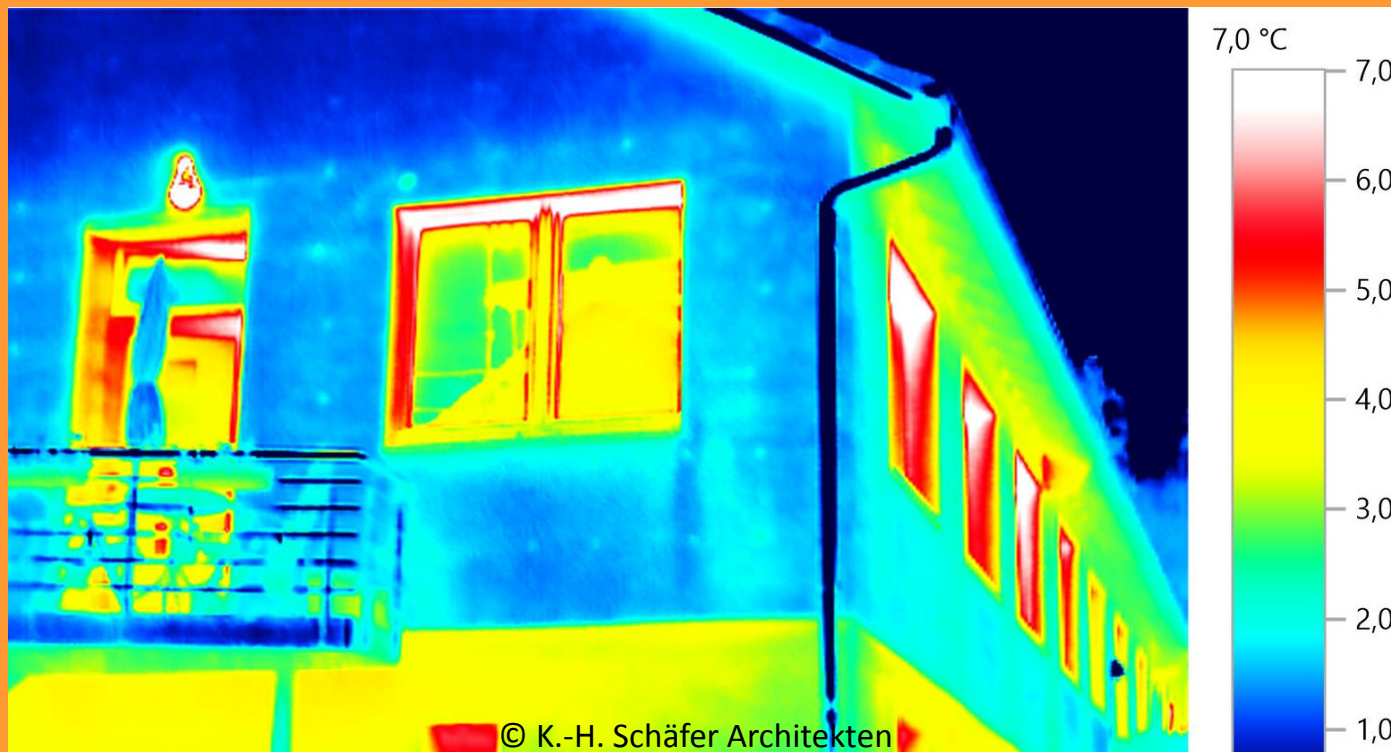


Lehrmodul Thema: Bauphysik

Bauphysik – Das Wesentliche für Planung und Baustelle





Ablauf

Lehrmodul Bauphysik - Wesentliches:

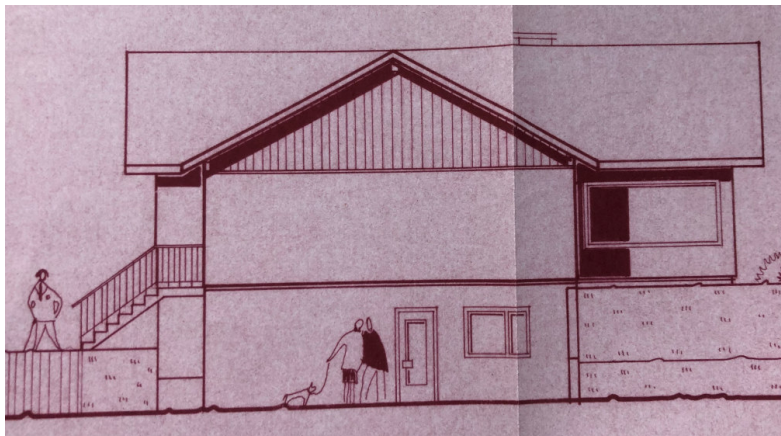
Beispielaufgabe

- 1.) Die Gebäudehülle –thermische Hülle-
- 2.) Winddichtheit – Luftdichtheit
- 3.) Thermik – Wasserdampf – Taupunkt
- 4.) Feuchtetransport im Bauteil
Diffusion – Konvektion – Flankendiffusion
- 5.) Feuchtemanagement
- 6.) Arbeitsauftrag

(separat)

- Beispielprojekte und Details
- Condetti
- Erklärvideos, u-Wert Rechner, Versuche

Baufaufgabe: Beispiel Sanierung - Kundenauftrag -

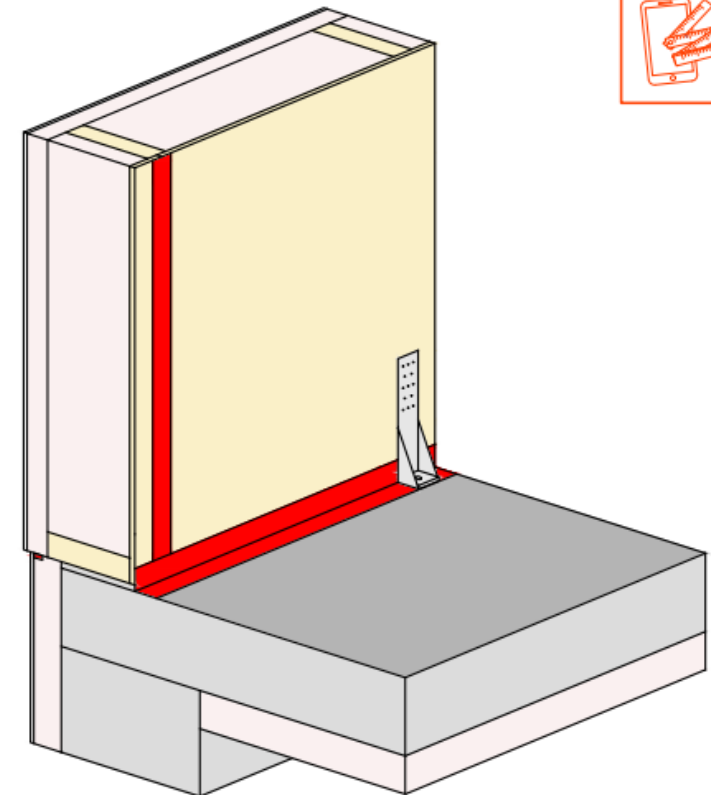
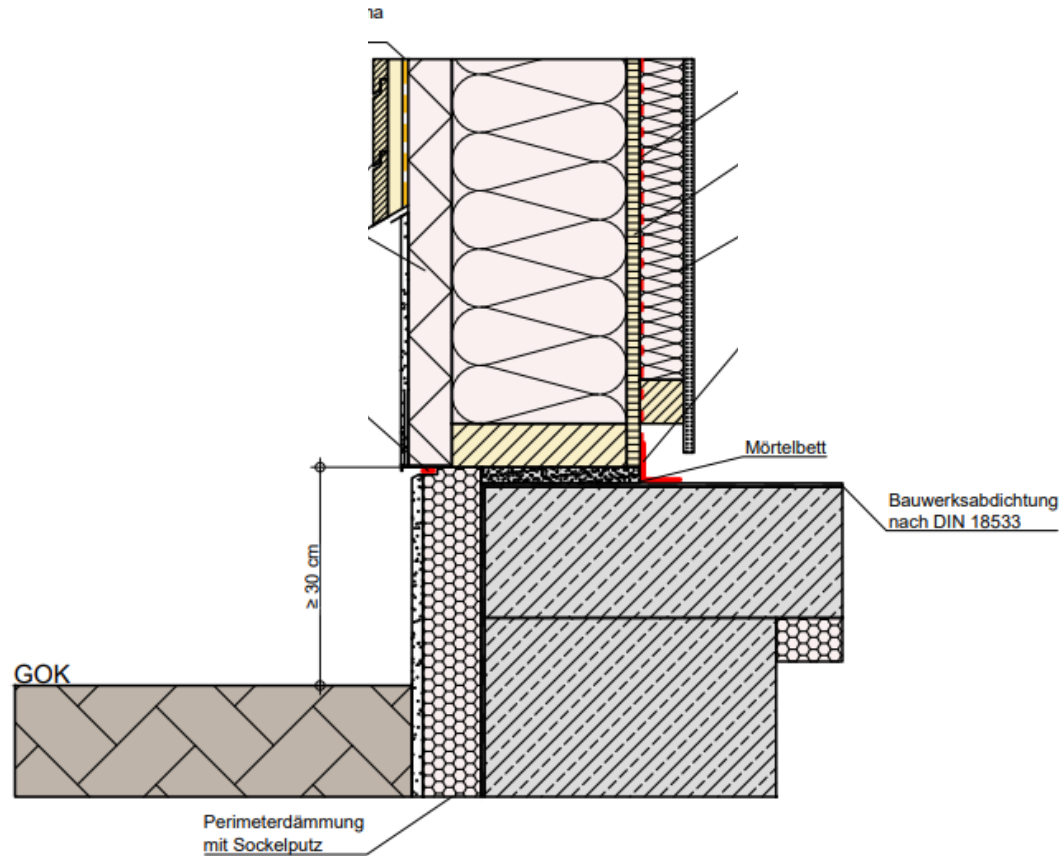


©jacobi-architekten

Kernsanierung: Holzständerwerk Bestand 1972

- Neue Dämmung, AW zimmermannsmäßige Holzständerkonstruktion
- 3-scheiben Verglasung
- neue Dacheindeckung
- Dämmen der obersten Geschoßdecke
- Wärmepumpe mit Fußbodenheizung
- KfW-Effizienzhaus 85
- Kellerdeckendämmung
- Barrierefreiheit im OG
- Wärmebrückenberechnung, Lüftungskonzept
- Blower-Door

■ Durchführung gestalten



Ausschreibungstexte



Technik-Hotline



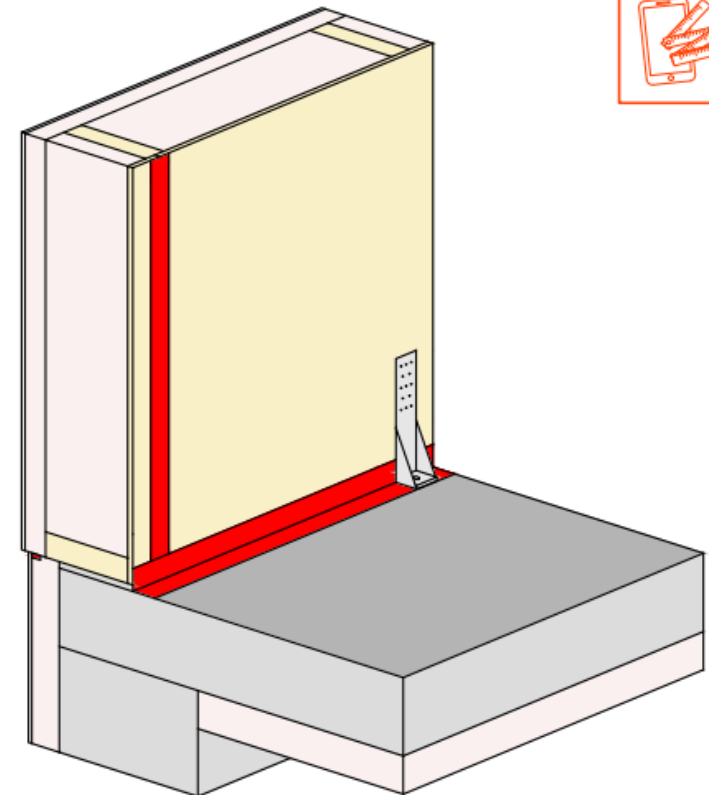
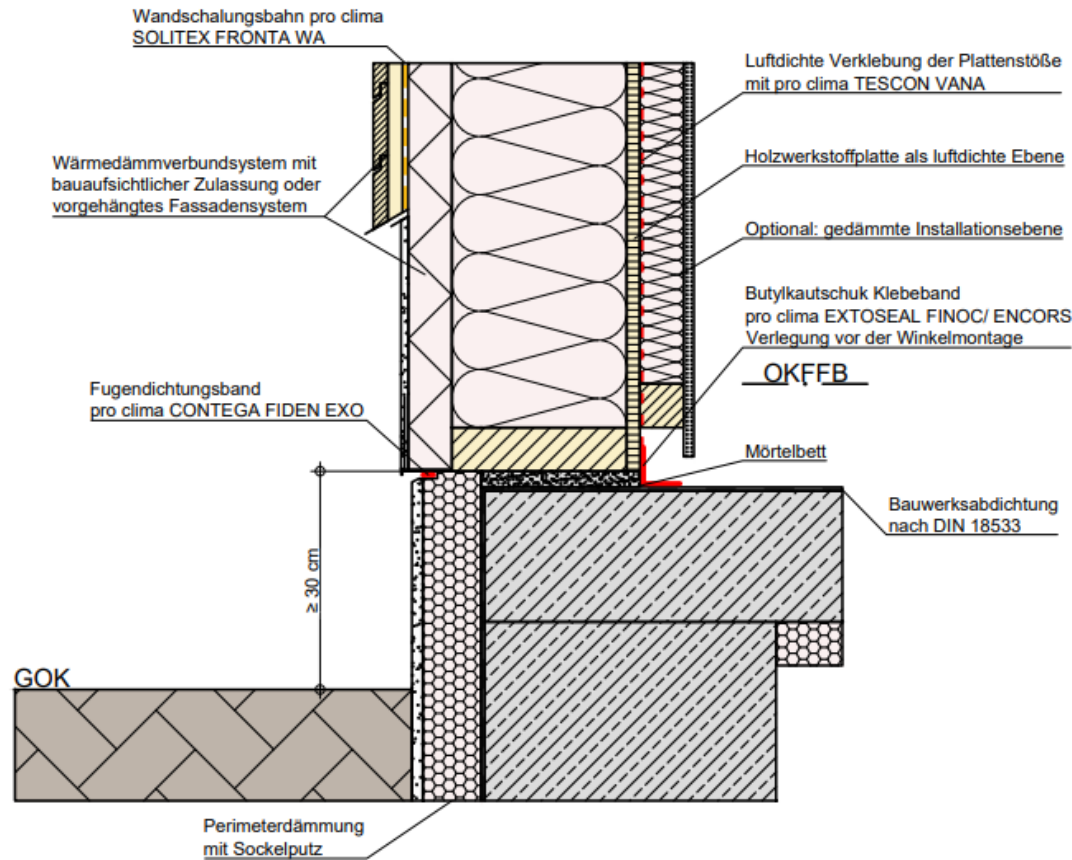
Holzrahmenbau | Sockelanschluss | 30 cm über GOK Var. 1

Variante 1: Luftdichter Sockelanschluss der Holzwerkstoffplatte mit Butylkautschukband pro clima EXTONSEAL ENCORS/ FINOC.

Konstruktionsaufbau exemplarisch zur Darstellung der Luft- und Winddichtungsebene. Bitte beachten Sie bei der Planung und Ausführung die entsprechenden, aktuell gültigen Regeln der Technik sowie die jeweiligen pro clima Einsatz- und Verarbeitungsempfehlungen (Stand: August 21).

pro clima ... und die Dämmung ist perfekt





Ausschreibungstexte



Technik-Hotline



Holzrahmenbau | Sockelanschluss | 30 cm über GOK Var. 1

Variante 1: Luftdichter Sockelanschluss der Holzwerkstoffplatte mit Butylkautschukband pro clima EXTONSEAL ENCORS/ FINOC.

Konstruktionsaufbau exemplarisch zur Darstellung der Luft- und Winddichtungsebene. Bitte beachten Sie bei der Planung und Ausführung die entsprechenden, aktuell gültigen Regeln der Technik sowie die jeweiligen pro clima Einsatz- und Verarbeitungsempfehlungen (Stand: August 21).

pro clima ... und die Dämmung ist perfekt



Szenario: Sanierung abgeschlossen

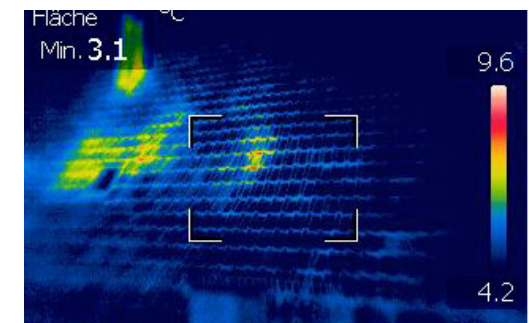
- Bauherr wünscht abschließend ein Qualitätssicherung:
 - - Dachlandschaft stellenweise weggetaut
 - - Thermographie
 - - Leckagen-Test mit Rauch

Was ist hier schief gelaufen?

Sind diese kleinen Stellen überhaupt ernst zu nehmen?



- Baumängel an der thermischen Hülle und den Gewerkeübergängen; inhomogener Konstruktionsaufbau
- Undichtigkeiten an Schnittstellen oder Bauteilen
- Vergleichsweise wenig Energieverlust im Vergleich zur Schädigung durch Feuchteinträge in die Konstruktion
- Folge: Schadensfeststellung, -behebung nur mit großem Aufwand, Mehrkosten, Haftungsprobleme, Unzufriedene Kunden, Auftragsrückgang.....
- Was muss man wissen, um diesem Szenario zu entgehen?



© fotos

1.) Lehrgangsmodul: die Gebäudehülle – die thermische Gebäudehülle

Was ist die thermische Gebäudehülle?

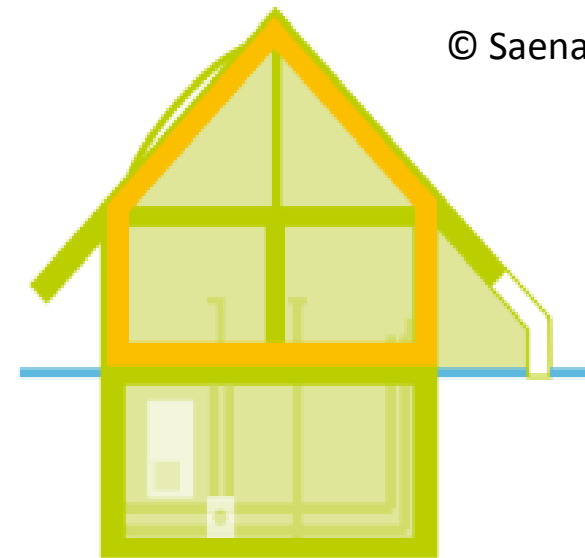
- ist die Grenzlinie zwischen beheizten Räumen und der unbeheizten Umgebung
- umschließt den Bereich des Gebäudes, der dauerhaft beheizt wird.
- Abgrenzung auch zu unbeheizten Räumen
- diese Bauteile bilden i.d.R. die thermische Hülle:

Dach, Außenwände, Wände im Erdreich, Bodenplatten, Kellerdecken, oberste Geschoßdecken, Fenster, Außentüren

- Hier finden die energetischen Verluste am Übergang zwischen Innen und Außen statt.



© Saena



Lage der Thermischen Gebäudehülle

...die Gebäudehülle darf **keine
Löcher** oder Undichtigkeiten
aufweisen.

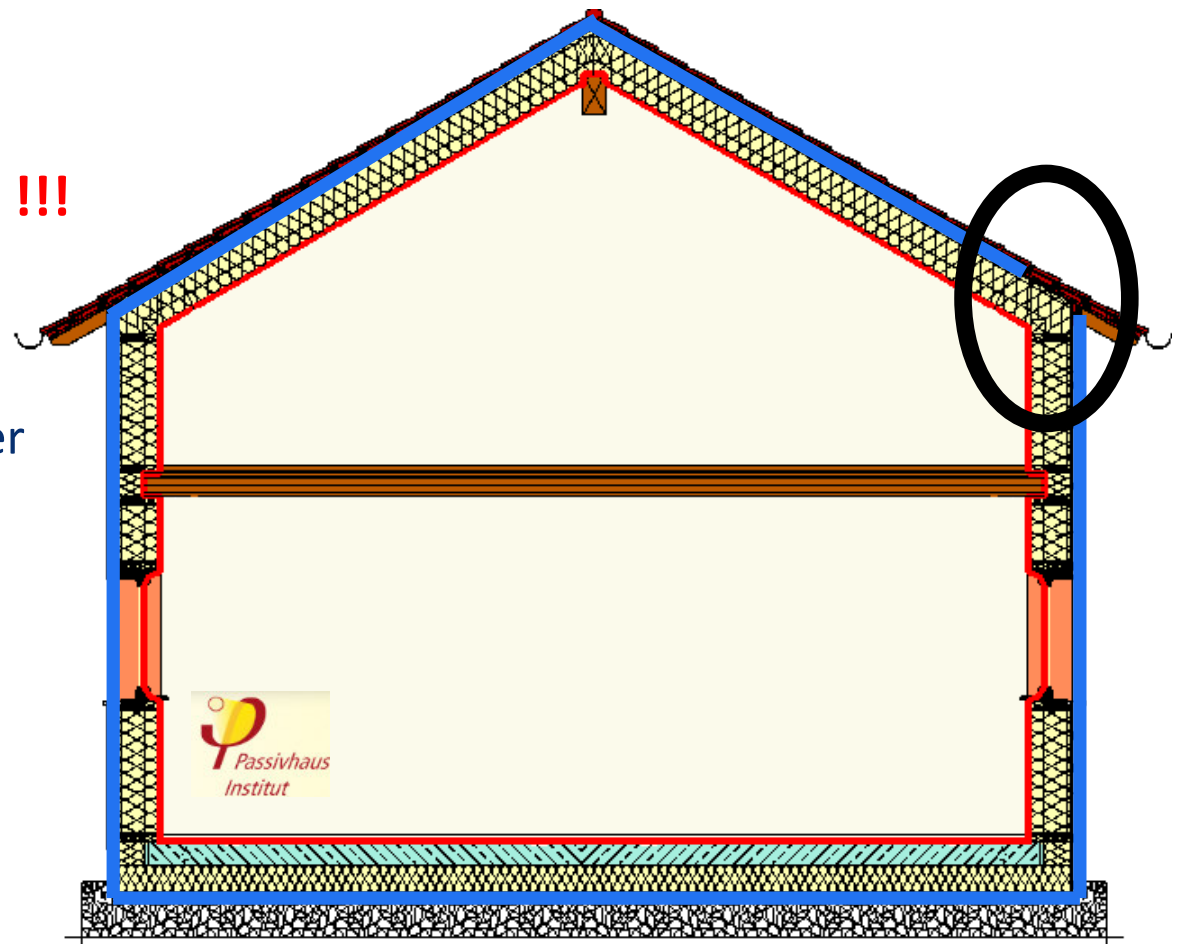
Weder Innen noch außen

Sonst zieht's oder/oder wird feucht !!!

Grundvoraussetzung für eine gesunde
Konstruktion ist:

- Eine lückenloser, allseits umschlossener Gebäudemantel, innen und außen
- luft- und winddichte Konstruktion

Die Konstruktion darf keine Leckagen
aufweisen, denn hier wandern Wärme
und Luftbewegungen unkontrolliert in
die Konstruktion.



© Passivhaus Institut

Wissen kompakt:

Zusammenfassung Modul 1: thermische Hülle:

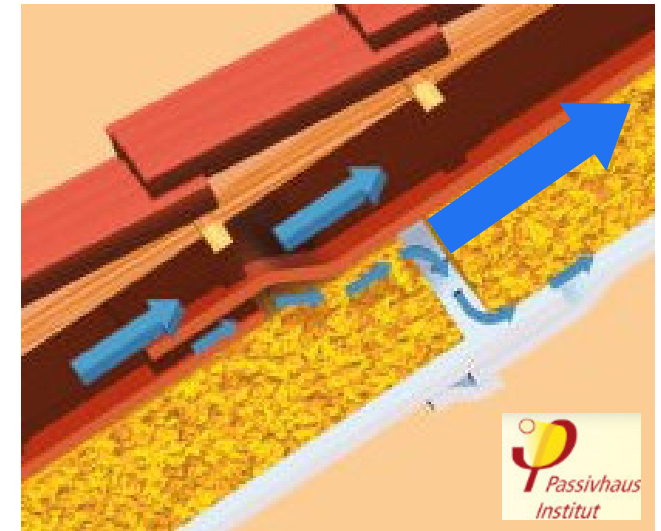
- **thermische Hülle:**
 - Umschließt den dauerhaft beheizten Raum zu unbeheizten Räumen, Erdreich und Außenluft
 - Aufgabe der thermischen Hülle:
 - **Schutz gegen:**
 - Wettereinflüsse
 - Überhitzung / Unterkühlung
 - Energieverluste
- **Charakter der thermischen Hülle**
 - Luftdichte Hülle (winddicht und luftdicht)
 - Vorteilhaft: gleichmäßig starke Dämmung der thermischen Hülle

2.) Lehrmodul Winddicht – Dämmung - Luftdicht

Was hat ein dicker Pullover damit zu tun??



- Ein Pullover ist wie ein Dämm-Mantel. Er wärmt.
- Sobald es windig wird, bewegt sich die Luft zwischen den Maschen und die wärmende Wirkung ist vorbei.
- Wenn es regnet füllen sich die Maschen mit Wasser und dämmen dann ebenfalls nicht mehr.
- Das gilt für Kleidung, genauso aber auch für den Dämm-Mantel der Gebäudehülle!!



➤ Undichtigkeiten lassen Luft oder Feuchte einströmen und die Dämmwirkung ist dahin und die Behaglichkeit auch

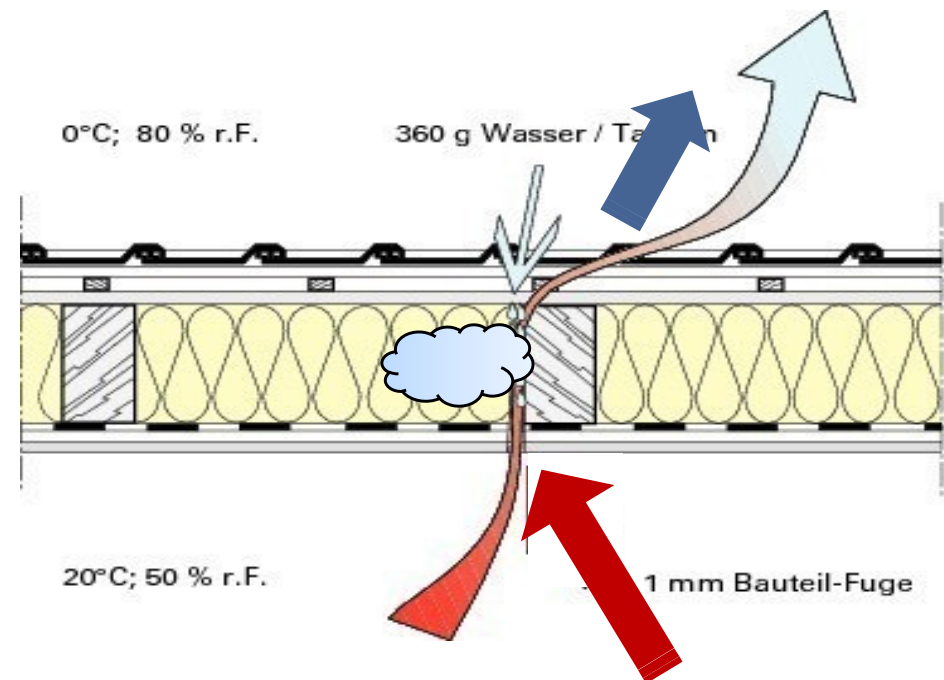
Dicht ist nicht gleich dicht...

2.1) Was bedeutet **Luftdicht** – was bedeutet **Winddicht**

Luftdicht:

Die **DIN 4108-2** fordert eine dauerhafte luftdichte Gebäudehülle. Luftdicht bedeutet, dass die **Rauminnenseite** vor Durchströmung (Zug) mit Raumluft (feucht) dauerhaft geschützt wird. (Fenster auf – Fenster zu ..)

➔ **Raumluft (innen „Warmseite“)**



<https://youtu.be/JyLS8Ndt-Ks> dach-Praxis Luftdicht usw

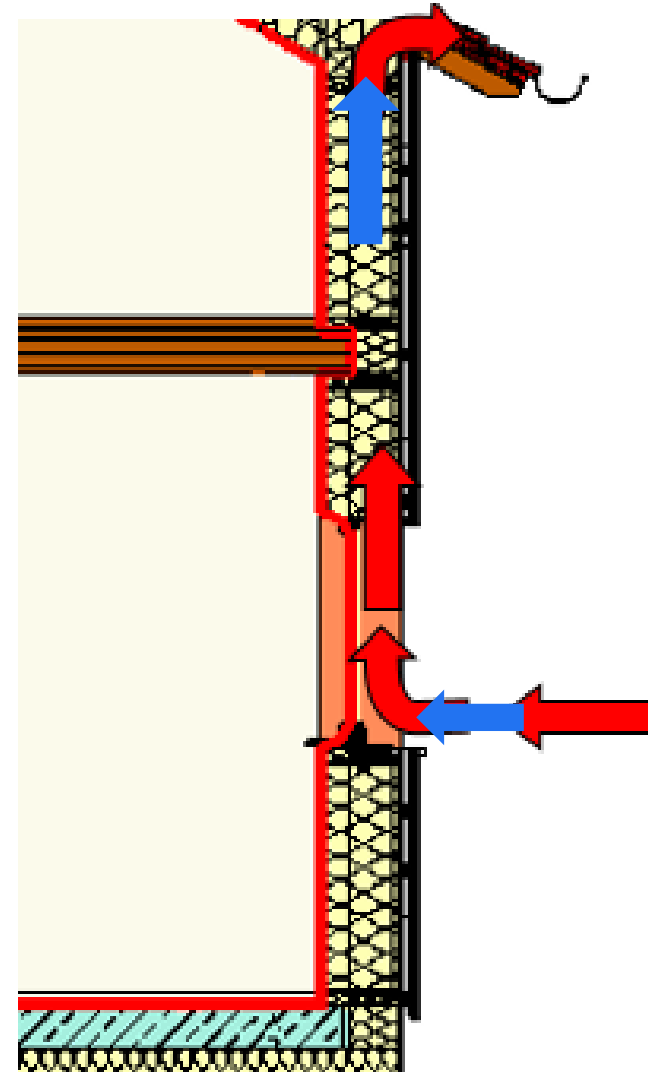
Dicht ist nicht gleich dicht...

2.1) Was bedeutet **Luftdicht** – was bedeutet **Winddicht**

Winddicht:

Verhindert die Lufteinströmung in Dämmstoffe von außen (Wind), damit keine Verminderung der Dämmeigenschaften erfolgt.

➔ **Außenluft (Kaltseite)**



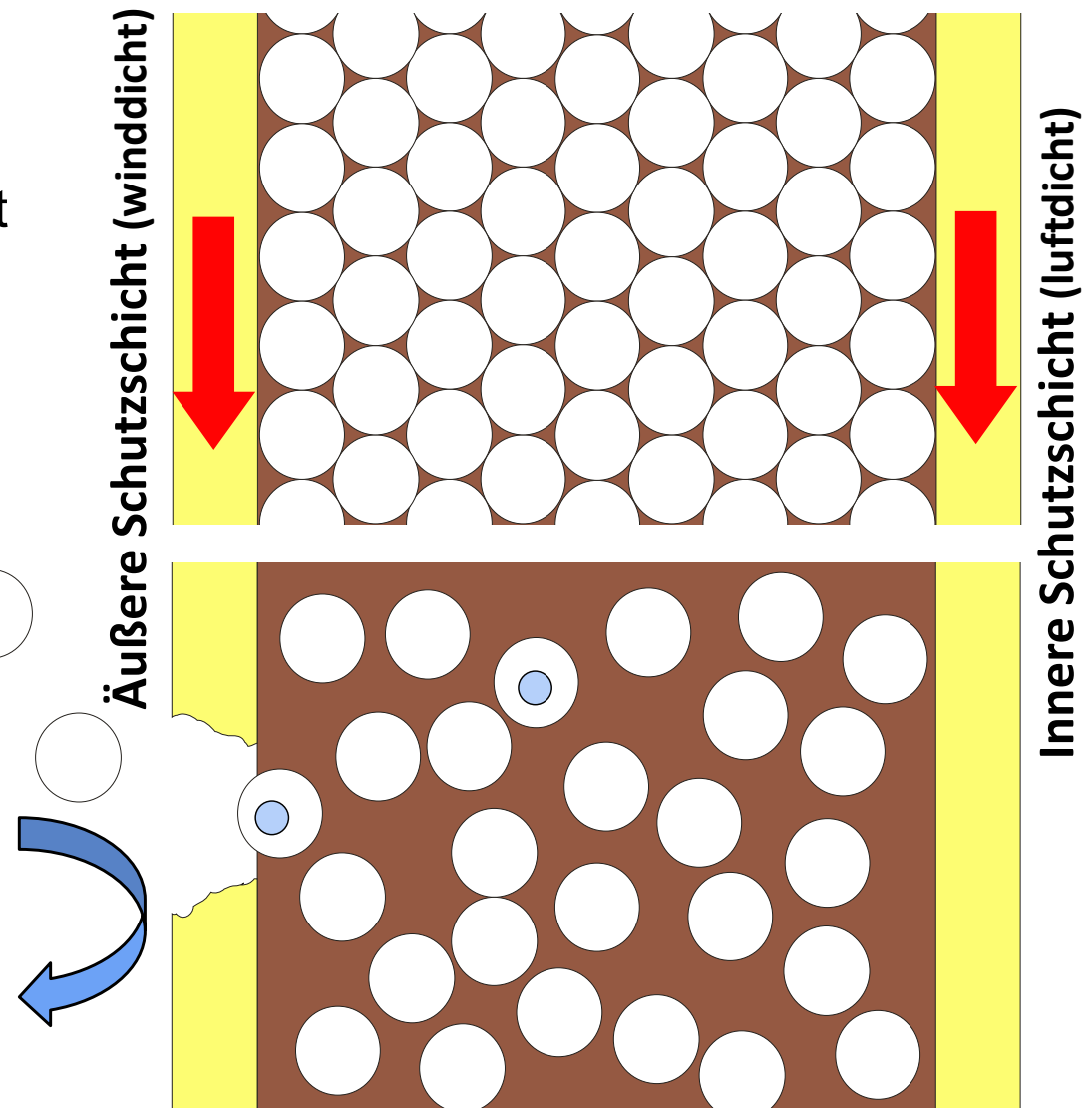
2.2 „Warum kann die Dämmung ohne die Dichtigkeit nicht leben?“

- Im Dämmmaterial befinden sich eingeschlossene Luftporen, die wärmen.
- Eine innere und äußere Schutzschicht verhindern, dass die Luftporen in Unordnung geraten.
- Ist eine Schutzschicht zerstört, dann wird die Dämmeigenschaft beeinträchtigt..
- Luft und Feuchte können eindringen

Beides führt zu:

⇒ **Schlechter Wärmedämmung**

⇒ **Bauschäden**



Wissen kompakt:

Zusammenfassung Modul 2: winddicht - luftdicht:

➤ **Dämmung und Dichtheit:**

- Nicht das Dämm-Material wärmt, sondern die eingeschlossene Luftporen.
- Die innere und äußere Schutzschicht verhindert den Lufteintritt in die Dämmung / Konstruktion
- Ist eine der Schutzschichten defekt, dringt Luft / Wasserdampf ein.
- Dämmwirkung geht verloren. Es kann Feuchtigkeit in der Konstruktion ausfallen

➤ **Winddichtheit:** Schutzschicht vor Luft- Feuchteinströmungen auf der Außenseite der Konstruktion

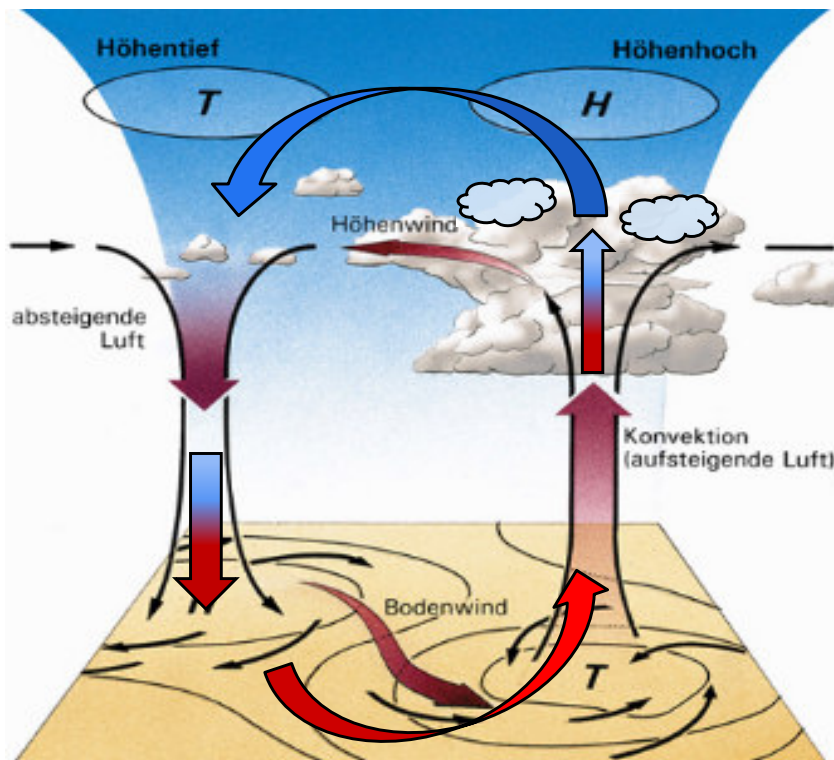
➤ **Luftdichtheit** : Schutzschicht gegen Lufteintritt auf der Innenseite (Raumseite) der Konstruktion

Warum gibt es Luftbewegungen außen und innen?

3.) Lehrmodul: Thermik – Wasserdampf - Taupunkt

3.1 warme und kalte Luft und Druckunterschiede: Atmosphäre

So sieht das in der Natur aus :

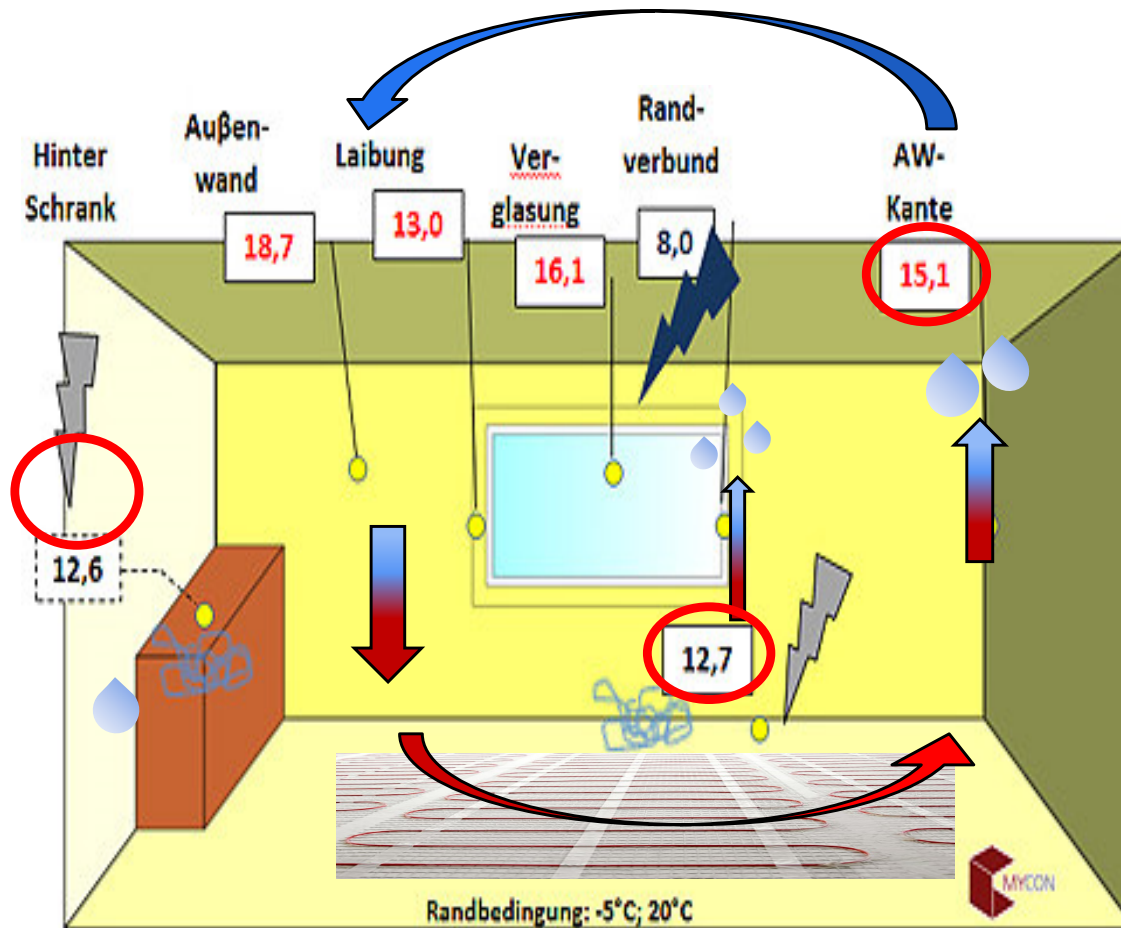


Wasserkreislauf:

- Luft enthält Feuchtigkeit in Form von Wasserdampfmoleküle
 - **Je wärmer**, desto schnellere Bewegung der Wasserdampfmoleküle, desto **höher** der Druck
 - **Je kälter**, desto langsamer die Bewegung der Wasserdampfmoleküle, desto **niedriger** der Druck
 - Die Natur strebt immer einen Druckausgleich an. Bedeutet: Luftbewegung vom höheren Druck zum niedrigeren Druck. **Also: von warm nach kalt!!!**
- Luftbewegung entsteht also dadurch das die Natur die Luftdruckunterschiede ausgleichen will!

3.) Lehrmodul: Thermik – Wasserdampf - Taupunkt

3.2 warme und kalte Luft und Druckunterschiede im Raum:



➤ Thermik im Innenraum bei ungenügender Dämmung der Hülle

- Temperatur Raummitte: ~ 20°C
- Wärmequelle Fußbodenheizung
- Gebäude nur ungenügend gedämmt und undicht
- Aufwärmen der Raumluft über Fußbodenheizung
- Oberflächentemperatur Außenwände und Raumecken: ca. 15-16°C
- Oberflächentemperatur Fenster: ~ 12-13°C
- Raumluft kühlt sich an den kalten Flächen ab und kondensiert (Feuchte fällt aus)
- Druckausgleich von warm nach kalt bedingt Thermik im Raum, die unangenehm ist.

3.3 Warum sollte sich die Luftbewegung im Raum in Grenzen halten?

- Thermik im Raum verursacht Zugserscheinungen (Kreislauf S. 18)
- Zugserscheinungen verursacht Unbehaglichkeit
- Erhöhte Thermik fördert den Eintritt von Luft in die Konstruktion (luftdicht)

Wesentlicher Einfluss von erhöhter Thermik sind:

- Große Temperaturdifferenz zwischen Rauminnenluft und Oberflächentemperatur der Außenbauteile
- Niedrige oder hohe Luftfeuchtigkeit

3.4 Warum kommt es überhaupt zum Wasserausfall:

- Warme Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte Luft
- Kühlt warme Luft ab, reduziert sich somit auch die Möglichkeit Feuchtigkeit aufzunehmen, und der Anteil an Luftfeuchte, der nun zu viel ist, wird als Wassertropfen abgegeben.

Links:

<https://youtu.be/ozzT0cnEOY0https> (Versuch Wasser)

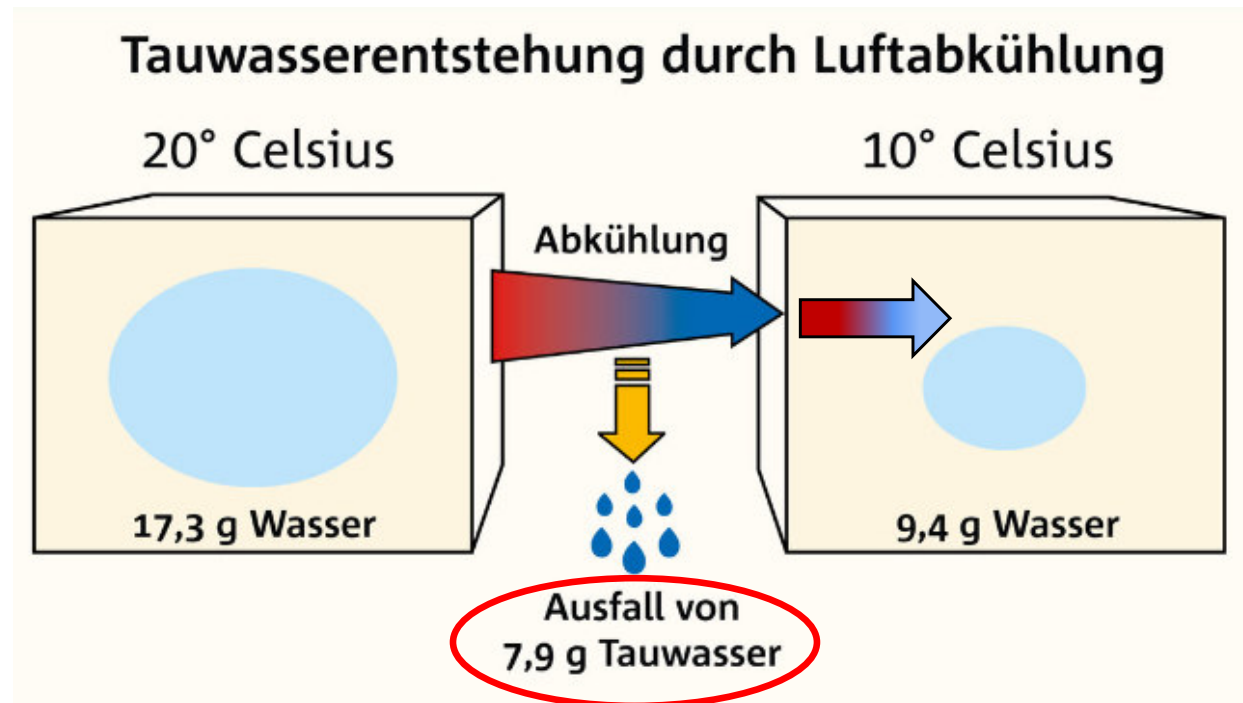
<https://youtu.be/gwNmMTiY9H4> (Wetter Kachelmann)

<https://rechneronline.de/barometer/luftfeuchtigkeit.php> (Feuchtigkeitsrechner)

3.5) Wann wird aus Wasserdampf – Wasser?

Taupunkt

- **Taupunkt:**
- ist die Temperatur, auf die Luft abgekühlt werden muss, bis sie mit Wasserdampf so gesättigt ist, dass diese anfängt zu kondensieren



<https://youtu.be/Ed0jwp9Fu9U> Was ist der Taupunkt

Wie kann ich das prüfen?



Hygrometer und Thermometer:

- Luftfeuchtigkeitsangabe in Verbindung mit der Temperatur.
- Gute Kontrolle für das Raumklima zur Vorbeugung von Schimmel.



Zusammenfassung Modul 3: Thermik – Wasserdampf - Taupunkt:

- Luft besteht aus Wasserdampf
- **Warme Luft:**
 - Wasserdampfmoleküle bewegen sich schnell (brauchen viel Platz)
 - Viel Platz bedeutet, warme Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte
 - Je wärmer die Luft umso schneller die Bewegung der Wasserdampfmoleküle, umso höher der Luftdruck.
- **Kalte Luft:**
 - Wasserdampfmoleküle bewegen sich langsamer (ziehen sich an, brauchen weniger Platz)
 - Wenig Platz bedeutet: kalte Luft kann weniger Wasserdampf aufnehmen als warme
 - Je kälter die Luft umso langsamer die Bewegung der Wasserdampfmoleküle, umso geringer ist hier der Luftdruck.

Zusammenfassung Modul 3: Thermik – Wasserdampf - Taupunkt:

- **Allgemeines:**
 - Die Natur ist bestrebt diesen Druckunterschied zwischen warm und kalt auszugleichen (Luftströmung von hohem Druck zu niedrigem Druck)
 - **Die Strömung geht immer von warm zu kalt !**
 - Warme Luft steigt auf, kalte Luft fällt ab. (Wasserkreislauf in der Natur)
- **Taupunkt :**
 - die Temperatur, auf die Luft abgekühlt werden muss, bis sie mit Wasserdampf gesättigt ist, sodass dieser anfangen kann zu kondensieren (siehe Taupunkttafel)
- **absolute Luftfeuchtigkeit :**
 - gibt die Menge des Wassers an, die in Dampfform in der Luft enthalten ist.
- **relative Luftfeuchtigkeit :**
 - gibt das Verhältnis der absoluten Feuchte zur maximal möglichen Aufnahmemenge an.

Frage:

Was passiert wenn Luft / Wasserdampf in die Konstruktion dringt

Die Luft kühlt im Bauteil ab und es kann zur Kondensation kommen
(kaltes Bierglas im Sommer im Biergarten)

Ist die Wärmedämmung nass, befinden sich keine kleinen Luftporen
mehr im Dämmstoff,

sondern kleine Wasserporen!!

Und Wasser leitet Wärme besser als Luft!

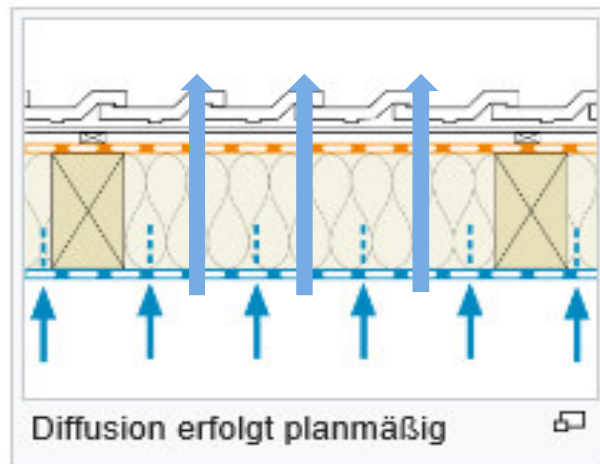
Hier wäre auch der Energieverlust um ein vielfaches höher

Warum wird die Dämmung nass??

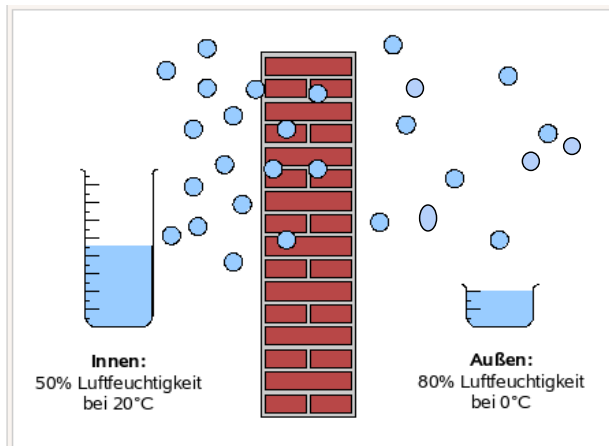
4.) Lehrmodul: Feuchtetransport im Bauteil

4.1) Diffusion: die planbare Größe

- Feuchtetransport von warm nach kalt
- Wanderung der Moleküle durch das Bauteil in der Bauteil-Fläche.
- lässt sich über den Bauteilaufbau errechnen – ist planbar.
- Transport aufgrund des Druckunterschieds zwischen innen und außen
- Porosität der Baustoffe begünstigen oder behindern den Feuchtetransport
- Transportrichtung im Winter nach außen; im Sommer nach innen
- Bei richtiger Planung kann die im Bauteil befindliche Feuchte wieder austrocknen (Rückdiffusion/Rücktrocknung).



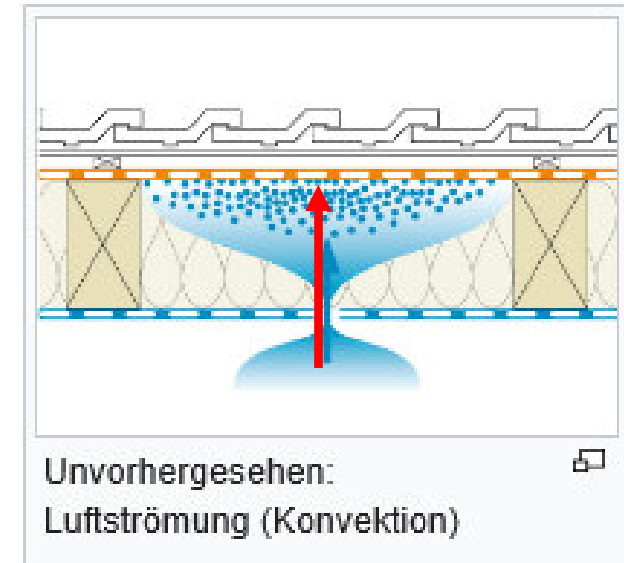
© wissenswiki



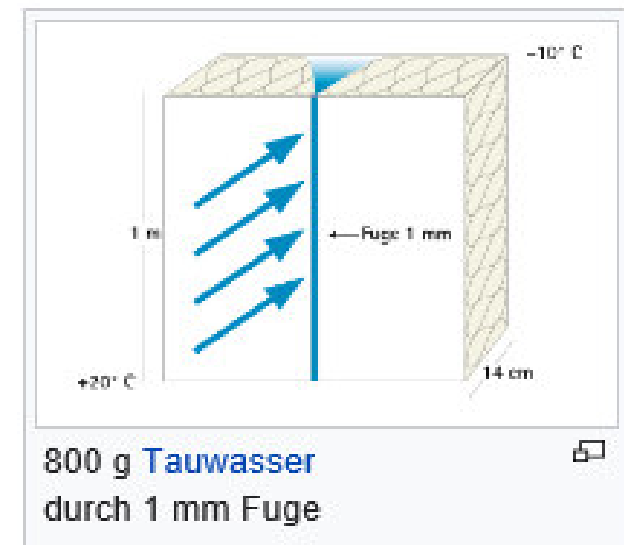
Feuchtetransport im Bauteil

4.2) Konvektion/Wärmeströmung:

- Neben der Diffusion kann der Transport auch über kleine Undichtigkeiten stattfinden
- Undichtigkeiten in Form von punktförmigen Löchern oder Risse in der Folie bzw. Dichtheitsebene
- Transportmittel ist hier Luftbewegung (Zug); z.B. Öffnen von Türen oder Fenster.
- Es wird ein Vielfaches an Feuchtigkeit im Vergleich zur Diffusion durch die Konstruktion transportiert (bis zu 1000fach mehr).
- Warme Raumluft kondensiert an den kälter werdenden Stellen innerhalb der Konstruktion
- Je langsamer er Transport desto mehr Zeit hat die Luft abzukühlen, umso mehr Feuchtigkeit fällt an



© wissenswiki

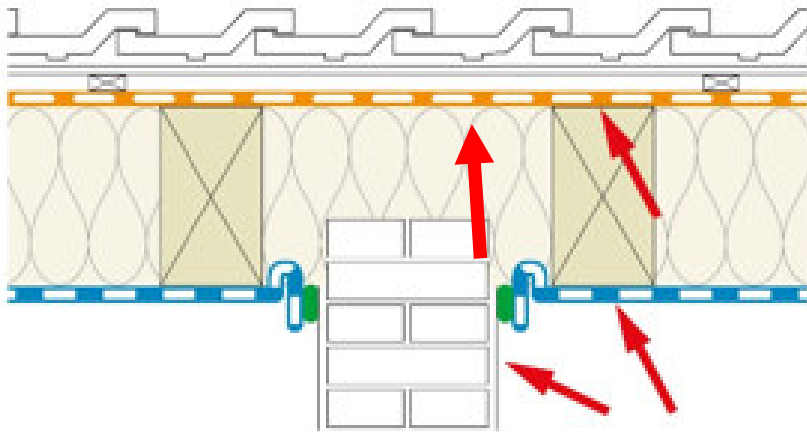


Feuchtetransport im Bauteil – Konstruktiv - verursachte Feuchtigkeit

4.3 Flankendiffusion

➤ Feuchteinträge obwohl der Anschluss luftdicht erfolgt ist, WARUM??

Bauschaden: Feuchteintrag trotz luftdichtem Anschluss und Verwendung einer Dampfsperre

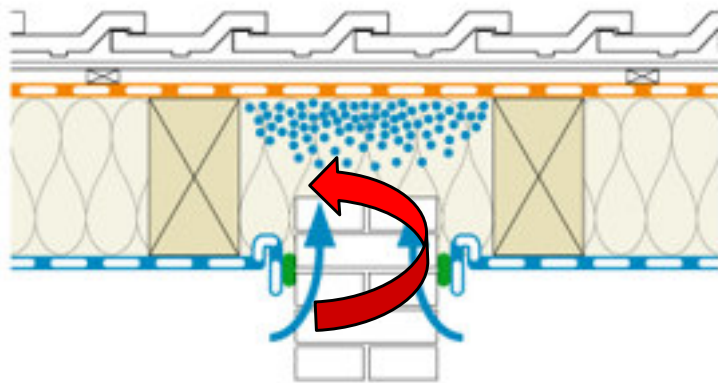


Luftdichte Konstruktion mit PE-Folie und luftdichter Putzschicht, außen Bitumendachbahn

- **Konstruktion:** (z.B. Flachdach)
- - außenseitig luftdichte Bahn,
- - Zwischenbalkendämmung (balkenhoch)
- - innenseitig Kunststoffolie (dicht)
- - Innenwand: z.B. porositätsarmes Ziegelmauerwerk

4.3 Flankendiffusion

Feuchtigkeitsausfall

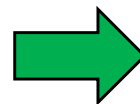


Feuchteintrag durch Flankendiffusion über das angrenzende Ziegel-Mauerwerk.

© wissenswiki

- **Der Nachweis der Schadensfreiheit, erfolgt nach DIN 4108-3**

- Feuchteintrag in die Konstruktion über die Flanken des porosierten Ziegelmauerwerks vorbei an der Dichtheitsfolie.
- Abkühlung des Wasserdampfes in der Konstruktion, Ausfall von Baufeuchte
- Folge: Durchfeuchtung ohne Rück-Trocknungsmöglichkeit, da PE Folie innenseitig
- Schimmelbildung auf dem Holz und beginnende Verrottung



Lösungsmöglichkeit:

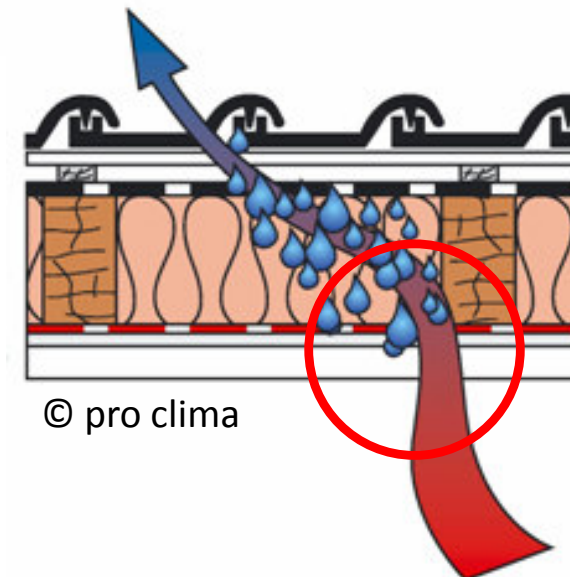
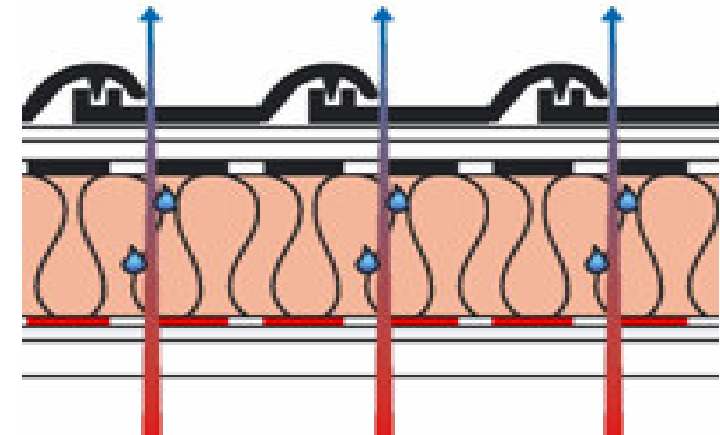
- feuchtevariablen Folie auf der Innenseite gewährleistet Rücktrocknung in den Raum
- Rückbau Mauer-Kopf

4.4 Konvektion versus Wasserdampfdiffusion

Was ist nun schädlicher:

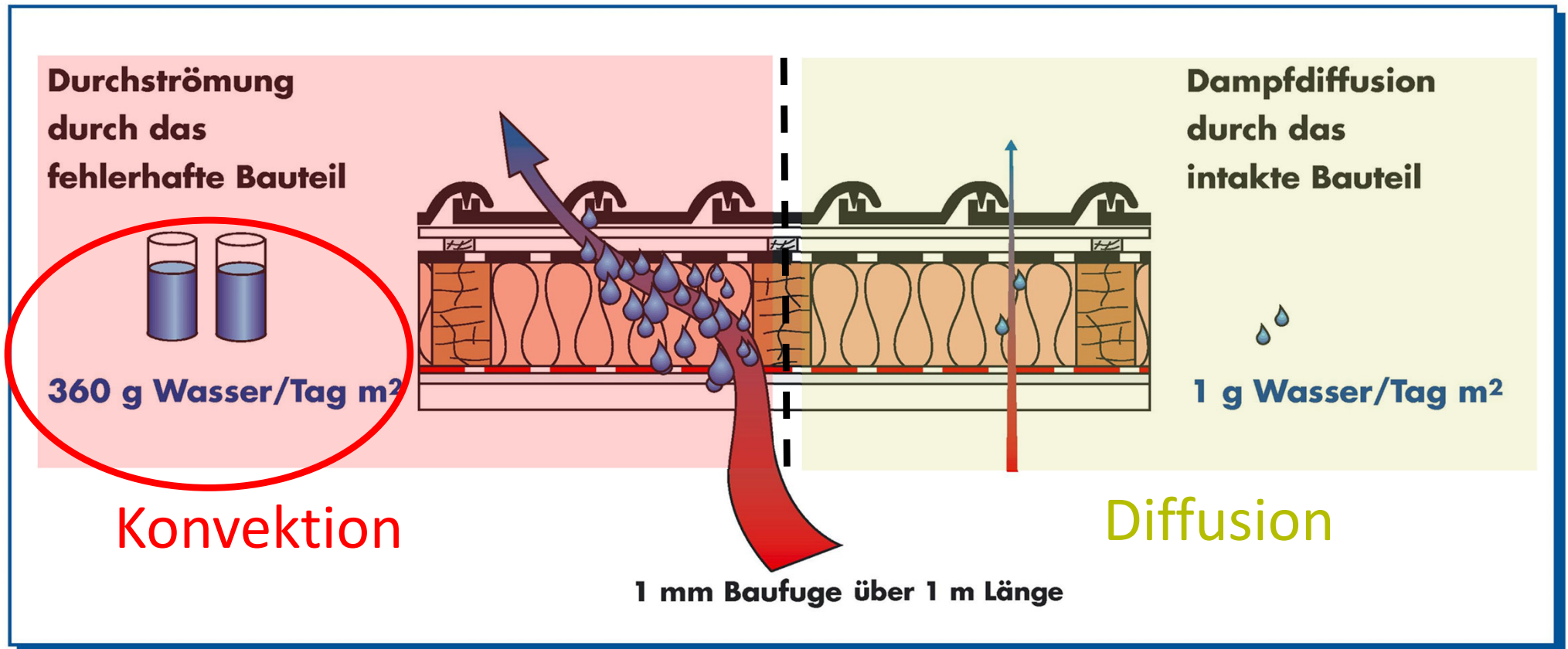
Konvektion oder Wasserdampfdiffusion?

- Bei der Wasserdampfdiffusion dringt eine eher geringe Menge an Wasser flächig in die Wärmedämmung ein.
- Bei Konvektion sammelt sich das Tauwasser tropfenförmig an der Stelle in der Wärmedämmung, wo Konvektion aufgrund von kleinen Löchern in der Luftdichtigkeitsebene stattfindet.



© pro clima

Konvektion versus Wasserdampfdiffusion



© pro clima

Die drei Motoren der Konvektion

- Fenster auf – Fenster zu! (Luftbewegung)

- **Der Thermische Motor:**

warme Luft ist leichter und sucht sich immer den schnellsten Weg nach oben!

Genauso sucht sich die kalte, schwerere Luft immer den schnellsten Weg nach unten!

- **Luftdruckunterschied zwischen unten und oben**

= > Kamineffekt

Wissen kompakt:

Zusammenfassung Modul 4: Feuchtetransport im Bauteil:

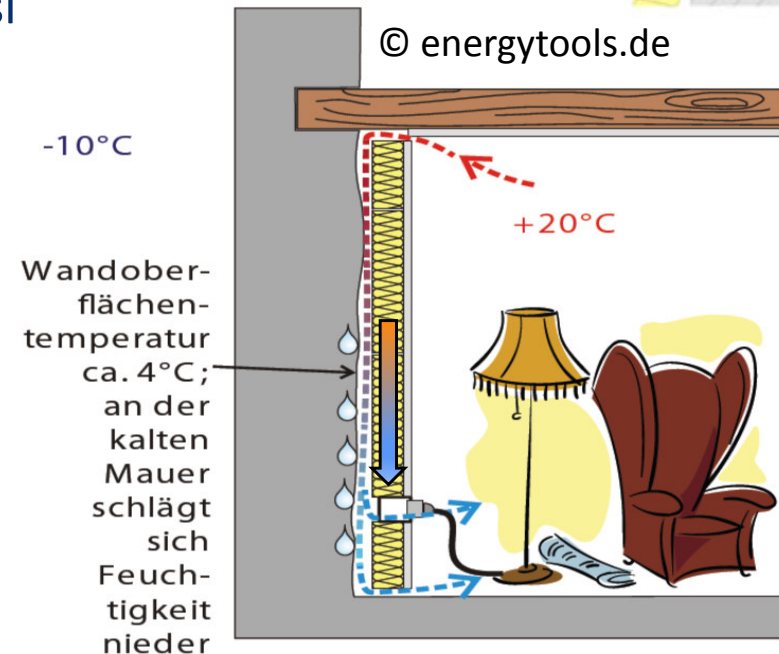
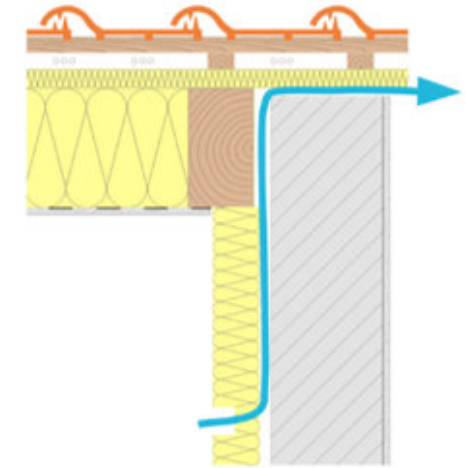
- Luft bewegt sich immer vom **hohen Druck zum niedrigen Druck**. Von **Warm nach Kalt**
- **Diffusion: ist planbar**
 - o Molekülwanderung durch das Bauteil in der Fläche
 - o Materialien wie Mauersteine, Holz, Dämm-Material usw. sind nie ganz diffusions-dicht.
 - o Porosität (durchlässig) und saugende Baustoffe begünstigen den Feuchtetransport.
 - o Transportrichtung von warm nach kalt
 - o Die Feuchtigkeitsmenge kann berechnet werden (planbar durch Konstruktionsaufbau)
- **Konvektion: passiert unbeabsichtigt**
 - o geschieht aufgrund von Undichtigkeiten in den Schutzschichten um die Konstruktion (innen und außen)
 - o Feuchtetransport erfolgt über Risse oder Löcher und **nicht** in der Fläche
 - o Es geht an diesen Stellen ein Vielfaches an Feuchtigkeit in die Konstruktion (bis zu 1000fach mehr als bei einer planbaren Diffusion)
 - o Je langsamer der Transport innerhalb der Konstruktion, desto mehr Feuchte fällt aus
- **Flankendiffusion:**
 - o Geschieht trotz intaktem Folienanschluss über z.B. Innenwände, welche in die Konstruktion ragen und hier eine Kältebrücke bilden. (Beispiel: Flachdächer 70iger Jahre)
- **Was begünstigt den Feuchteintritt in eine Konstruktion?**
 - o Thermik im Raum aufgrund von Temperaturunterschieden „Raummitte zu Oberflächentemperatur Außenwände“
 - o Tür auf, Tür zu (durch Zug)
 - o Durch Wind auf der Außenseite
 - o Großer Temperaturunterschied zwischen innen und außen

Fast egal wie: Feuchteintritt in die Konstruktion ist zu unterbinden!

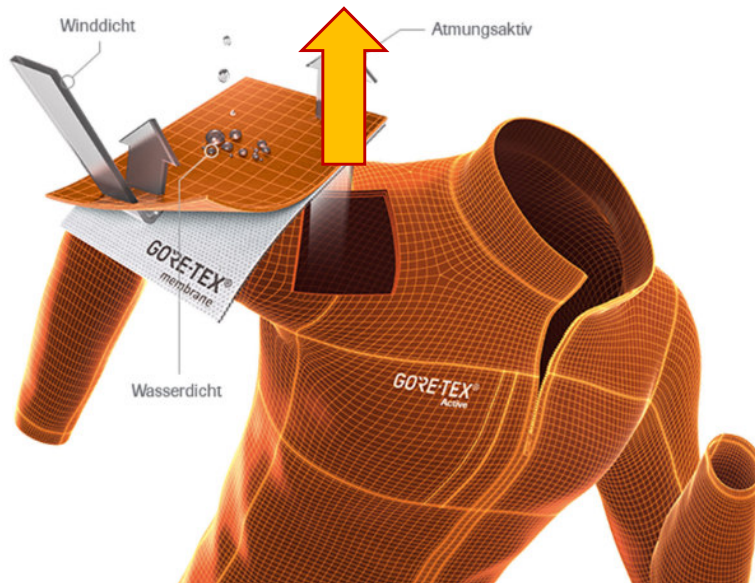
Es gilt außerdem zu wissen:

- Je länger der Luftweg, umso dramatischer sind die Auswirkungen. Bei „langen Wegen“ hat die Luft viel Zeit um deutlich stärker abzukühlen.
- Konvektion und „ungeplante“ Luftströmungen sind nicht kalkulierbar !!!

Abb. rechts:
Ein langer Luftweg durch eine undichte Ecke. Austritt an der Steckdose hinter die Innenwanddämmung



5.) Lehrgangsmodul: Feuchtemanagement Wie wird's dicht? - Folie ist nicht gleich Folie



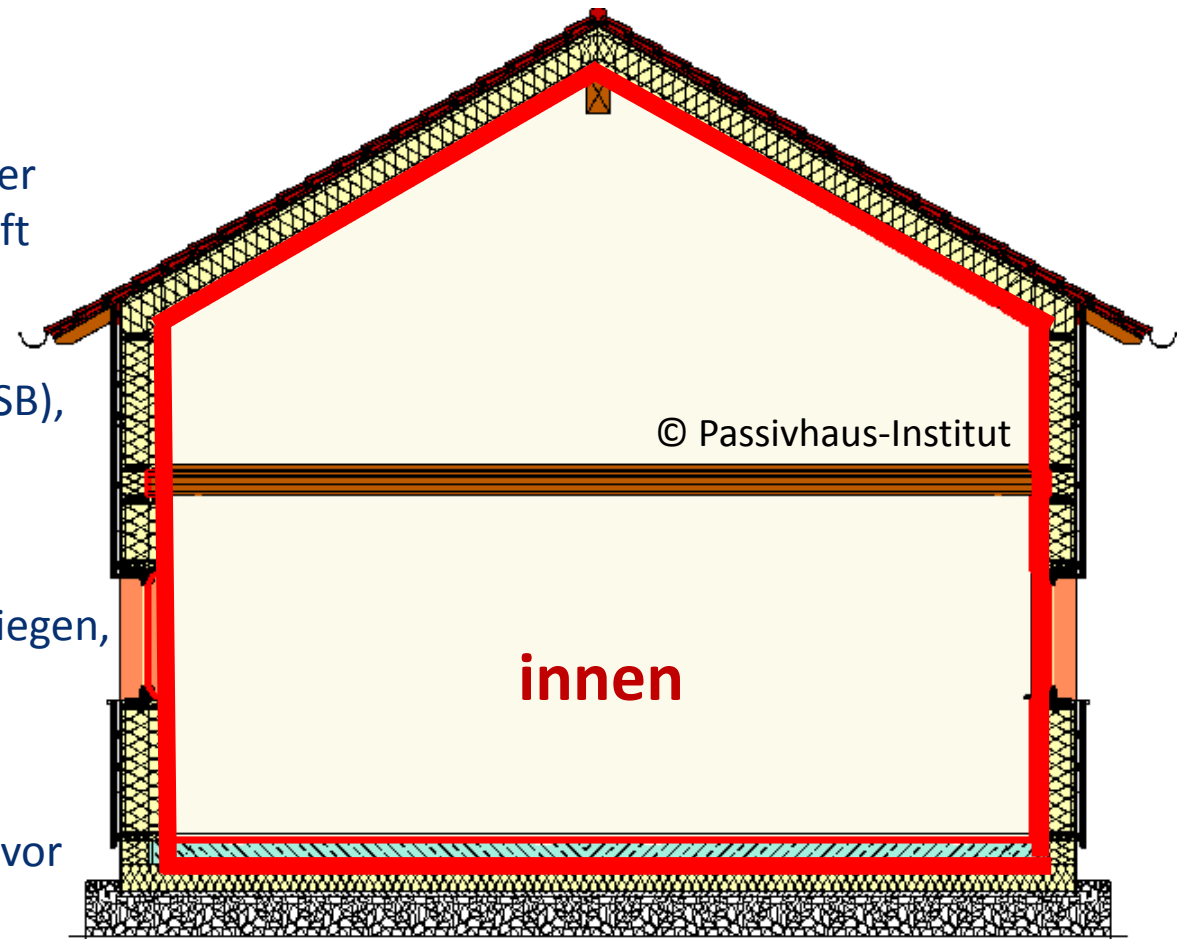
**Gore-Tex Windbreaker, eng anliegend,
von Innen diffusionsoffen, Feuchte
kann entweichen
Hülle außen aber winddicht.**

- Pulli.....
- Der Strickpulli im Wind benötigt eine zweite Haut, die den Wind nicht bis zum Pulli durchdringen lässt. Windbreaker (z.B. Gore-Tex).
- Gleiches gilt auch für die Dichtheit der Gebäudehülle. Wind- und Lufteintritte in die Konstruktion, sowohl auf der Außen- (winddicht) als auch auf der Innenseite (luftdicht) sind zu verhindern.
- **Grundsätzlich gilt: die Dichtigkeit der „Folien“ sollte von Innen nach Außen abnehmen!!!**

5.1) Lehrmodul: Folien / Dichttheitsebenen; diffusionsoffen – variabel - dicht

Wir erinnern uns:

- „ die **Luftdichtheit** der **Gebäudehülle** ist in der **Luftdichtheitsebene** (hier rote Linie dauerhaft sicherzustellen!“ Liegt immer innen
- Sicher zu stellen durch Folien, Bauplatten (OSB), Klebebändern oder vorkomprimierte Dichtungsbänder (Kompriband)
- Alle Bauteile die in der Luftdichtheitsebene liegen, sind lückenlos an angrenzende Bauteile anzuschließen.
- i.d.R. ist die Luftdichtheitsschicht raumseitig vor der Dämmebene anzuordnen
- Bei Sanierungs- und Neubauprojekten ist stets ein Lüftungskonzept zu erstellen!!



5.2) μ -Werte und sd-Werte

Folie ist nicht gleich Folie.....

Die Einstufung eines Baustoffes als Dampfbremse bzw. Dampfsperre, wird definiert durch: sd-Wert und μ -Wert

Was ist der μ -Wert:

- - **Wasserdampfdiffusionswiderstand;**
 - gibt die Wasserdampfdurchlässigkeit eines Baustoffs an
 - Je **kleiner** der Wert, desto **besser** wird der Wasserdampf von der warmen zur kalten Seite geleitet
 - $sd = \mu * m$

© ubakus

λ :	0,13	W/mK
μ :	30/300	$\mu \leftrightarrow sd$
ρ :	650	kg/m ³
c:	1700	J/(kg*K)
ϵ :	0,9	[0,01 - 0,99]

Beispiel OSB-Platte

5.2) μ -Werte und sd-Werte

Folie ist nicht gleich Folie.....

Was ist der sd-Wert:

- - äquivalente Luftschichtdicke;
 - gibt an, welche vergleichbare Luftschichtdicke (sd) eine Dichtungsbahn (Folie) mindesten haben muss, um die Konstruktion ausreichend vor Feuchte zu schützen.
 - Die μ -Wert eines Baustoffes wird mit der Baustoffdicke multipliziert. Es ergibt sich die Luftschichtdicke, welche man einbauen müsste, um schadensfrei zu sein.
sd-Wert = μ * m
 - Je größer der sd-Wert, desto diffusionsdichter ist der Baustoff. Je kleiner der sd-Wert, desto diffusionsoffener der Baustoff

© ubakus

λ :	0,13	W/mK
sd:	3	m $\mu \leftrightarrow sd$
ρ :	650	kg/m ³
c:	1700	J/(kg*K)
ϵ :	0,9	[0,01 - 0,99]

Beispiel OSB-Platte

Beispiel: sd-Werte und μ -Werte von Baustoffen

Beispiele: Bemessungswerte der Dampfdiffusionswiderstandszahlen			
Material	Dampfdiffusionswiderstand μ [-]	Beispiel Schichtdicke s [m]	Ergebnis s_d -Wert $\mu \cdot s$ [m]
Gipskarton	8 ¹⁾	0,0125	0,10
Fermacell (Gipsfaser)	13 ¹⁾	0,0125	0,16
Kalkputz	15 / 35	0,0150	0,23 / 0,53
Fichte, Kiefer, Tanne - effektiv feuchtevariabel	40 ¹⁾ 12 - 15 b. 60% Holzfeuchte 200 b. 10% Holzfeuchte	0,0240	0,96 0,29 - 0,36 4,80
Sperrholz n. DIN 68705	50 / 400 ¹⁾	0,0200	1,00 / 8,00
Beton	70 / 150 ¹⁾	0,1600	11,20 / 24,00
Vollklinker 2200 kg/m ³	50 / 100 ¹⁾	0,2400	12,00 / 24,00
PE-Folie 0,2mm	100.000	0,0002	20,00
PE-Folie 0,5mm	100.000	0,0005	50,00
Bitumenbahn	80.000	0,0030	240,00
Aluminiumlegierungen	praktisch dampfdicht ab 50 μ m Dicke häufig verwendeter Rechenwert: 999999 ¹⁾	0,0005	500,00

Dampf diffundiert durch Holz 40 (μ -Wert) mal so langsam, als durch eine Luftschicht gleicher Stärke.

Definition μ -Wert nach DIN 4108 Teil 4:

$$S_d = \mu \cdot m$$

Für Holz:

$$40 \cdot 0,024 = \sim 1,00 \text{ m}$$

Was bedeutet nun 1,00 m...?

Die DIN 4108-3 unterscheidet zwischen:

sd-Wert	Grad der Dichtheit
$sd \leq 0,5 \text{ m}$	diffusionsoffen
$sd > 0,5 \text{ m} - < 100 \text{ m}$	diffusionsbremsend
$sd > 100 \text{ m} - < 1500 \text{ m}$	diffusionssperrend
$sd \geq 1500 \text{ m}$	diffusionsdicht

© wikiwissen.de

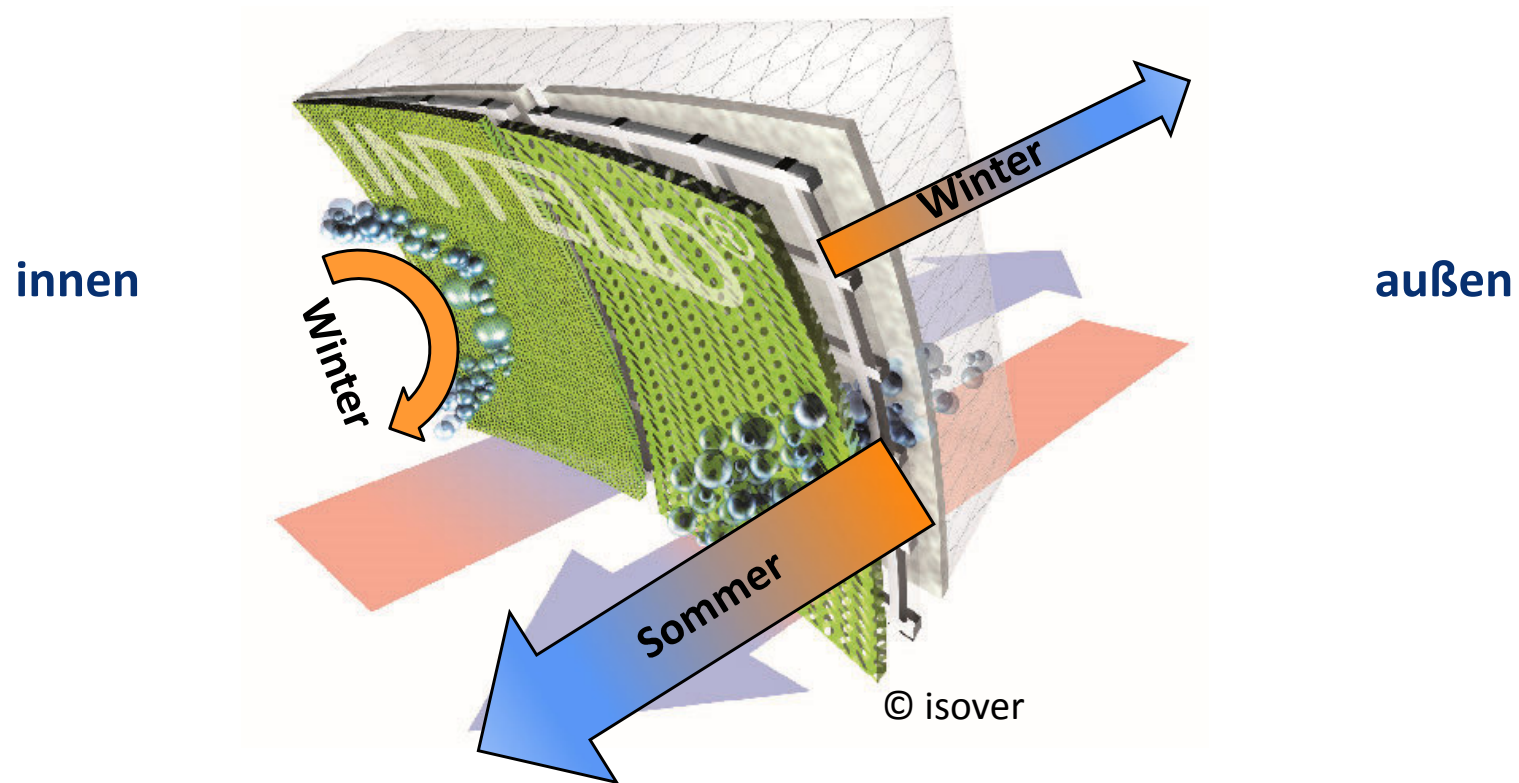
- Baustoffe beeinflussen mit ihrem sd-Wert den Grad der Diffusion
- Je größer der sd-Wert, umso dampfdichter, je kleiner umso dampfoffener
- ab einem sd-Wert von 1.500m ist eine Schicht diffusionsdicht
- Metalle und Glas sind völlig dicht!

5.3) Rücktrocknung der Feuchte im Bauteil

(Isover: Versuch mit feuchtem Holzstück in Folie)

Was an Feuchte rein geht, geht im besten Fall wieder raus!

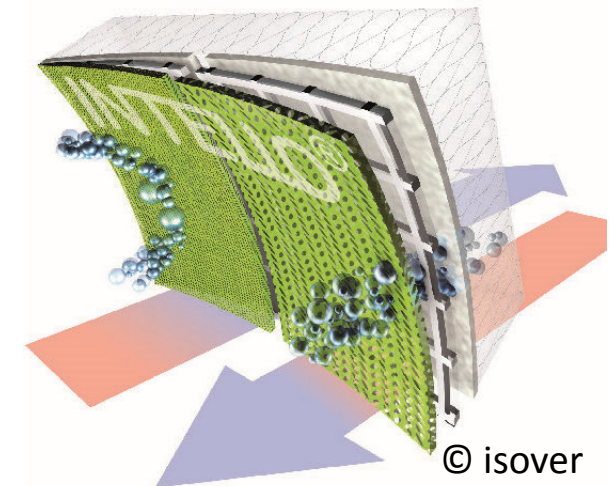
Rücktrocknungspotenzial was ist das???



Wo ist innen – Wo ist außen ?

Rücktrocknungspotenzial was ist das und geschieht das???

- Winter: Diffusion von Innen nach Außen; ein „verträgliches“ Maß an Feuchte kann in der Konstruktion ausfallen.
- **Wann ist das problemlos?**
- wenn bei der sommerlichen Umkehrdiffusion (außen nach innen) die Feuchte rückstandlos austrocknet.
- **Was sind Trocknungsreserven?**
- Die Menge an Rücktrocknung muss über der Menge an Feuchtigkeitsausfall liegen, also zusätzlich eine Reserve aufweisen.



➤ **Grundsätzliche gilt: die Konstruktion sollte von Innen nach Außen immer diffusionsoffener werden!**

➤ **Faustformel:**

z.B: Holzkonstruktionen: innenseitig $sd: 2m$; außenseitig offen: z.B. $sd: 0,15m$

5.4) Richtige sd-Werte der Materialien / Folien – damit gelingt die Rücktrocknung

Unterschied variabler und fester Dampfbremsfolien:

a) bei fixen sd-Werten

- sind Feuchteintrag und Rücktrocknung identisch
- Das Material / Folie kann nur soviel rücktrocknen wie auch durch Diffusion eintritt (abhängig vom sd-Wert)
- Sollte Feuchte durch Konvektion unvorhergesehen eindringen, ist die Menge an Feuchtigkeit für den Rücktrocknungsprozess zu groß

5.5 Rücktrocknung der Feuchte im Bauteil – und Materialwahl

Rücktrocknung = Verdunstung

Hier lohnt sich zudem ein Blick auf die Materialwahl der Bauteile:

- **Unterscheidung der Materialien nach ihrer Fähigkeit Wasser aufzunehmen:**
 - Ist abhängig von der Höhe der Luftfeuchtigkeit
 - Ist abhängig von der Porosität des Baustoffes

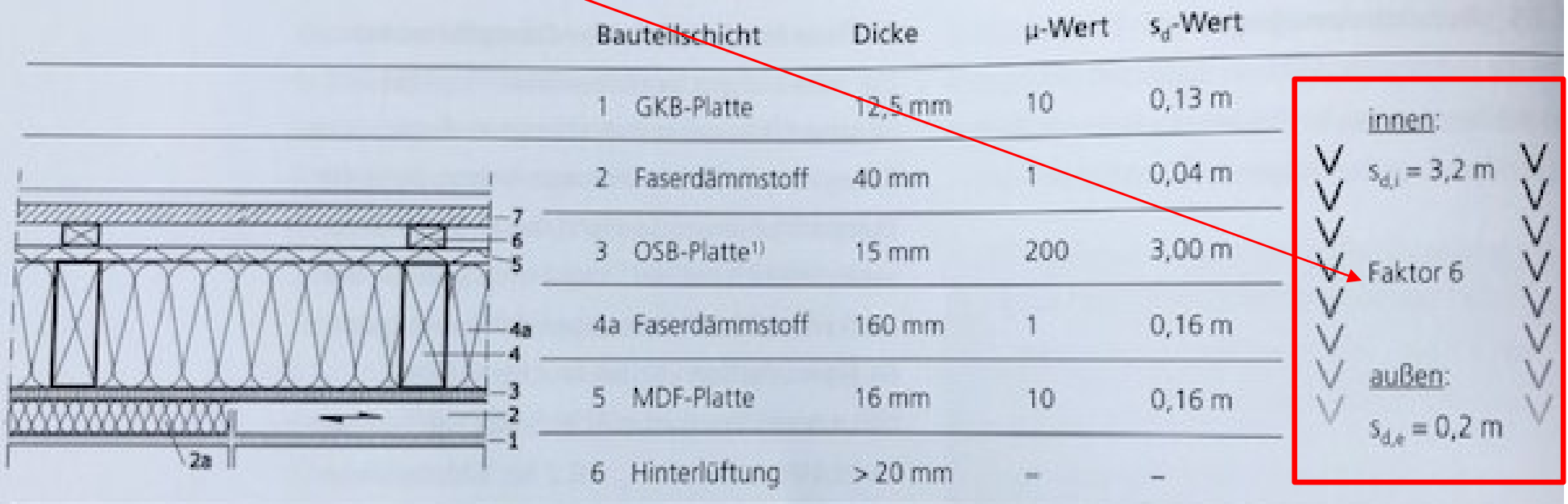
- **Die Rücktrocknung / Verdunstung ist abhängig:**
 - von der Höhe der Temperatur und dem Temperaturunterschied zwischen innen und außen

- **Man unterscheidet:**
 - a. Wassersaugende Materialien
 - b. Wasserabweisende Materialien

Anforderungen an den s_d -Wert
nachweisfreier Bauteile ¹⁾ nach DIN 4108-3
sowie in Anlehnung an DIN 68800-2

s_d -Wert außen	s_d -Wert innen
$\leq 0,1 \text{ m}$	$\geq 1,0 \text{ m}$
$\leq 0,3 \text{ m}$	$\geq 2,0 \text{ m}$
$0,3 \text{ m} \leq s_d \leq 2,0 \text{ m}^2)$	$6 \times s_d \text{ außen}^3)$

5.6 Regelkonstruktion für eine Außenwand in Holzrahmenbauweise



Bauteilschicht	Dicke	μ -Wert	s_d -Wert
1 GKB-Platte	12,5 mm	10	0,13 m
2 Faserdämmstoff	40 mm	1	0,04 m
3 OSB-Platte ¹⁾	15 mm	200	3,00 m
4a Faserdämmstoff	160 mm	1	0,16 m
5 MDF-Platte	16 mm	10	0,16 m
6 Hinterlüftung	> 20 mm	-	-

innen:
 $s_{d,i} = 3,2 \text{ m}$
Faktor 6
außen:
 $s_{d,e} = 0,2 \text{ m}$

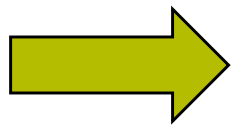
¹⁾ OSB-Platte = Luftdichtheitsebene

Gut zu wissen:

6.1 Planungssicherheiten über den Konstruktionsaufbau: - nachweisfreie Baukonstruktionen nach DIN 4108-3

Trocknungsreserven für Holzbauwände:

- 150 g/m² nach DIN 4108-7
- empfohlen: mind. 250 g/m²



je größer der Rücktrocknungspuffer, desto höher die Wahrscheinlichkeit für eine schadensfreie Konstruktion.

Zusammenfassung Modul 5: Folien und Feuchtemanagement:

Wissen kompakt:

- **Luftdichtheitsebene**
 - o Liegt auf der Innenseite. Diese ist in den Anschüssen zwischen Bauteilen z.B. aus Folien, Klebbandern oder vorkomprimierten Dichtschnüren herzustellen. Wird durch ein Lüftungskonzept sichergestellt und z. B durch Blower Door Test geprüft.
- **μ-Wert von Baustoffen**
 - o Wasserdampfdiffusionswiderstand. Gibt an wie dampfdurchlässig ein Baustoff ist.
 - o Je kleiner der Wert, desto besser kann Wasserdampf durch das Bauteil wandern
- **sd-Wert**
 - o gibt an, welche vergleichbare Luftschichtdicke ein Abdichtungsmaterial mindestens haben muss, um die Konstruktion ausreichend vor Feuchte zu schützen.
 - o Je größer der sd-Wert, umso dichter das Material und umgekehrt

sd-Wert	Grad der Dichtheit
$sd \leq 0,5 \text{ m}$	diffusionsoffen
$sd > 0,5 \text{ m} - < 100 \text{ m}$	diffusionsbremsend
$sd > 100 \text{ m} - < 1500 \text{ m}$	diffusionssperrend
$sd \geq 1500 \text{ m}$	diffusionsdicht

- **Rücktrocknung der Feuchte im Bauteil:**
 - o Winter: Diffusion von innen nach außen; Feuchte kann im Bauteil ausfallen.
 - o Sommer: Umkehrdiffusion von außen nach innen. Feuchte kann rücktrocknen
 - o Die Folien /OSB müssen so geplant sein, dass die Rücktrocknung auch funktioniert. (nicht zu dicht oder variabel, je Situation vor Ort)
 - o Rücktrocknungspotenzial sollte höher sein als die Menge an Feuchte
- **Grundsätzliche gilt: die Konstruktion sollte von innen nach außen immer diffusionsoffener werden!**
- **Faustformel Praxis: Holzkonstruktion:**
 - o Außenseite: diffusionsoffen, max. sd 0,2-0,5 m
 - o Innenseitig: dampfbremsend, ca. sd 2,0-5,0 m
 - o Dampfsperrend: sd-Wert 100m: in Bädern oder Räumen mit erhöhter Luftfeuchte
 - o Dampfdicht: sd-Wert $\geq 1.500\text{m}$: in Kühlhäusern, Dampfbädern oder Schwimmbädern
- **20% Regel:**
 - o Liegt die Dampfbremse/-sperre zwischen Wärmedämmschichten, dürfen max. 20% der gesamten Dämmschicht raumseitig liegen (z.B. gedämmte Vorwandinstallationen)

Faustformel:
sd-Wert innen 6x höher als außen

6.) **Arbeitsauftrag:** arbeiten mit dem ubakus-Rechner als Einzel- oder Gruppenarbeit

- **Auftrag A:**

- **energetische Sanierung eines Wohnhauses;** Dachaufbau Bestand:

- Raumseitig Gipskartonplatten 1969
- Installationsschicht ungedämmt mit Lattung 4cm
- Schalung
- Sparren 8/14;
- Lattung / Konterlattung / Dacheindeckung

Wie müsste der Dachaufbau aussehen, wenn ein U-Wert nach GEG eingehalten werden muss, und gleichzeitig schadensfrei ist?

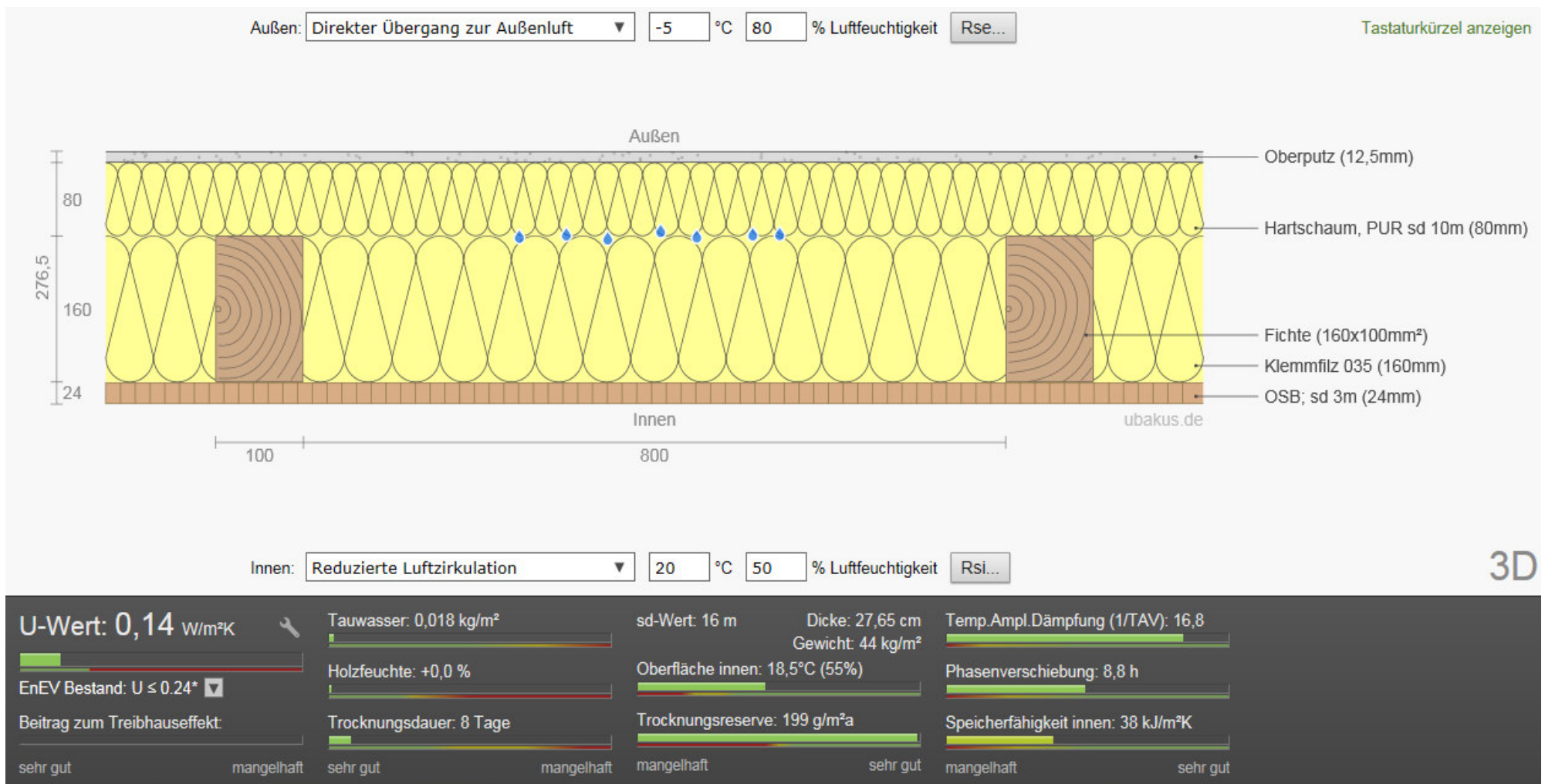
- **Auftrag B:**

- **energetische Sanierung eines Wohnhauses mit neuem Dach**

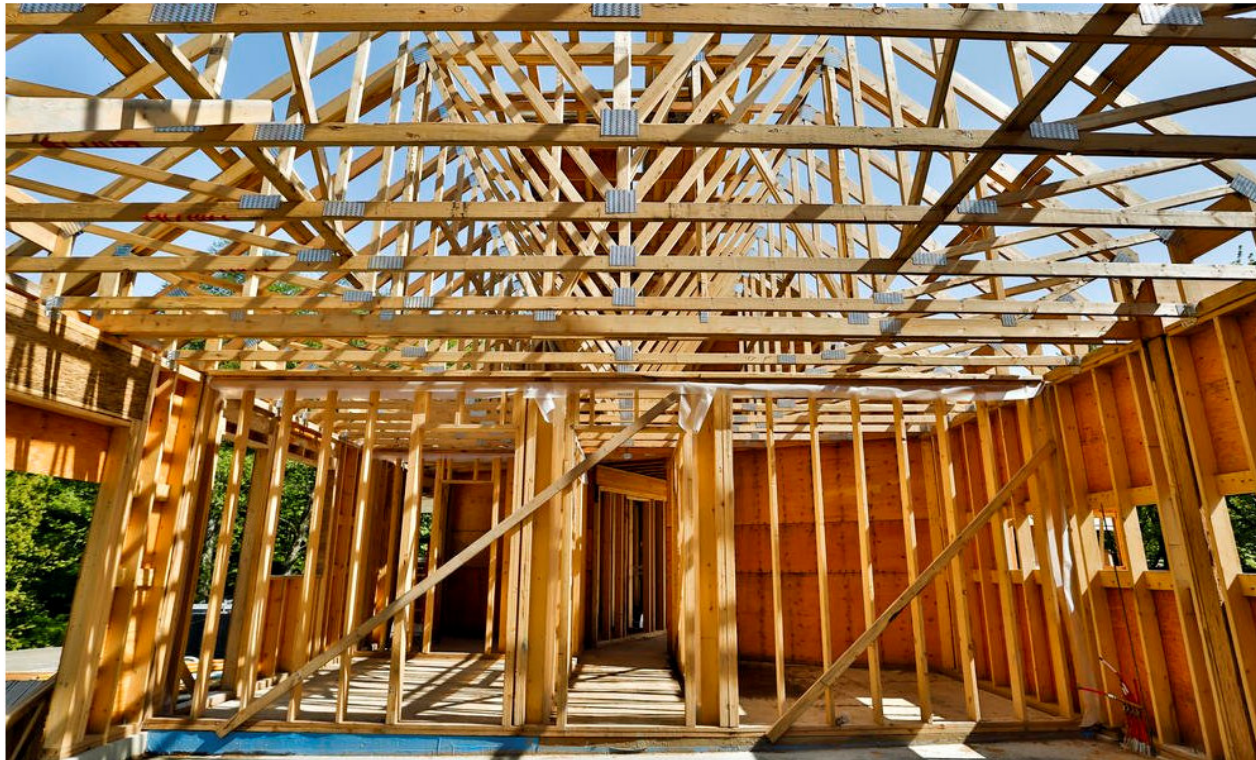
- mit Satteldach:
- Sparren nach Statik 8 / 16

Wie kann der Dachaufbau hier aussehen?

Berechnen mit Ubakus



7.) Konstruktionsdetails: Holzrahmenbauweise



Quelle Details: Isover, Saena, Steico, Bauder, Knauf, Rockwool, Egger, Ursa...
U-Wert Rechner,

Konstruktionsbeispiele im Holzrahmenbau

Aufbau Außenwand

Aufbau Dach

Aufbau oberste Geschoßdecke

Aufbau Kellerdecke

Anschluss Fenster - Türen

Anschluss Innenwand – Außenwand

Anschluss Außenwand - Dach

Anschluss Außenwand - oberste Geschoßdecke

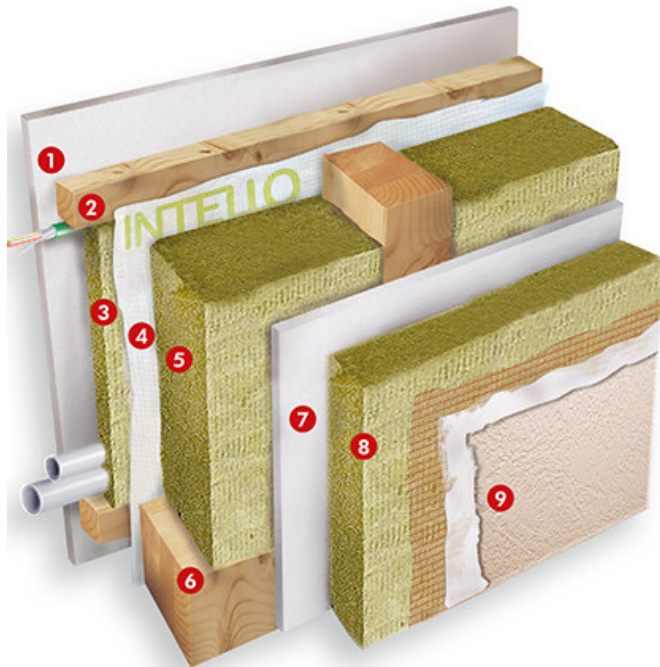
Oberste Geschoßdecke und Dachhaut bei Neueindeckung

Durchdringungen

Luftdichter Anschluss

Rechtsfragen (später)

Aufbau Außenwand Holzrahmenbauweise (Quelle: Rockwool)

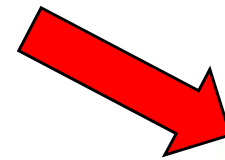


- 1 Fermacell 12,5 mm
- 2 Installationsebene 50 mm
- 3 ROCKWOOL Wärmedämmung 40 mm
- 4 proClima Intello Plus
- 5 ROCKWOOL Wärmedämmung 160 mm
- 6 Holzständer Duolam Lamellenholz
- 7 Fermacell 12,5 mm
- 8 Mineralisches Wärmedämmverbundsystem
- 9 Gewebe, Armierung, Endputz

Dachausbau (Quelle: Rockwool)



Was ist hier falsch?

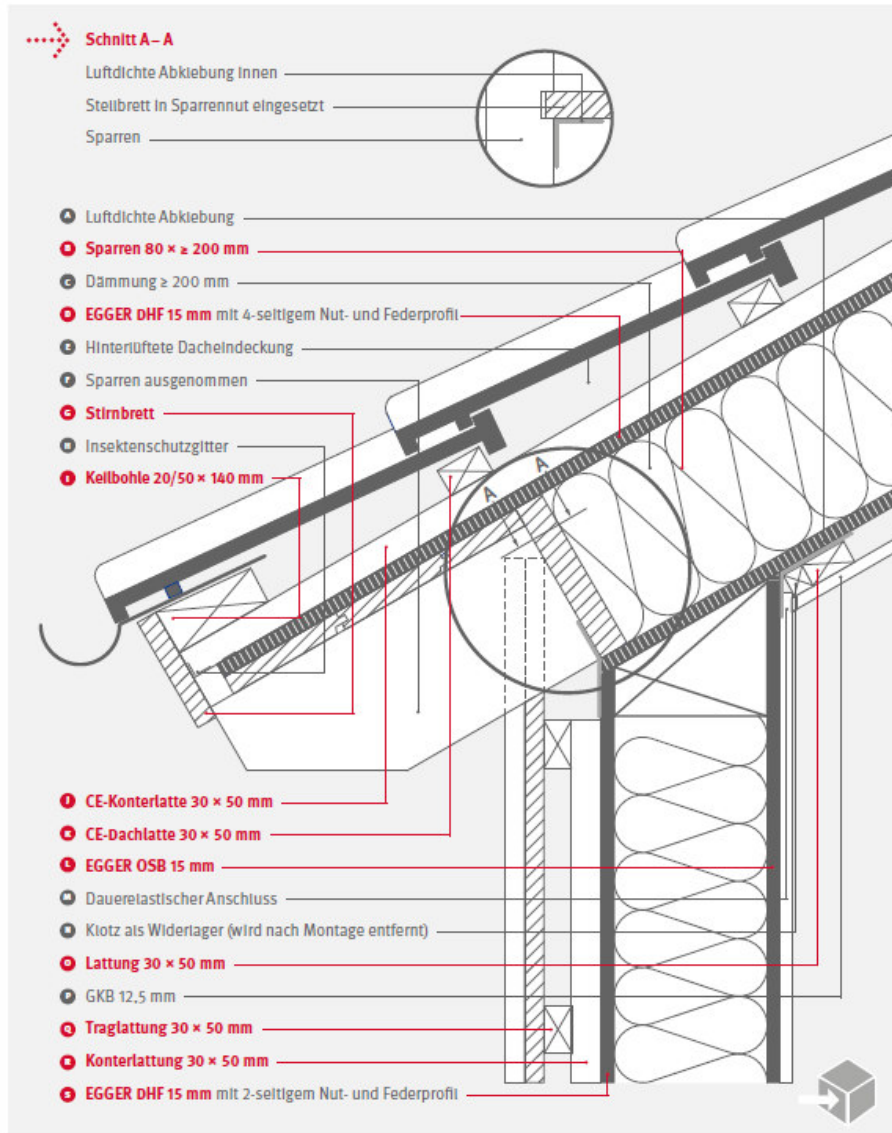


Traubereich muss unbedingt
mit gedämmt werden,
lückenloser Anschluss auch ans
Mauerwerk

➤ **Wärmebrücke**

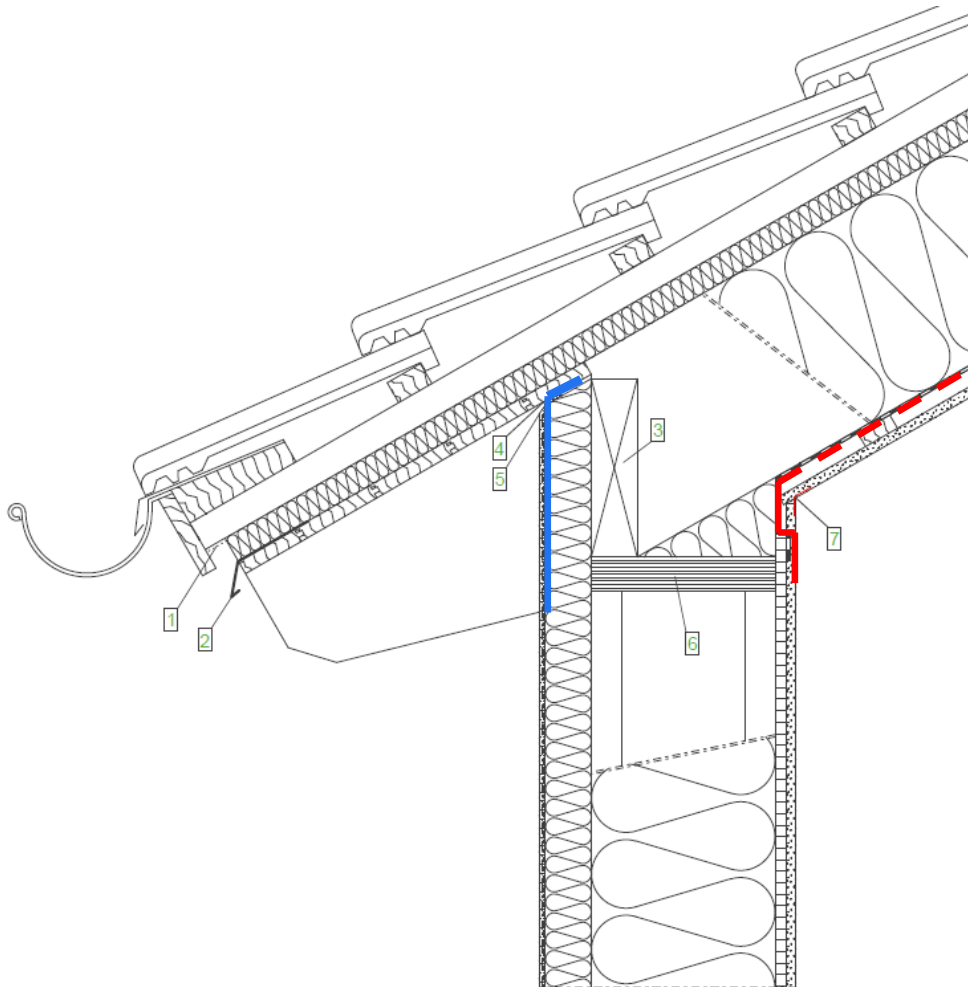
Schnittstelle AW – Dach (Traufe)

4.2.2 Anschluss vorgefertigtes Warmdachelement an Traufe



©Egger-Holzbaudetails)

Anschluss Dampfbremse innenseitig Dach an Holzwerkstoffplatte innenseitig Außenwand...



Wandaufbau (AW) (von innen nach außen)

- GKB- Platte
- OSB- Platte, luftdicht verklebt
- STEICoflex/ zell/ floc
- STEICowall
- STEICoprotect/
- STEICoprotect dry
- Zugelassenes Putzsystem

Dachaufbau (von innen nach außen)

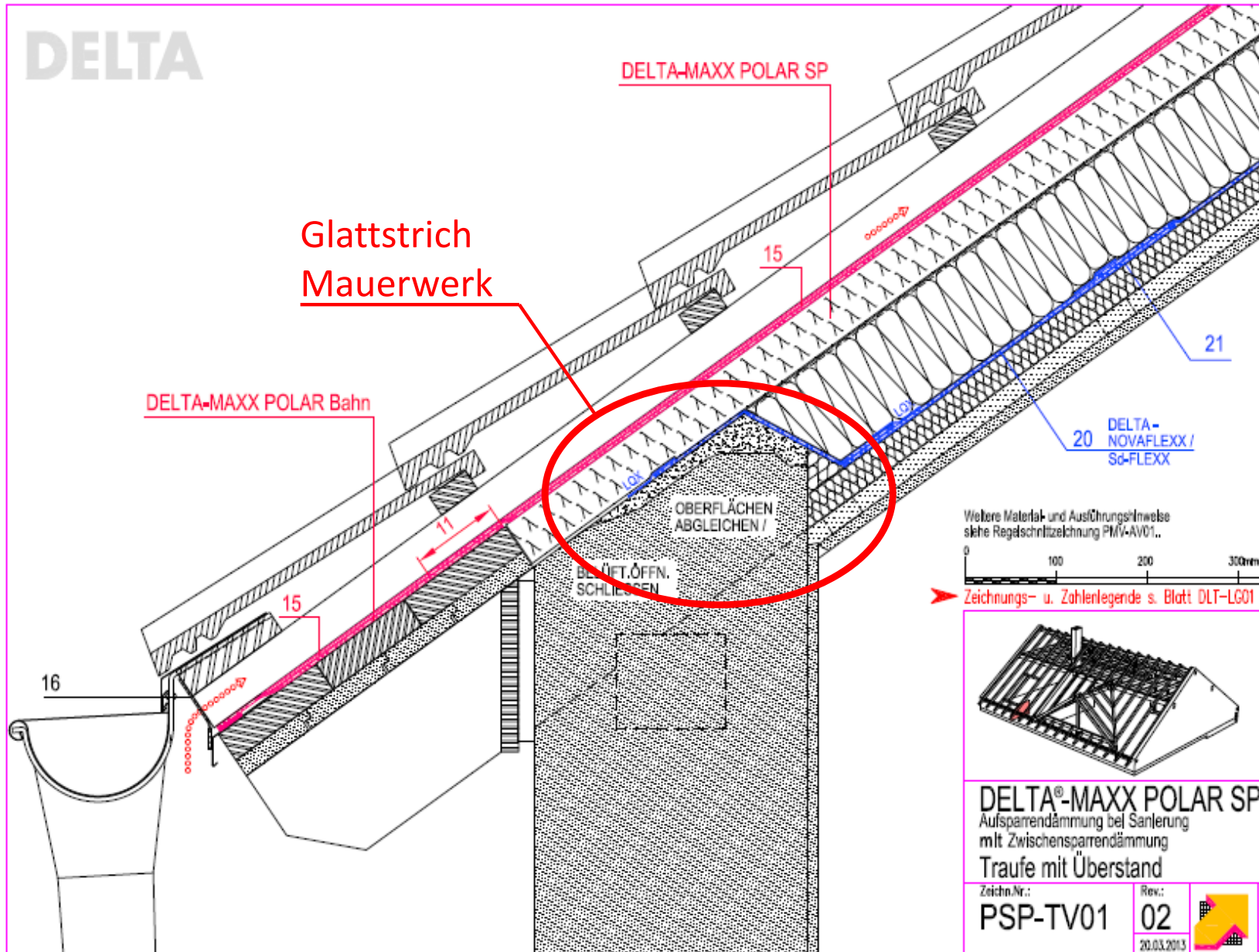
- GKB- Platte
- Lattung
- Dampfbremse
- STEICoflex/ zell/ floc
- Vollholzsparrn (BSH)
- STEICouniversal
- Konterlattung
- Traglattung
- Dacheindeckung

Legende:

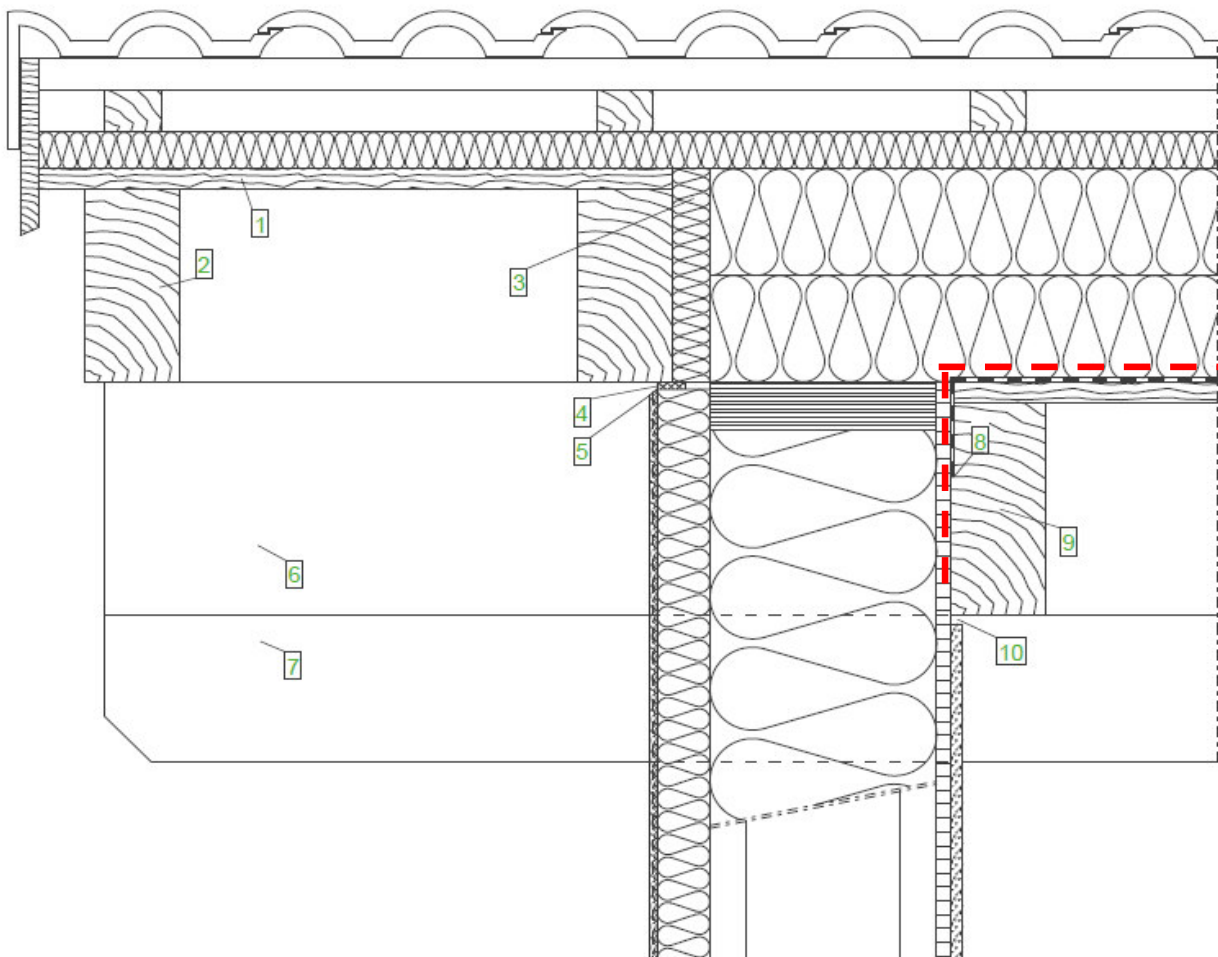
- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | Insektenschutzgitter |
| 2 | Tropfblech |
| 3 | Bohle zwischen den Sparren |
| 4 | Fugendichtband ✓ |
| 5 | Kellenschnitt |
| 6 | STEICO LVL Fumierschichtholz |
| 7 | Papierfugenbewehrungsstreifen |

©: Steico Detailkatalog

Mauerkrone abgleichen



Ortgang



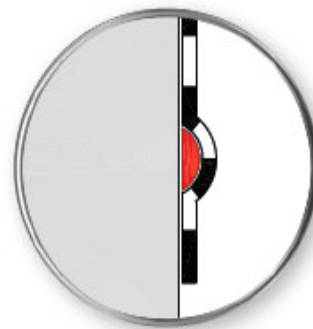
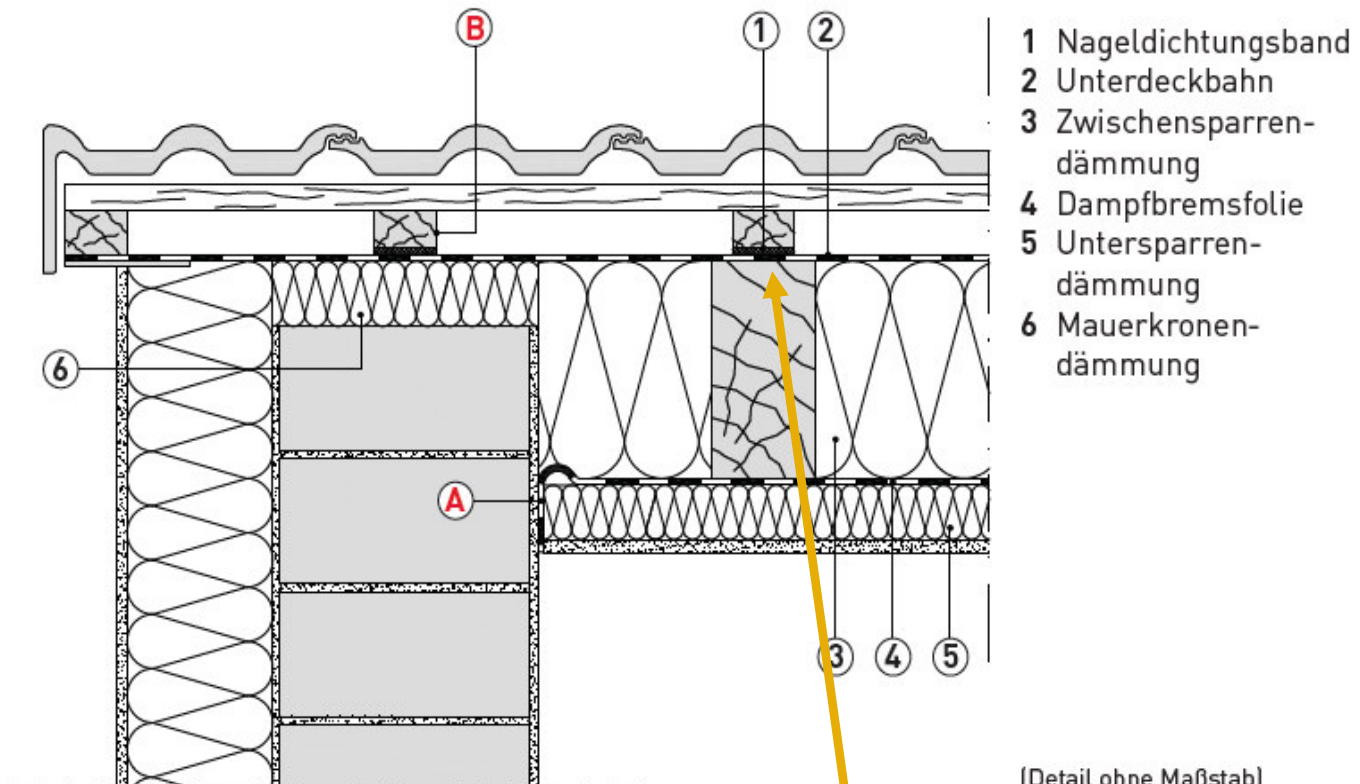
Legende:

1	Sichtbare Ortgangschalung
2	Sichtbarer Vordachsparren
3	Abschluss der Dämmebene, Winddichtigkeit
4	Fugendichtband
5	Kellenschnitt
6	Pfettenaufdopplung
7	Pfette
8	Klebeband STEICOmultipipe
9	Sichtbarer Sparren
10	Schattenfuge

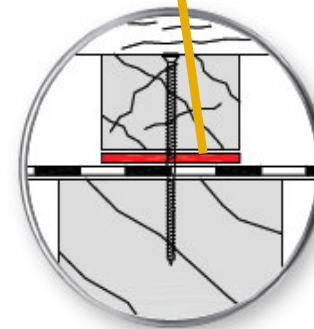
Dachaufbau (von innen nach außen)

- Sichtbarer Sparren
- Sichtschalung
- Unterdeckbahn
- STEICOtherm
- STEICUniversal (Unterdach)
- Konterlattung
- Traglattung
- Dacheindeckung

Nageldichtband



A
Verarbeitung:
Luftdichter
Anschluss der
Dampfbremsfolie
mit dauerelasti-
schem Dichtkleber



B
Verarbeitung:
Konterlattung mit
Nageldichtungsband

So nicht...

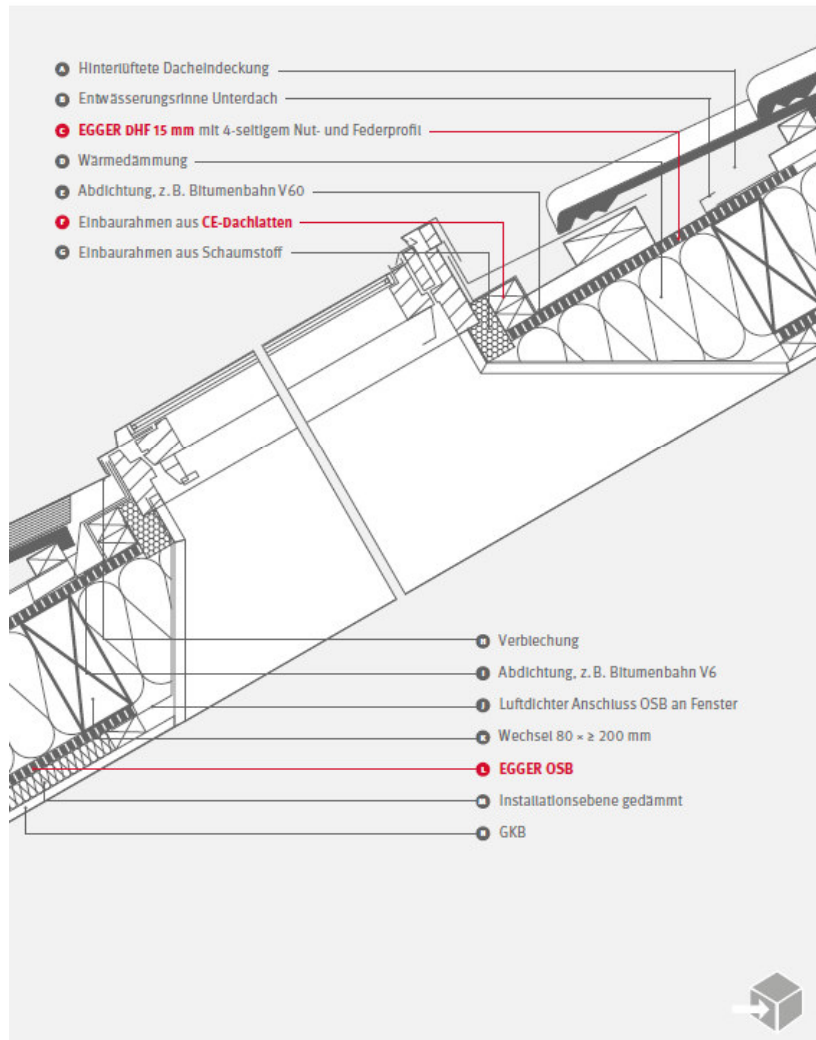
Detail 004	OBJEKTBEZEICHNUNG	FIRMA	ADRESSE	TELEKOM	BEARBEITER	Datum
	Details für dnq 6/2000	Büro für Bauphysik	Drei-Rosenstr. 32, 52066 Aachen	Fon 0241 / 59485. Fax 0241 / 57712 Email RBL-AC@gmx.de	Robert Borsch-Laaks	1.12.2000
SCHNITT vertikal						
NEBENBEZEICHNUNG Fertigbauwand						
DETAILBEZEICHNUNG Ortganganschluss						

**SO NICHT!
Dachelement**

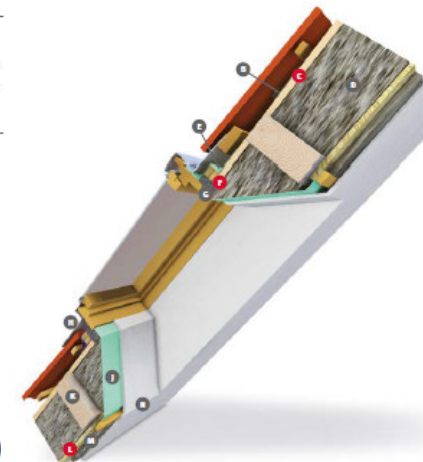
condetti PC pub 8-Vers.

Schnittstelle Dachflächenfenster

4.2.6 Anschluss Dachfenster an Dachfläche

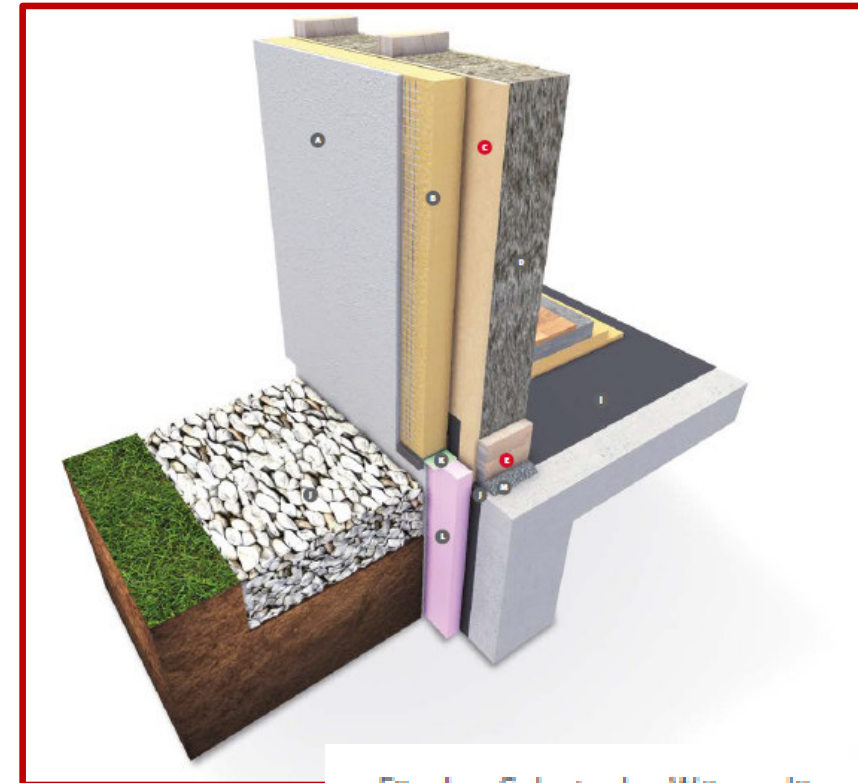
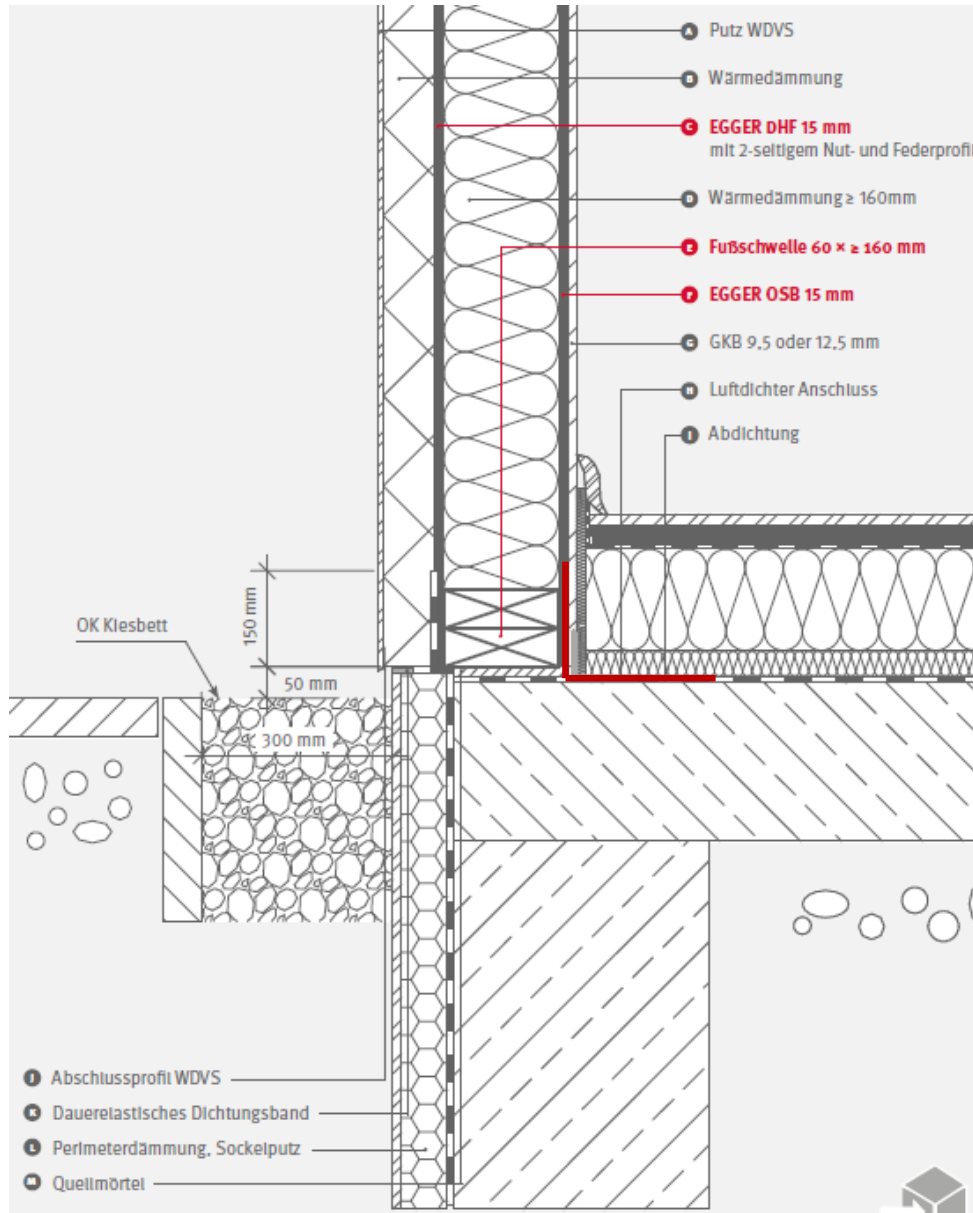


→ Bei großflächigen Dachfenstern muss darauf geachtet werden, dass die **Hinterlüftung der Dachelndeckung** durch z. B. Lüfterziegel sichergestellt wird.



(Quelle: Egger-Holzbaudetails)

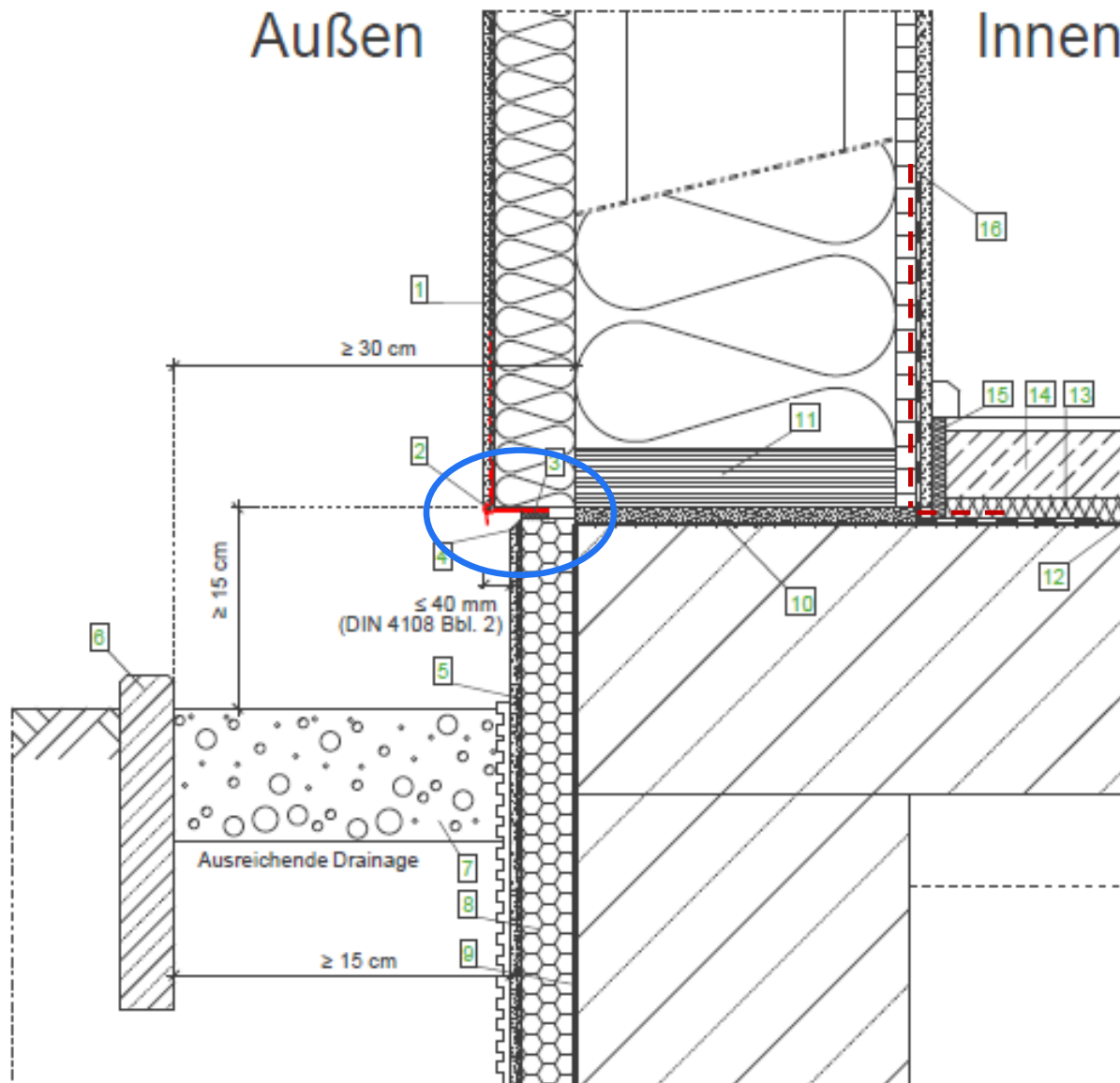
Schnittstelle Sockel Außenwand mit WDVS



Für den Schutz des Wärmedämmverbundsystems (WDVS) sind zusätzlich zu den Angaben der DIN 68800-2, 5.2.1.3 auch die Ausführungshinweise des WDVS-Anbieters für die **korrekte Ausbildung des Sockelbereiches** zu beachten.

(Quelle: Egger-Holzbaudetails)

Sockel UK Schwelle mind. 15cm über GOK (Quelle: Steico)



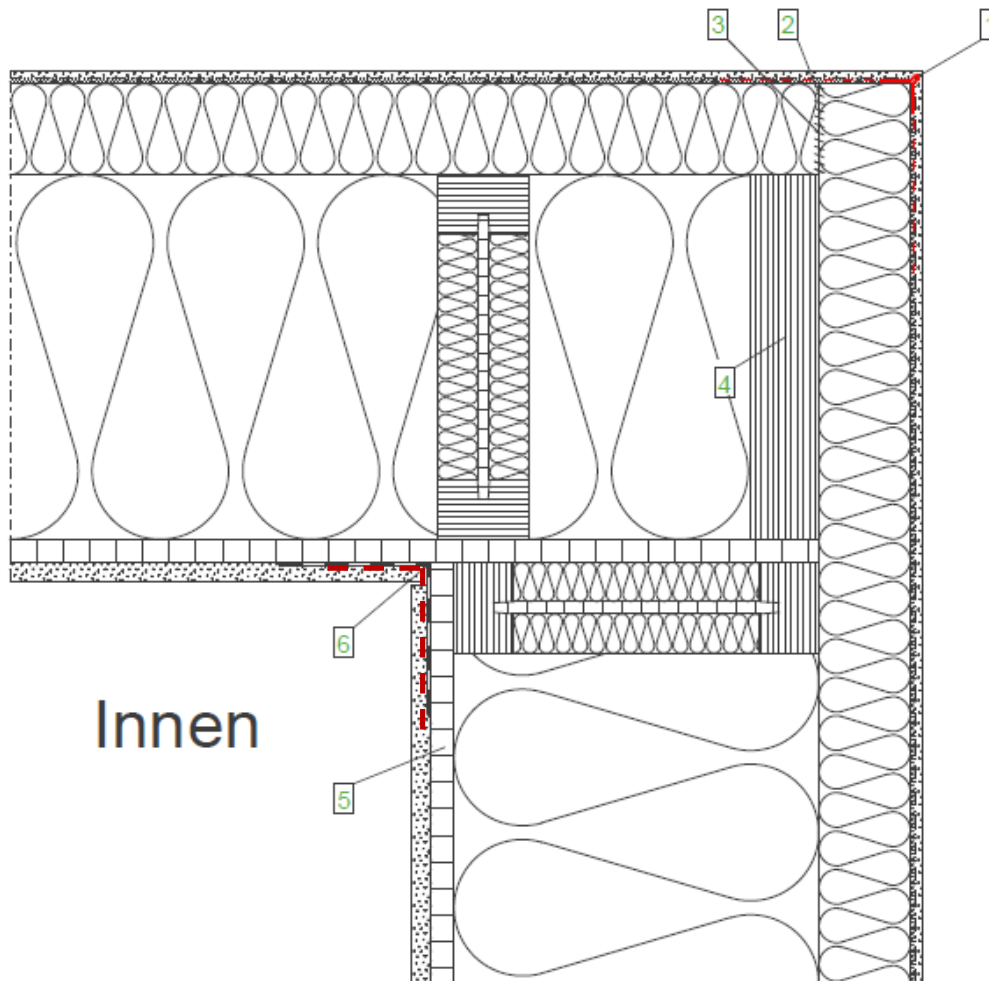
- 1 Im Spritzwasserbereich (bis mind. 30 cm über Gelände) zementöse Flexschlämme als Feuchteschutzbeschichtung zwischen Unter- und Oberputz aufbringen
- 2 Sockelkantenprofil
- 3 Fugendichtband
- 4 Kellenschnitt
- 5 Sockelputz gemäß Putzempfehlung, im Erdbereich mit flexibler, mineralischer Putzabdichtung
- 6 Rasenkantenstein
- 7 Kiesstreifen, Korngröße mind. 16/32
- 8 Perimeterdämmung
- 9 Bauwerksabdichtung, mind. 15 cm über Gelände
- 10 Quellmörtel
- 11 STEICO LVL Fumierschichtholz
- 12 Bitumenbahn
- 13 STEICOtherm/ STEICObase
- 14 Nassestrich
- 15 STEICOsoundstrip
- 16 Luftdichter Anschluss

Wandaufbau (von innen nach außen)

- GKB- Platte
- OSB- Platte, luftdicht verklebt
- STEICOflex/ zell/ floc
- STEICOWall
- STEICOprotect/ STEICOprotect dry
- Zugelassenes Putzsystem

Aussenwand-Ecke (Quelle: Steico)

Außen



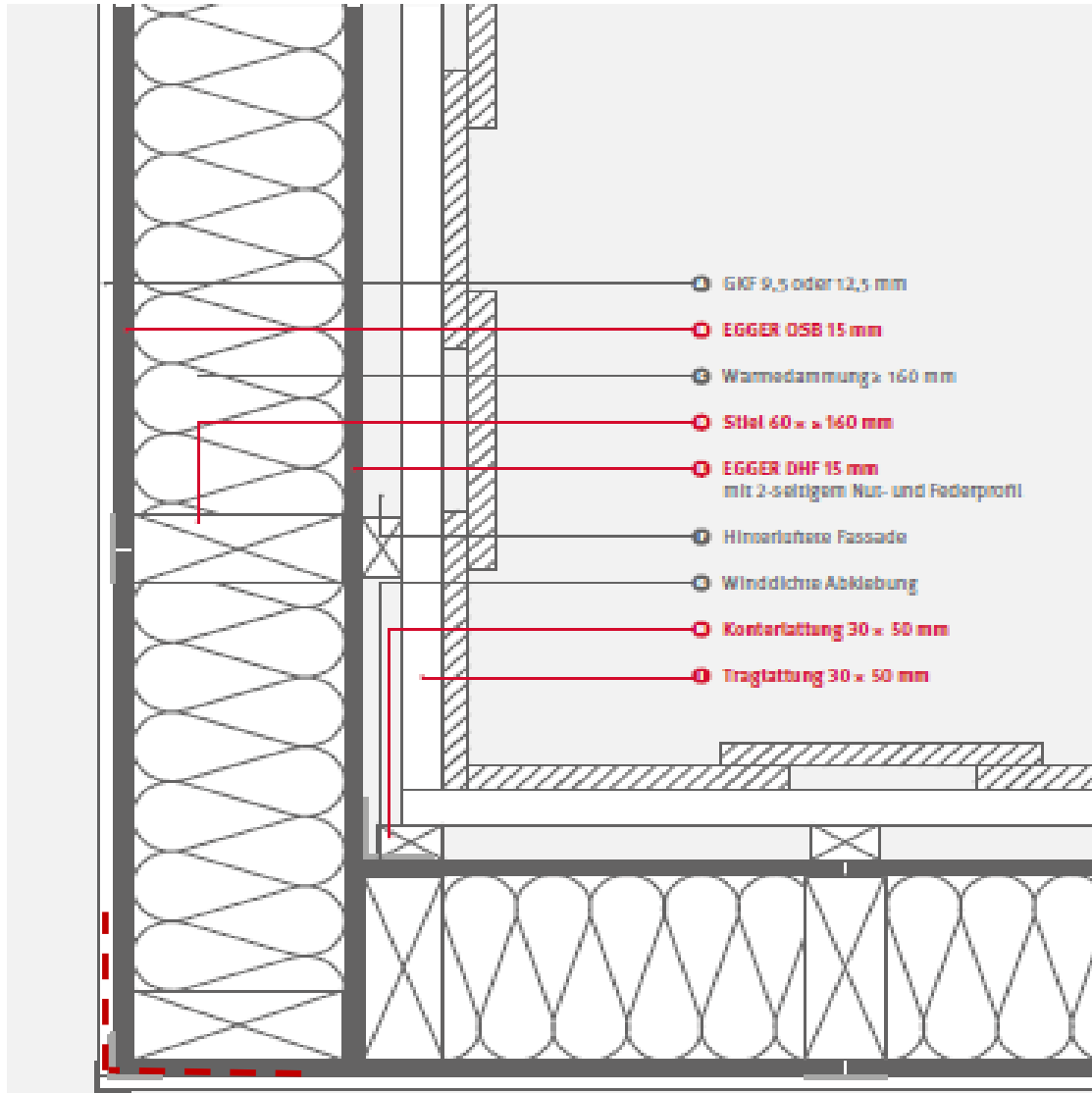
Legende:

1	Gewebeeckwinkel
2	Optional STEICOMulti fill zum Ausgleich von Verarbeitungstoleranzen zwischen 2mm und 5mm
3	Stumpfer Plattenstoß
4	STEICO LVL R Furnierschichtholz
5	Montageöffnung vorsehen Örtlich mit STEICOflex nachdämmen, Öffnung nach Montage mittels Dampfbremse luftdicht verschließen
6	STEICOMulti tape

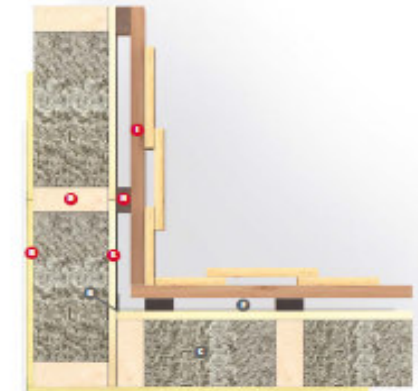
Legende:

1	Gewebeeckwinkel
2	Optional STEICOMulti fill zum Ausgleich von Verarbeitungstoleranzen zwischen 2mm und 5mm
3	Stumpfer Plattenstoß
4	STEICO LVL R Furnierschichtholz
5	Montageöffnung vorsehen Örtlich mit STEICOflex nachdämmen, Öffnung nach Montage mittels Dampfbremse luftdicht verschließen
6	STEICOMulti tape

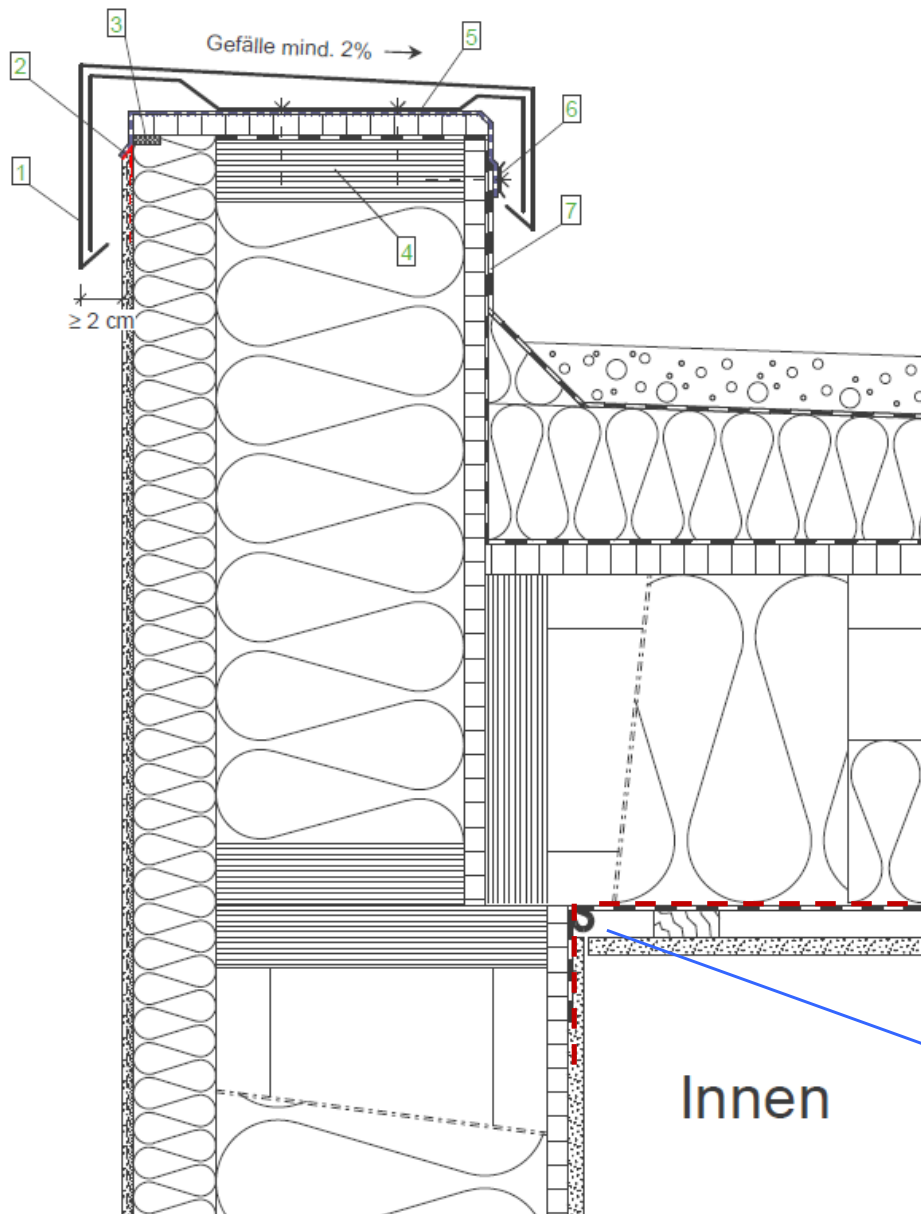
Inneneckecke Außenwand (Quelle: Steico)



→ Bauteil- und Elementstöße müssen außen und raumseitig abgeklebt werden, um einen **wind- und luftdichten Anschluss** herzustellen. Eine funktionierende Hinterlüftung der Fassade und Insektenchutz sind ebenfalls notwendig. Innenecken sind hinsichtlich **Wärmedicke** zu überprüfen.



Schnittstelle AW – Attika Flachdach



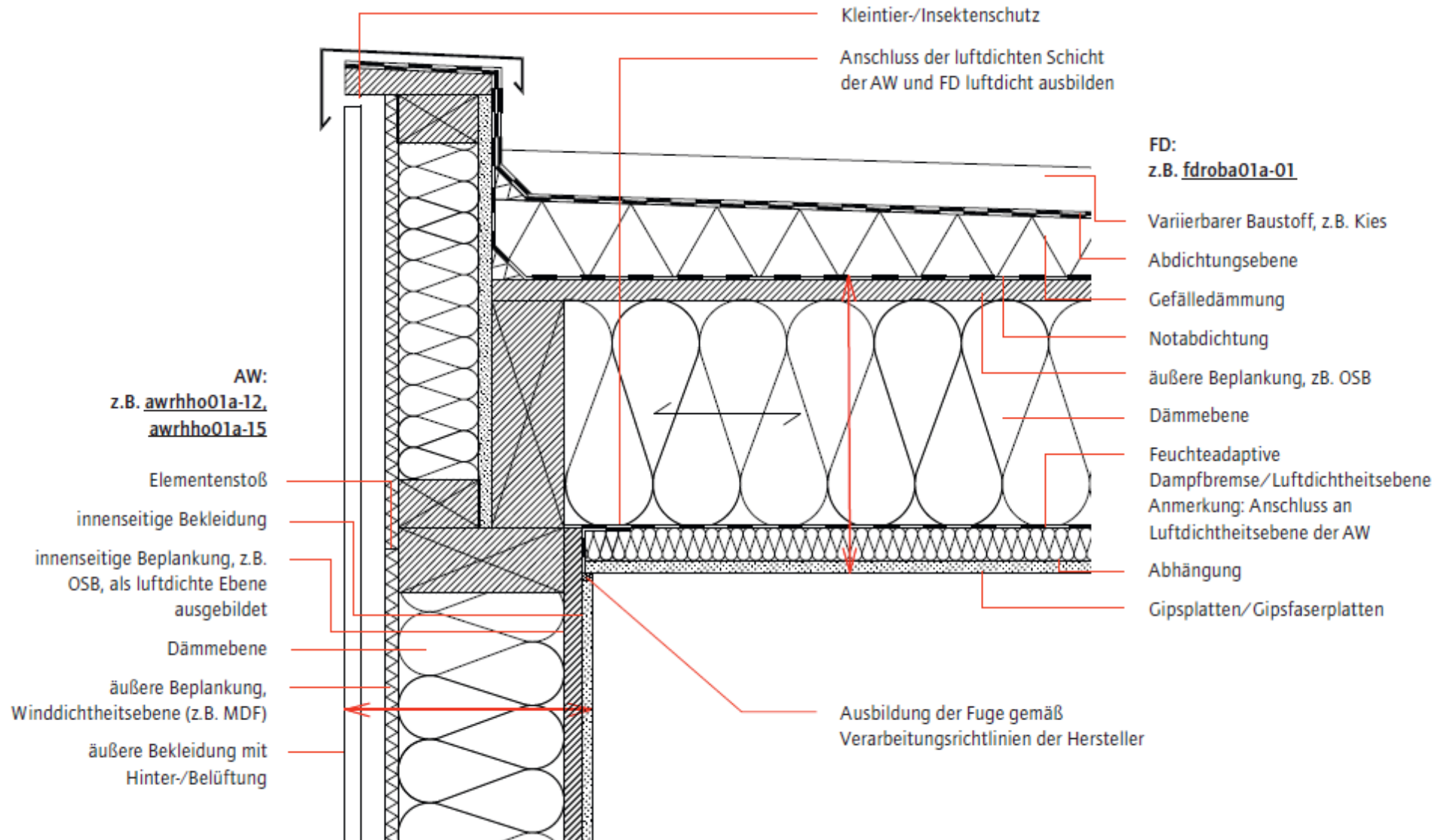
Legende:

1	Verwahrung
2	Attikapprofil
3	Fugendichtband
4	STEICO LVL Furnierschichtholz
5	STEICOMulti UDB
6	Pressleiste
7	Dachabdichtung

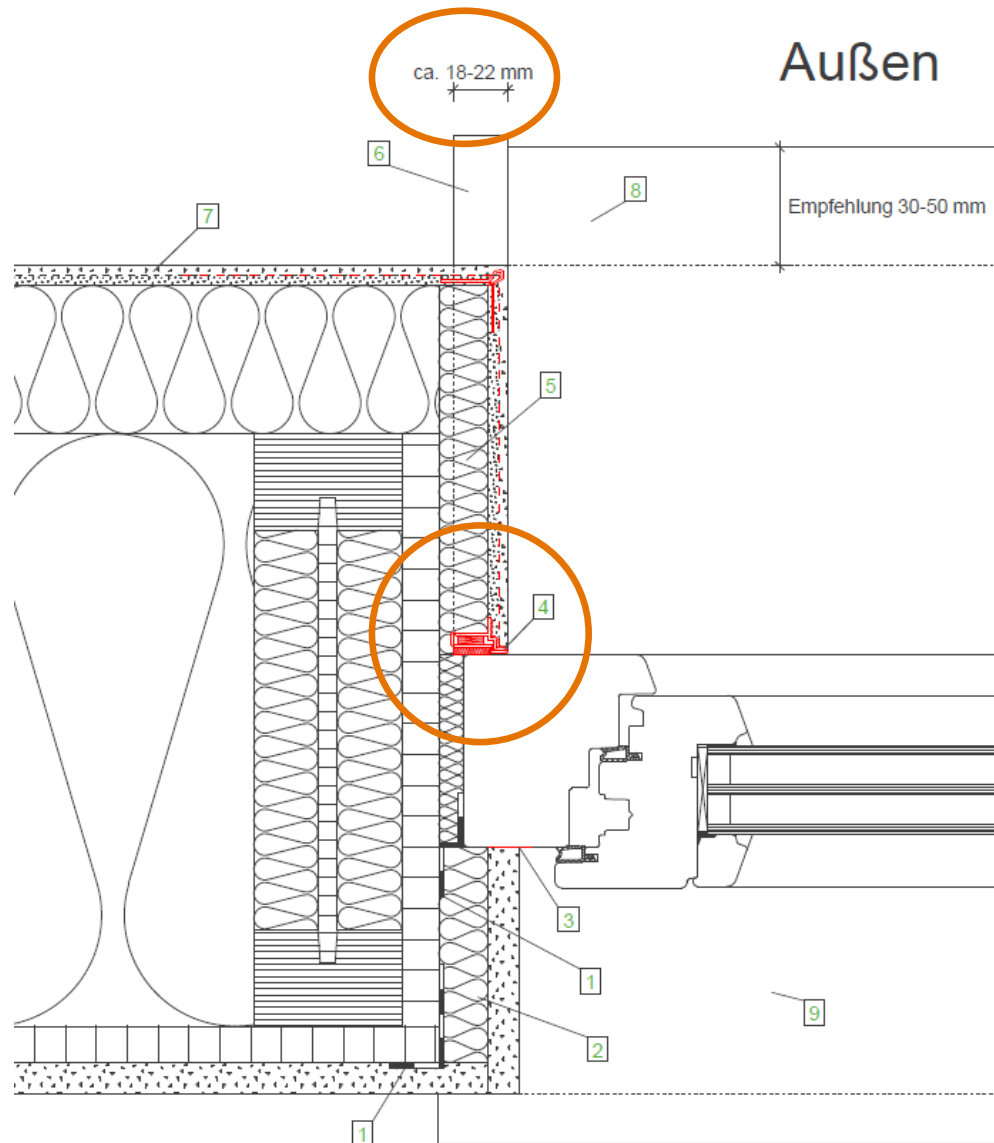
Dampfbremse

Luftdichter Anschluss: Fugendichtband
auf OSB Platte (vertikal) geklebt

Flachdach



Schnittstelle FE – Anschluss – AW mit Laibungsplatte (Quelle: Steico)



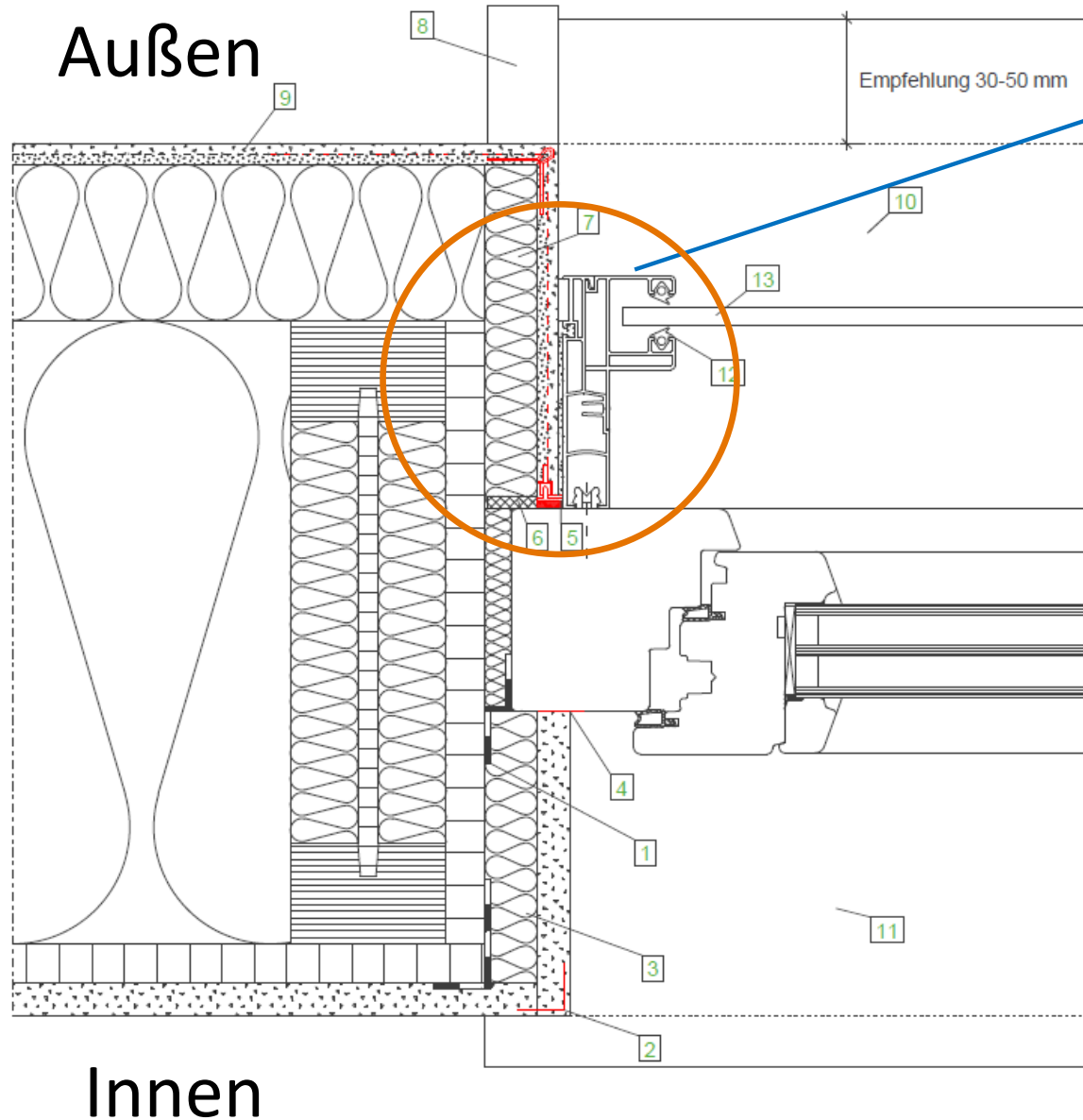
Legende:

1	STEICOmultip tape
2	STEICObase
3	Trennstreifen
4	STEICOsecure AN100 Anputzleiste
5	STEICOprotect H Laibungsplatte 20 mm
6	Endprofil für WDVS geeignet
7	Flächengewebe
8	Alu-Fensterbank
9	Fensterbank innen

Wandaufbau (von innen nach außen)

- GKB- Platte
- OSB- Platte, luftdicht verklebt
- STEICOflex/ zell/ floc
- STEICOWall
- STEICOprotect/ STEICOprotect dry
- Zugelassenes Putzsystem

Schnittstelle AW – Fenster mit Rolladenführungsschiene (Quelle: Steico)



Rolladenführungsschiene
auf der Laibungsdämmung

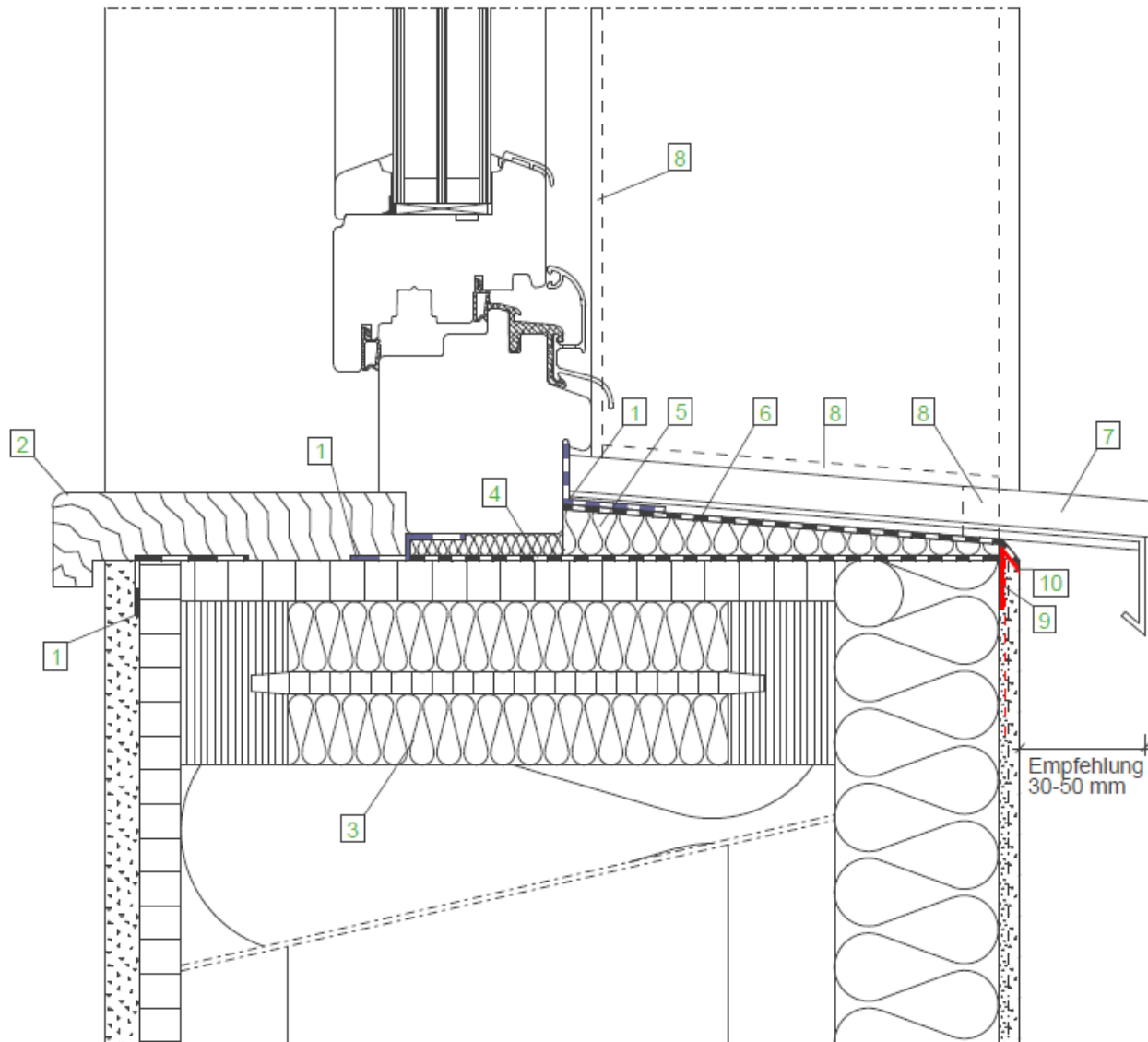
Wandaufbau
(von innen nach außen)

- GKB- Platte
- OSB- Platte, luftdicht verklebt
- STEICOflex/ zell/ floc
- STEICOWall
- STEICOPROTECT/ STEICOPROTECT DRY
- Zugelassenes Putzsystem

Legende:

1	Luftdichter Fenstereinbau (DIN 4108-7)
2	Eckwinkel
3	STEICObase
4	Trennstreifen
5	Anputzleiste
6	Fugendichtband
7	STEICOPROTECT Laibungsplatte 20 mm
8	Endprofil für WDVS geeignet
9	Flächengewebe
10	Alu-Fensterbank
11	Fensterbank innen
12	Rolladenführungsschiene
13	Rolladenpanzer

Unterer Anschluss mit Laibungsplatte, vertikal (Quelle: Steico)



Gefälle Fensterbank

Wandaufbau
(von innen nach außen)

- GKB- Platte
- OSB- Platte, luftdicht verklebt
- STEICOflex/ zell/ flocc
- STEICOWall
- STEICoprotect/ STEICoprotect dry
- Zugelassenes Putzsystem

Legende:

1	STEICOMulti tape
2	Fensterbank innen
3	Stegdämmung
4	STEICOMulti UDB
5	STEICOfix Holzfaser-Dämmkeil
6	Aufkaschierte Funktionsbahn auf Dämmkeil
7	Alu-Fensterbank
8	Fugendichtband
9	Attikaprofil
10	STEICOMulti fill Verklebung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Das Projekt „Smart Builder“, wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung“ befördert. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf, durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz und dem Europäischen Sozialfonds gefördert.



Handwerkskammer Frankfurt-Rhein-Main
Bockenheimer Landstraße 21
60325 Frankfurt am Main
T 069 97172 -818 • F 069 97172 -5818 • service@hwk-rhein-main.de

www.hwk-rhein-main.de • www.rhein-main-campus.de