Grundlagen **Bauphysik**

Für die sichere Dichtung der Gebäudehülle

Bauphysik im Überblick

pro clima®

Lieber Leserin, lieber Leser,

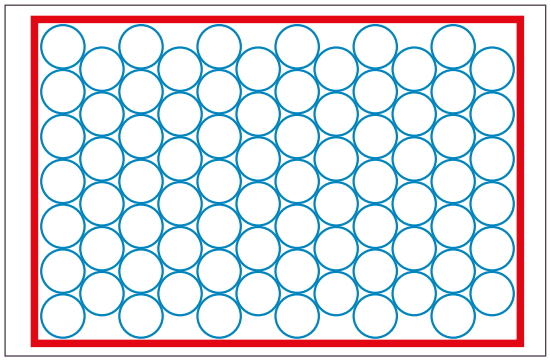
wer Wärmedämmkonstruktionen sicher planen und ausführen will, benötigt bauphysikalisches Hintergrundwissen. Manchmal wirken bauphysikalische Zusammenhänge jedoch kompliziert und schwer verständlich. Darum haben wir das Kapitel Bauphysik und die beiden darin enthaltenen Studien mit einfachen Erklärungen und Illustrationen aufgebaut.
Die Studie zur Berechnung des Bauschadensfreiheitspotenzials untersucht und bewertet auf Basis der aktuellen Empfehlungen des Fraunhofer-Institutes für Bauphysik verschiedene Konstruktionsvarianten und zeigt den Weg zur robusten, praxisgerechten, nachhaltig sicheren Planung und Ausführung mit möglichst großen Sicherheitsreserven. Dabei haben wir explizit Bauteile mit großen Dämmdicken berücksichtigt.
In der Sanierungsstudie untersuchen wir die Sicherheit unterschiedlicher Sanierungslösungen und geben Ihnen in einer 10-Punkte-Liste klare Empfehlungen zur Realisierung dauerhaft sicherer Konstruktionen. Das pro clima Know-how geht weit über das Kapitel Bauphysik oder dieses Planungshandbuch hinaus. Unser Ingenieurteam aus Holzbau und Bauwesen steht in permanentem Austausch mit Partnern aus Verbänden und Forschung & Lehre. Gemeinsam mit Praktikern aus Planung und Verarbeitung entstehen dann innovative Systemlösungen für langlebige, bauschadensfreie und wohngesunde Gebäude. Wissen ist der Schlüssel zum Erfolg. Wir möchten unser Wissen mit Ihnen teilen.

Viel Spaß beim Entdecken neuer Erkenntnisse wünschen

Lothar Moll
Dipl.-Ing. Holztechnik, Geschäftsführung Forschung und Entwicklung, Produktion, Qualitätssicherung Export

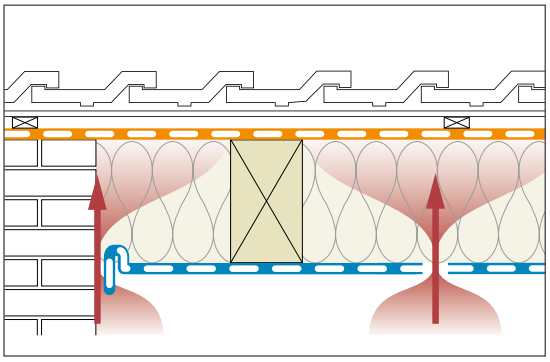
Michael Förster
Dipl.-Ing. Bauwesen, Betriebswirt (IWW), Leiter Anwendungstechnik, Forschung und Entwicklung, Qualitätssicherung, Seminare

Bauphysik im Überblick



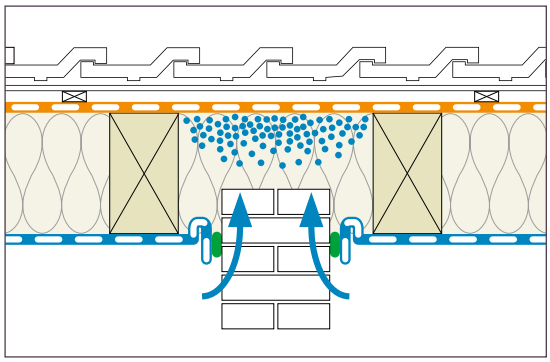
Der ideale Aufbau

Luftdichtung innen und Winddichtung außen sind die Grundlage für eine effiziente Wärmedämmung.
Seite 4



Mangelnde Luftdichtung und ihre Folgen

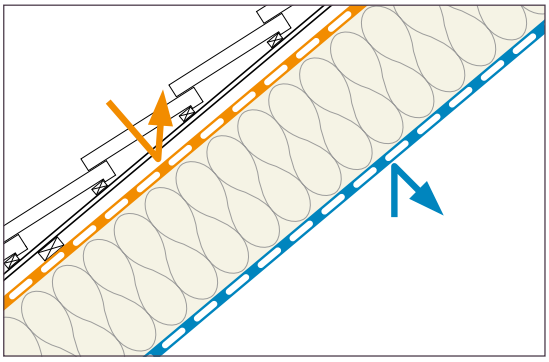
Bereits kleinste Leckagen können Bauschäden und Schimmel verursachen.
Seite 5



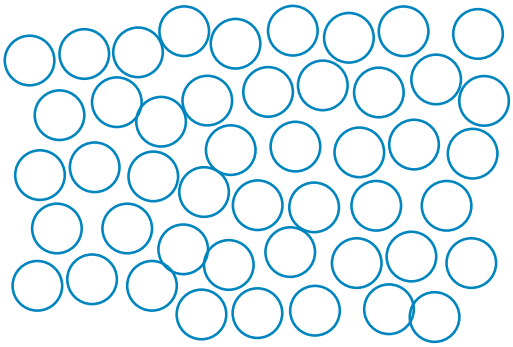
Die Wege der Feuchte

Intelligente Dampfbremsen schützen die Konstruktion sicher - auch vor unvorhergesehenem Feuchteeintrag.
Seite 8

Der ideale Aufbau

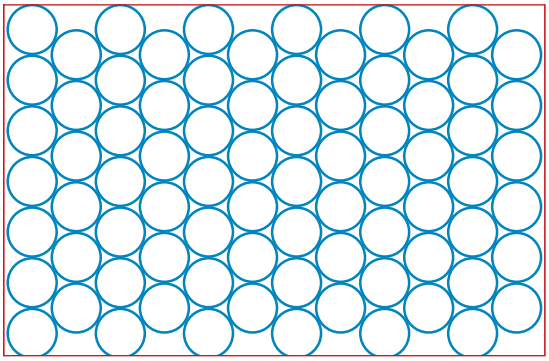


Die Wirkung aller Wärmedämmungen beruht auf den Lufteinschlüssen im Dämmmaterial (Zelluloseflocken, Kork, Woll-, Mineralfasern oder andere Materialien). Voraussetzung für die dämmende Wirkung dieser Lufteinschlüsse ist deren Schutz vor Luftbewegung. Deshalb ist bei der idealen Dämmkonstruktion der Dämmstoff allseitig abgeschlossen: Innen luftdicht - außen winddicht.



Dämmung durch unbewegte Luft

Ungeschützter Dämmstoff: Luftbewegung in der Porenstruktur reduziert die Dämmwirkung.

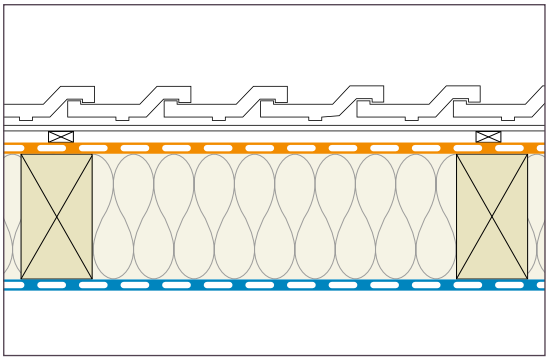


Geschützte Wärmedämmung

Geschützter Dämmstoff: Keine Luftbewegung in der Porenstruktur möglich, volle Dämmwirkung.
Ein Beispiel: Auch die wärmedämmende Wirkung eines Wollpullovers beruht auf unbewegten Lufteinschlüssen in den Fasern: Sobald ein kalter Wind weht, lässt die Dämmwirkung nach. Zieht man eine dünne Windjacke darüber, die selbst keine nennenswerte wärmende Funktion hat, ist die Wirkung wiederhergestellt.

Hinweis

Wichtig beim Einbau der Luftdichtung ist die perfekte Ausführung, denn Undichtheiten in der Fläche und an Anschlüssen haben Folgen.



Innen luftdicht, außen winddicht

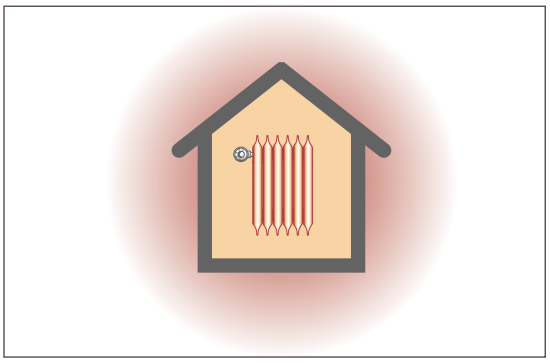
Deshalb ist bei der idealen Dämmkonstruktion der Dämmstoff allseitig abgeschlossen: Außen mit der Winddichtung, z. B. einer diffusionsoffenen Unterdeck- oder Fassadenbahn, innen mit einer Luftdichtungs- und Dampfbremsebene.
Die Winddichtung verhindert, dass die Dämmung von kalter Außenluft durchströmt wird. Die Luftdichtung schützt gegen das Eindringen von feuchter Raumluft und damit vor Tauwasser und Schimmel.

Mangelhafte Luftdichtung und ihre Folgen

Ökonomie + Ökologie / Wärmeverluste / Klimaerwärmung

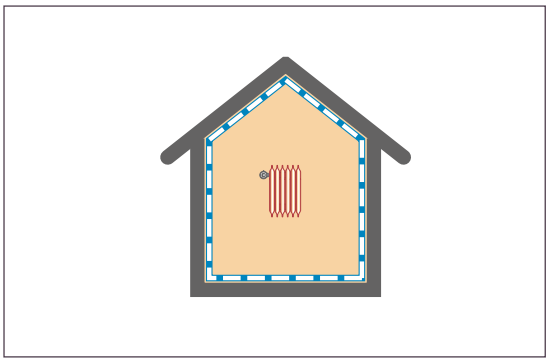
Undichte Gebäudehülle: Hohe Heizkosten und CO_2-Emissionen

Bereits kleinste Leckagen in der Dampfbremsebene, wie sie z. B. durch mangelnde Verklebung der Bahnenüberlappungen oder -anschlüsse entstehen, haben weitreichende Folgen. Eine derartige Fehlstelle hat die gleichen Auswirkungen wie eine durchgehende Fuge zwischen Fensterrahmen und Mauerwerk. Niemand würde in diesem Bereich eine Fuge tolerieren. Entsprechend sollten Fugen in der Dampfbremse die gleiche Aufmerksamkeit bekommen.



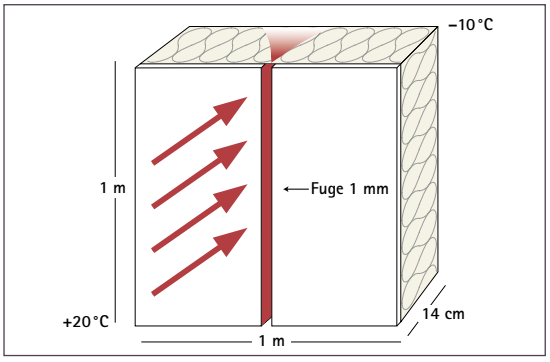
Dichte Gebäudehülle: Geringe Kosten und Klimaschutz

Die durch Undichtheiten entstehenden höheren Heizkosten führen zu einer geringeren Rentabilität der Wärmedämmung für den Bauherrn. Darüber hinaus entsteht eine höhere Emission von CO_2, als es bei der Beheizung von luftdichten Gebäuden notwendig wäre. Entsprechend einer Untersuchung des Instituts für Bauphysik in Stuttgart verschlechtert sich der U-Wert einer Wärmedämmkonstruktion um den Faktor 4,8. Übertragen auf die Realität bedeutet das, dass für ein Haus mit einer Wohnfläche von 80 m², bei dem Leckagen in der Luftdichtung vorhanden sind, eine ebenso große Energiemenge zum Beheizen benötigt wird wie für ein luftdichtes Haus mit ca. 400 m² Wohnfläche. Unkontrollierte CO_2-Emissionen fördern das Treibhausklima – die menschliche Zivilisation spürt die Auswirkungen z. B. durch eine steigende Anzahl von Unwetterkatastrophen. Deshalb ist die Reduzierung der CO_2-Emissionen anzustreben. Nicht nur durch Verzicht, sondern v. a. durch den Einsatz von intelligenten Lösungen helfen wir der Umwelt.



Nur eine fugenfreie Wärmedämmkonstruktion hat den vollen Dämmwert

Häuser in Mitteleuropa benötigen nach einer Erhebung aus dem Jahr 2000 im Durchschnitt 22 l Öl/m² (220 kWh/m²) Wohnfläche für die Raumheizung, ein Passivhaus braucht nur 1 l, ein 3 l-Haus, wie der Name schon sagt, 3 l Öl/m² – vorausgesetzt die Luftdichtung ist perfekt. Fugen in der Luftdichtungsebene von Gebäuden führen zu einer Vervielfachung des Energiebedarfs je Quadratmeter Wohnfläche.

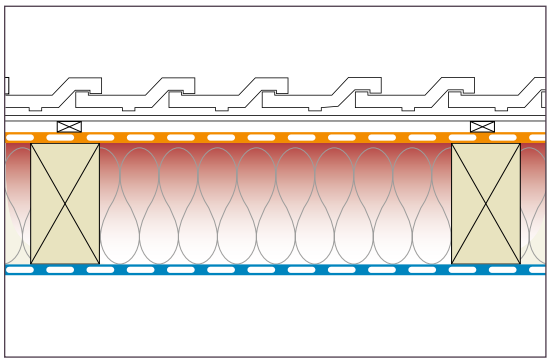


Unangenehmes Raumklima im Sommer

Der sommerliche Hitzeschutz wird charakterisiert durch die Zeitdauer in Stunden, in der die unter der Dacheindeckung herrschende Wärme bis an die Innenseite der Konstruktion gelangt (Phasenverschiebung), und durch die damit verbundene Steigerung der Innenraumtemperatur in Grad Celsius (°C) im Vergleich zur Außentemperatur (Amplitudendämpfung).

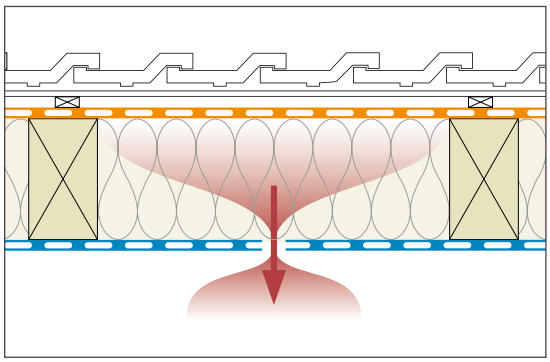
Kühle Räume bei sommerlicher Hitze

Für den sommerlichen Hitzeschutz wird die Phasenverschiebung und die Amplitudendämpfung berechnet. Dabei wird eine luftdichte Wärmedämmkonstruktion vorausgesetzt. Die Wärme wird relativ träge (je nach Art und Beschaffenheit des Dämmmaterials) nach innen geleitet.



Schnelle Aufheizung durch Luftströmung

Fugen in der Luftdichtungsebene führen dazu, dass aufgrund der hohen Temperatur- und damit Druckdifferenz eine Luftströmung von außen nach innen und damit ein hoher Luftaustausch stattfindet. Die Wärmedämmung kann nicht mehr zum sommerlichen Wärmeschutz beitragen und es entsteht ein unangenehmes, zu warmes Raumklima.

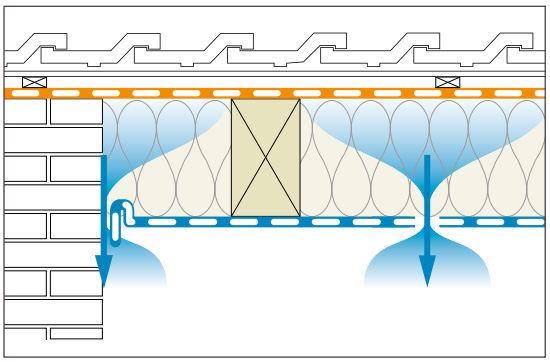


Ungesundes Raumklima im Winter

In der Heizperiode sollte die relative Luftfeuchtigkeit in bewohnten Räumen bei behaglichen 40 – 60 % liegen. Ein zu trockenes Raumklima ist gesundheitsschädlich.

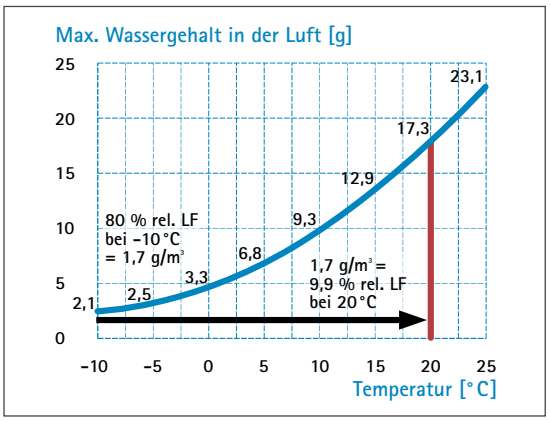
Trockene Kaltluft dringt durch Fugen ein

Das häufig zu beobachtende Phänomen der trockenen Raumluft im Winter beruht darauf, dass kalte Außenluft durch Fugen ins Haus eindringt. Wird die kalte Luft durch Beheizen erwärmt, reduziert sich ihr relativer Feuchtegehalt.
Häuser mit einer schlechten Luftdichtung neigen daher im Winter zu einer zu trockenen Raumluft, die sich auch mit Befeuchtungsgeräten kaum erhöhen lässt. Die Konsequenz ist ein unbehagliches Raumklima.



Zu geringe relative Luftfeuchtigkeit ist nachteilig für die Gesundheit und die Behaglichkeit

Beispiel: -10 °C kalte Luft kann bei 80 % rel. Luftfeuchtigkeit (LF) maximal 1,7 g/m³ Feuchtigkeit (Winter-Außenklima) aufnehmen. Wird diese Luft auf 20 °C (Winter-Innenklima) erwärmt, sinkt die rel. Luftfeuchtigkeit auf 9,9 %.

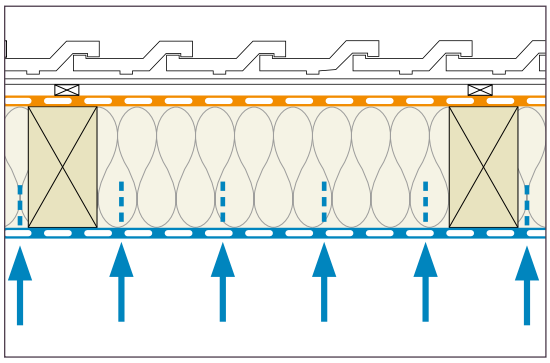


Die Wege der Feuchte

Wärmedämmkonstruktionen müssen vor Feuchtigkeitsbelastung durch die warme Innenraumluft geschützt werden. Diese Aufgabe erfüllen Dampfbrems- und Luftdichtungsbahnen.

Diffusion erfolgt planmäßig

Diffusion: Die Diffusion findet aufgrund der Wasserdampfdruckdifferenz zwischen innen und außen statt. Dabei erfolgt der Austausch nicht über Fugen, sondern durch Feuchtigkeit durch eine monolithische, luftdichte Materialschicht. Die Diffusion richtet sich in der Regel im Winter von innen nach außen, im Sommer von außen nach innen. Der Feuchteeintrag in die Konstruktion hängt vom Diffusionswiderstand (s_d-Wert) des Materials ab. Der Zeitraum mit warmen Außentemperaturen in Mitteleuropa ist länger als der mit winterlichen Temperaturen, so dass mehr Feuchtigkeit aus der Konstruktion heraus trocknen kann.

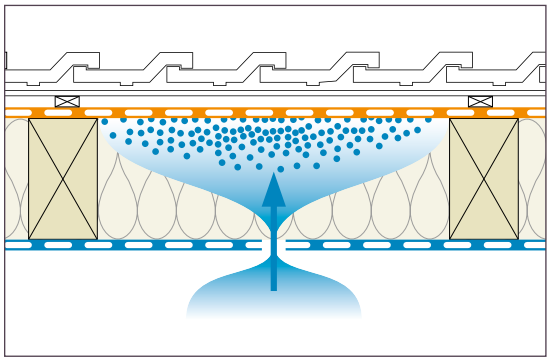


Hinweis

Eine Dampfbremse mit einem s_d-Wert von 2,3 m lässt im Winter nach DIN 4108-3 pro Tag ca. 5 g Feuchtigkeit pro Quadratmeter in die Konstruktion eindringen.

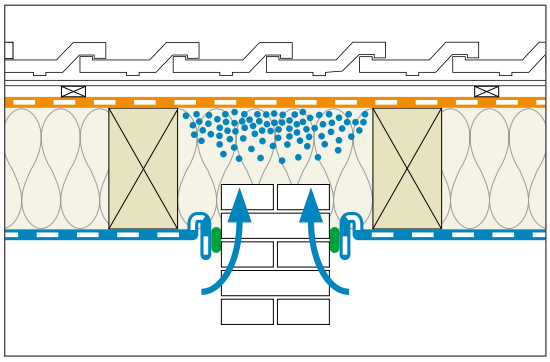
Unvorhergesehen: Luftströmung (Konvektion)

Konvektion: Bewegt sich Luft in Form einer Strömung, spricht man von Konvektion. Dies kann in Wärmedämmkonstruktionen erfolgen, wenn Fugen in der Dampfbremsebene vorhanden sind. Zwischen Innenraum- und Außenklima besteht bedingt durch den Temperaturunterschied ein Luftdruckgefälle, das durch die Luftströmung nach Ausgleich strebt. Durch Konvektion können an einem Tag mehrere 100 g Feuchtigkeit in die Dämmung eingetragen werden und dort als Tauwasser ausfallen.



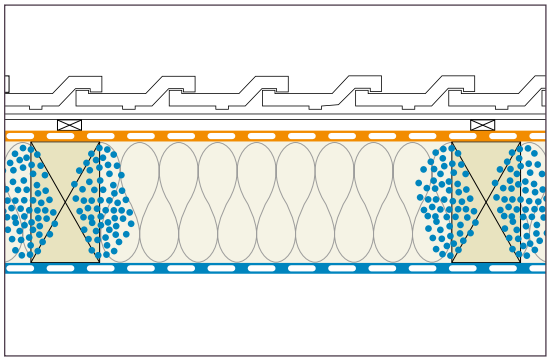
Unvorhergesehen: Feuchteeintrag über Bauteilflanken

Flankendiffusion: Feuchtigkeit wird über eine Bauteilflanke in die Wärmedämmung eingetragen. Das Flankenbauteil ist in der Regel luftdicht, weist aber einen geringeren s_d-Wert als die Dampfbremse auf. Beispiel: Einbindende, luftdicht verputzte Mauerwerkswand. Sind außen diffusionsdichte Konstruktionen auf der Innenseite mit Dampfbremsen versehen, die keine oder nur geringe Rücktrocknung ermöglichen, droht die Auffeuchtung und damit ein Bauschaden auch bei luftdichter Ausführung.



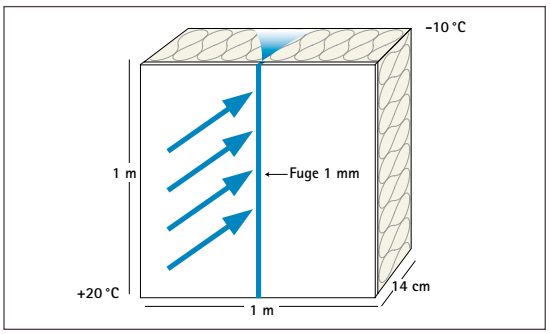
Unvorhergesehen: Feuchtigkeit aus Baustoffen

Feuchte Baustoffe: Zusammen mit den Baustoffen wird oft viel Wasser in die Konstruktion eingebaut. Ein Beispiel zeigt, um welche Mengen es sich dabei handeln kann. Bei einem Dach mit 6/22 Sparren, e=70 cm und einem Holzgewicht von 500 kg pro Kubikmeter entfallen ca. 10 kg Holz auf den lfm Sparren. Bei Trocknung des Holzes um nur 1 % werden demnach 100 g Wasser pro Quadratmeter frei, bei 10 % sind es 1000 g, bei 20 % 2000 g Wasser, die aus den Sparren heraustrocknen und in die anderen Teile der Konstruktion gelangen können.



800 g Tauwasser durch 1 mm Fuge

Ein Beispiel: Durch eine fugenfreie Dämmkonstruktion mit einer Dampfbremse mit einem s_d-Wert von 30 m diffundieren pro Normwintertag 0,5 g Wasser pro Quadratmeter in die Konstruktion ein.
Im gleichen Zeitraum strömt per Konvektion über eine 1 mm breite Fuge in der Dampfbremse 800 g Feuchtigkeit pro Meter Fugenlänge in die Konstruktion ein.
Das entspricht einer Verschlechterung um den Faktor 1600.



Schimmel aufgrund von Tauwasser

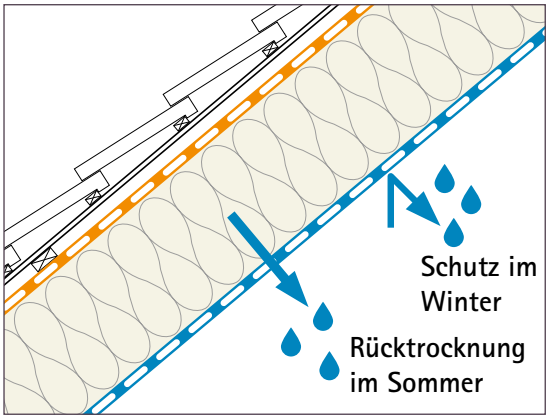
Bauschäden durch Schimmelbildung drohen, wenn feuchtwarme Raumluft im Winter z. B. durch Fugen in der Dampfbrems- und Luftdichtungsebene in die Wärmedämmkonstruktion eindringt und große Mengen Tauwasser entstehen. Viele Schimmelpilze setzen als sekundäre Stoffwechselprodukte Gifte, u. a. MVOC (flüchtige organische Verbindungen), und Sporen frei, die für Menschen gesundheitsgefährdend sind. Sie gelten als Allergieauslöser Nummer Eins. Kontakt mit Schimmelpilzen sollte man dringend vermeiden. Dabei ist es unerheblich, ob die MVOC oder die Sporen über das Essen, also den Magen, oder über die Lunge mit der Luft in den Körper gelangen.

Fazit

- ✔ Feuchte kann auf vielfältige Weise in die Konstruktion eindringen. Feuchtebelastungen können nicht völlig ausgeschlossen werden.
- ✔ Sind die Feuchtebelastungen zu hoch, entstehen Bauschäden.
- ✔ Dampfbremsen sind sicherer als Dampfsperren. Dampfsperren mit hohen Diffusionswiderständen lassen kaum Rücktrocknung aus dem Bauteil nach innen zu und werden so schnell zu Feuchtigkeitsfallen.
- ✔ Entscheidend für die Bauschadensfreiheit einer Konstruktion: hohe Trocknungsreserven.

Bestes Mittel: Intelligente Bahnen

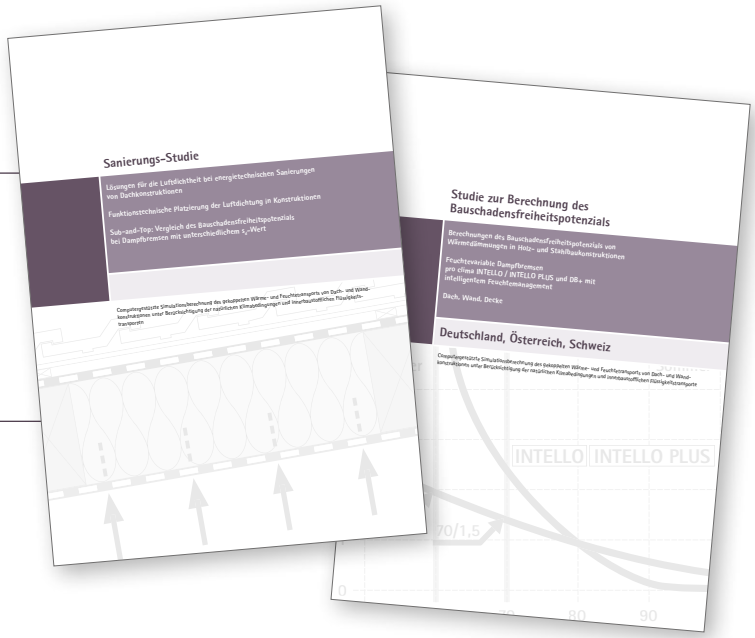
Beste Sicherheit: Dampfbremsbahnen mit einem feuchtevariablen Diffusionswiderstand bieten der Konstruktion den besten Schutz gegen Tauwasserschäden. Sie sind im Winter diffusionsdichter und schützen die Dämmung optimal vor eindringender Feuchte. Im Sommer können sie ihren Diffusionswiderstand sehr weit absenken und gewährleisten so bestmögliche Rücktrocknungsbedingungen.



Mehr Informationen finden Sie in unseren aktuellen Broschüren:

»Studie zur Berechnung des Bauschadensfreiheitspotenzials«

»Sanierungs-Studie«



© pro clima 02.2016 | DIG-444