11,5	12,7	13,8	15,0	16,1	17,3	18,4	19,6	20,7	21,9	23,0
24 °C	4,3	5,4	6,5	7,6	8,7	9,8	10,9	12,0	13,0	14,1	15,2	16,3	17,4	18,5	19,6	20,7	21,7
23 °C	4,1	5,1	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3	11,3	12,3	13,4	14,4	15,4	16,4	17,5	18,5	19,5	20,5
22 °C	3,9	4,8	5,8	6,8	7,8	8,7	9,7	10,7	11,6	12,6	13,6	14,5	15,5	16,5	17,5	18,4	19,4
21 °C	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,2	9,2	10,1	11,0	11,9	12,8	13,7	14,6	15,6	16,5	17,4	18,3
20 °C	3,5	4,3	5,2	6,0	6,9	7,8	8,6	9,5	10,4	11,2	12,1	13,0	13,8	14,7	15,5	16,4	17,3
19 °C	3,3	4,1	4,9	5,7	6,5	7,3	8,1	9,0	9,8	10,6	11,4	12,2	13,0	13,8	14,7	15,5	16,3
18 °C	3,1	3,8	4,6	5,4	6,1	6,9	7,7	8,4	9,2	10,0	10,7	11,5	12,3	13,0	13,8	14,6	15,4
17 °C	2,9	3,6	4,3	5,1	5,8	6,5	7,2	8,0	8,7	9,4	10,1	10,8	11,6	12,3	13,0	13,7	14,5
16 °C	2,7	3,4	4,1	4,8	5,4	6,1	6,8	7,5	8,2	8,9	9,5	10,2	10,9	11,6	12,3	12,9	13,6

innen: 18 ... 22°C 40 ... 70% → 6,1 ... 9,5 ... 13,6 g/m<sup>3</sup>

## Feuchte - Bilanz

Feuchtedifferenz ( $m_{wi} - m_{we}$ ) beim Lüften [ $\text{g}/\text{m}^3$ ]:

außen: 0 ... -10°C 60 ... 90% → 2 ... 4  $\text{g}/\text{m}^3 \approx 3 \text{ g}/\text{m}^3$

innen: 22°C 70% → 13,6  $\text{g}/\text{m}^3 - 3 \text{ g}/\text{m}^3 = 10,6 \text{ g}/\text{m}^3$

20°C 55% → 9,5  $\text{g}/\text{m}^3 - 3 \text{ g}/\text{m}^3 = 6,5 \text{ g}/\text{m}^3$

18°C 40% → 6,1  $\text{g}/\text{m}^3 - 3 \text{ g}/\text{m}^3 = 3,1 \text{ g}/\text{m}^3$

Erforderlicher Luftwechsel:  $n_{\text{erf.}} = m_{\text{Tag}} / \text{LRH} * 1 / (m_{wi} - m_{we})$

22°C 70% → 4 /Tag bzw. 0,17 /h

20°C 55% → 6 /Tag bzw. 0,26 /h

18°C 40% → 13 /Tag bzw. 0,54 /h

Feuchte/Tag  $m_{\text{Tag}} \approx 100 \text{ [g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}]$ , Lichte Raumhöhe LRH = 2,5 m

# Lüftung - manuell

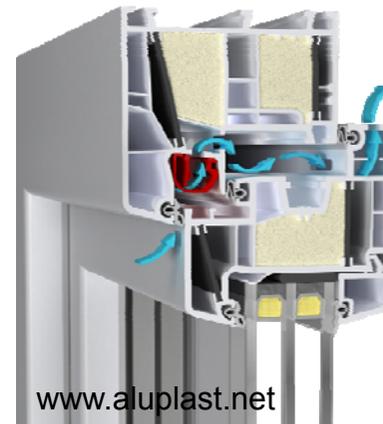
Feuchte messen und bedarfsabhängig Lüften



Temperaturstation & Außensender  
ca. € 30

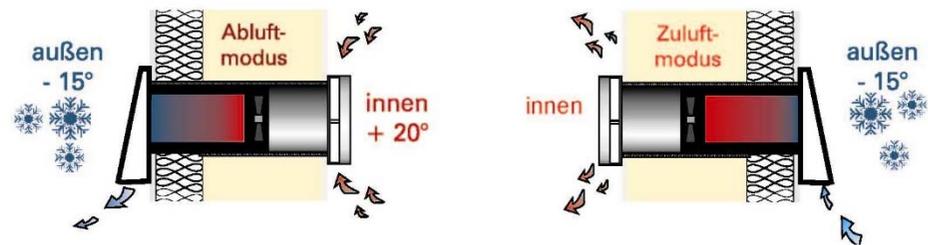
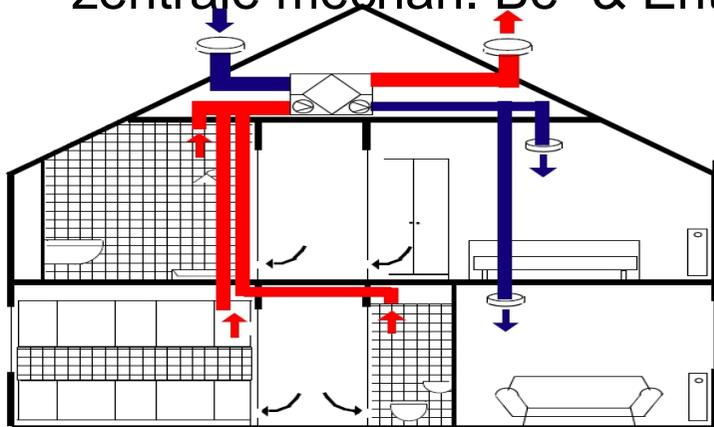


Temperaturstation & Außensender  
ca. € 500

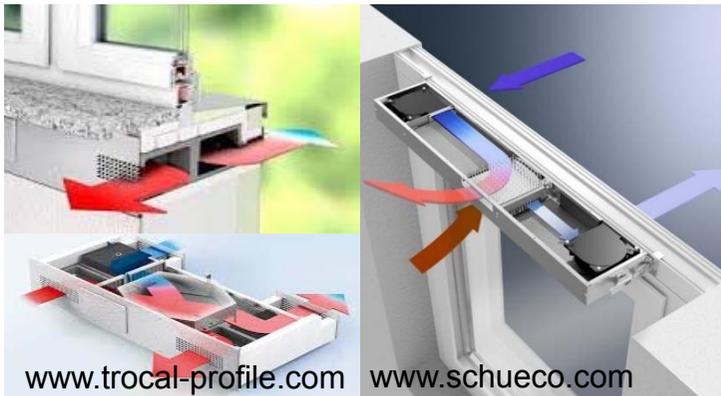


# Lüftung - mechanisch

zentrale mechan. Be- & Entlüftung oder auch Einzellüfter



mit Wärmerückgewinnung, ca. € 1.000 ([www.inventer.de](http://www.inventer.de))



[www.trocal-profile.com](http://www.trocal-profile.com)

[www.schueco.com](http://www.schueco.com)



Schalldämmlüfter ohne und mit Wärmerückgewinnung  
ca. € 500 bzw. ca. € 700 bis € 900 ([www.siegenia-aubi.de](http://www.siegenia-aubi.de))

## Fazit

- Energieausweis: sehr ungünstiges A/V-Verhältnis  
→ oft extrem Dämmstoffdicken erforderlich
- sommerliche Überwärmung: wenig Speichermasse  
→ (Dachflächen-) Fenster außenliegender Sonnenschutz
- Trittschall: vor Ausbau war das oberste Stockwerk ungestört  
→ ohne Masse geht es (praktisch) nicht
- Terrasse: die Abdichtung ist die ‚heilige‘ Schicht  
→ immer eine Dämmung (XPS) auf die Abdichtung
- Wärmebrücken: perfekte Hülle ist (praktisch) nicht möglich  
→ keine Dachausbau ohne Lüftungskonzept

# Richtlinien & Normen & Literatur

## Schallschutz

- [01] OIB-Richtlinie 5: 2011-10  
»Schallschutz« - Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)
- [02] ÖNORM B 8115-2: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz (2006-12-01)
- [03] ÖNORM B 8115-4: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen (2003-09-01)
- [04] »Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken«, Informationsdienst Holz, Reihe 3 - Teil 3 – Folge 3  
EGH Entwicklungsgesellschaft in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, 1999
- [05] »Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken«, Informationsdienst Holz, Reihe 3 - Teil 3 – Folge 3  
EGH Entwicklungsgesellschaft in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, 1993
- [06] dataholz.com - Katalog bauphysikalisch ökologisch geprüfter Holzbauteile ([www.dataholz.com](http://www.dataholz.com))

# Richtlinien & Normen & Literatur

## Terrasse

- ÖNORM B 8110-1: Wärmeschutz im Hochbau - Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf (2011-11-01)
- ÖNORM B 8110-2: Wärmeschutz im Hochbau - Wasserdampfdiffusion & Kondensationsschutz (2003-07-01)
- ÖNORM B 5320: Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen Grundlagen für Planung und Ausführung (2006-09-01)
- DIN 1946-6: Raumluftechnik - Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung u Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) u Instandhaltung (2009 05)
- DIN 68800-2: Holzschutz - Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau (2012 02)
- ÖNORM EN ISO 13788: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (2013 04 01)
- ÖNORM EN ISO 13789: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren (2008 04 01)
- ÖNORM EN 13465: Lüftung von Gebäuden - Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftvolumenströmen in Wohnungen (2004 05 01)
- ÖNORM EN 15026: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation (2007 06 01)

# Richtlinien & Normen & Literatur

## Terrasse

Künzel 2009: »Wohnungslüftung und Raumklima«, Helmut Künzel, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2009 (ISBN 987-3-8167-7659-8)

Künzel 2009: »Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen«, Dr.-Ing. Helmut Künzl, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2009 (ISBN 978-3-8167-7637-6)

Künzel 1996: »Tauwasserschäden im Dach aufgrund v. Dampfdiffusion durch angrenzendes Mauerwerk«, Dr. Hartwig M. Künzel, IBP-Holzkirchen 1996 (Download: [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de))

Künzel 1998: »Feuchtesicherheit unbelüfteter Blechdächer - auf die Dampfbremse kommt es an«, Dr. Hartwig M. Künzel, IBP-Holzkirchen 1998 (Download: [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de))

Künzel 1999: »Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – quo vadis?«, Dr. Hartwig M. Künzel, IBP-Holzkirchen 1999 (Download: [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de))

Künzel 2000: »Feuchteschutz unbelüfteter Steildächer«, Dr. Hartwig M. Künzel, IBP-Holzkirchen 2000 (Download: [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de))

Künzel 2001: »Problemlösung für schwierige bauphysikalische Sanierungen - Fallbeispiele«, Dr. Hartwig M. Künzel, IBP-Holzkirchen 2001 (Download: [www.hoki.ibp.fhg.de](http://www.hoki.ibp.fhg.de))

WuFi 5.2, Wärme und Feuchte Instationär, IBP Institut für Bauphysik Holzkirchen

AnTherm - Programm zur Analyse des Thermischen Verhaltens von Baukonstruktionen mit Wärmebrücken, T. Kornicki Dienstleistungen in EDV & IT (V 6.99)

GEQ - Gebäude/Energie/Qualität, Zehentmayer Software GmbH, Gewerbehofstr. 24, A-5023 Salzburg

# Richtlinien & Normen & Literatur

## Schimmel

- [01] »Wärmeschutz und Modernisierung mit Knauf - 04/2008«  
Knauf Gips KG, Am Bahnhof 7, 97346 Iphofen
- [02] »Und sie funktionieren doch - Innendämmungen Detaillösungen«  
Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald, Bauen im Bestand März 2011.
- [03] »Probleme mit Innendämmungen bei der Altbausanierung - Lösungsmöglichkeiten«  
Hartwig M. Künzel, 10. Wiener Sanierungstagen, 2002-04-11/12
- [04] OIB-Richtlinie 6: 2011-10  
»Energieeinsparung und Wärmeschutz« - Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB)
- [05] ÖNORM B 8110-1: Wärmeschutz im Hochbau - Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf (2011-11-01)
- [06] ÖNORM B 8110-2: Wärmeschutz im Hochbau - Wasserdampfdiff. & Kondensationsschutz (2003-07-01)
- [07] ÖNORM B 8110-6: Wärmeschutz im Hochbau - Grundlagen und Nachweisverfahren  
Heizwärmebedarf und Kühlbedarf (2010-01-01)
- [08] ÖNORM B 5320: Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen  
Grundlagen für Planung und Ausführung (2006-09-01)
- [09] ÖNORM EN ISO 13789: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren (2008-04-01)
- [10] ÖNORM EN ISO 13788: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen  
Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (2002-01-01)

# Richtlinien & Normen & Literatur

## Schimmel

- [11] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden  
Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (2003-07-01)
- [12] ÖNORM EN ISO 10211-1: Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen  
Allgemeine Berechnungsverfahren (1996-03-01)
- [13] ÖNORM EN ISO 10211: Wärmebrücken im Hochbau - Wärmeströme und Oberflächentemperaturen  
Detaillierte Berechnungen (2008-04-01)
- [14] »Innendämmung im Bestand«  
Gerd Geburtig, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2010 (ISBN 987-3-8167-8236-0)
- [15] »Wohnungslüftung und Raumklima«  
Helmut Künzel, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2009 (ISBN 987-3-8167-7659-8)
- [16] »Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen«  
Dr.-Ing. Helmut Künzl, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2009 (ISBN 978-3-8167-7637-6)
- [17] AnTherm V 6.99  
Programm zur Analyse von Wärmebrücken (T. Kornicki Dienstleistungen in EDV & IT)
- [18] »Raumklima und thermische Behaglichkeit«  
W. Franke, Berichte aus der Bauforschung, Heft 104, Berlin 1975
- [19] »Baukonstruktionen - Bauphysik«  
Anton Pech & Christian Pöhn, Springer Verlag, Wien 2004
- [20] OIB Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz (Ausgabe Oktober 2011)

# Dachbodenausbau - unmögliche Bauphysik?

Referent

DI(FH) Clemens Häusler, MSc

Geboren 1966 in Wien, absolvierte seine Schulausbildung in Österreich (HTL Mödling, Ing. für Hochbau) und studierte danach in Deutschland (FHT Stuttgart, Dipl. Ing. (FH) für Bauphysik) und England (University of Southampton, M.Sc. of Sound and Vibrations).

Nach einem halbjährigen Forschungsauftrag am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart (mikroperforierte Absorber), arbeitete er von 1995 bis 2000 in der Deutschen Industrie.

Ab 2000 betätigt er sich als selbstständiger Berater in Deutschland und Österreich für Hersteller von Akustikdecken. Seit 2003 ist er freiberuflicher Bauphysiker und als Experte im Österreichischen Normungsinstitut (ON-K 208 »Schall« und ON-K 175 »Wärme«) tätig. Ab 2009-01-01 ist er Inhaber des Einzelunternehmens »Bauphysik Kalwoda«.