

## RACCOLTA INTERNA VAPORIZZATA - necessaria o pericolosa?

### **Condizioni aggravate durante la ristrutturazione o la conversione di uno spazio abitativo ■**

L'isolamento interno è sempre la seconda scelta dal punto di vista della tecnica edilizia rispetto ad un involucro termico esterno, ha un effetto negativo sia per le nuove costruzioni che per la costruzione della facciata (ancora) non isolata di edifici esistenti, sia dal punto di vista termomeccanico che per quanto riguarda la capacità di stoccaggio del locale e l'equilibrio dell'umidità della sostanza dell'edificio. Nel presente documento viene menzionato solo quest'ultimo. Un comportamento davvero sensibile, ma non diverso a seconda del sistema di isolamento interno si manifesta con il rischio <muffa con ponti termici>. D'altra parte, sono da discutere argomentazioni in parte opposte riguardanti <l'umidità - il trasporto> nella difficile situazione di concorrenza tra i sistemi. Nella quintessenza il qui favorito <l'isolamento interno a tenuta di vapore> può essere relativizzato al massimo in un punto.

**Heinz Bangerter**

Nella stragrande maggioranza dei casi, l'isolamento interno come della facciata è rientra nel campo concettuale, anche se naturalmente i soffitti del tetto e i sottotetti devono essere isolati anche dal lato del locale. Nel caso delle nuove costruzioni, il tema <facciata> è dominato dagli aspetti progettuali, da cui deriva la scelta dei materiali e dei metodi di costruzione. Lo strato di isolamento termico richiesto in termini di igiene e di energia non rappresenta di solito un problema dal punto di vista della fisica della costruzione, grazie al restante ambito di progettazione e alla competenza garantita, sia nel caso di una disposizione "esterna", "interna" o "intercapedine".

Se si tratta di <facciate in edifici esistenti>, spesso - per motivi di progettazione o di regolamento edilizio - è disponibile solo l'isolamento interno. Ciò si applica anche per la conversione di un seminterrato esistente in uno spazio abitativo o in un ufficio. Allo stesso modo, i locali di stoccaggio o di archivio "di alta qualità" nel seminterrato da ristrutturare richiedono ulteriori misure di isolamento termico, in particolare contro le pareti esterne adiacenti al terreno.

Da un punto di vista costruttivo - soprattutto nel senso di preservare la sostanza del componente edilizio - tre "temi tecnici" nascono dal aggiornamento dell'isolamento interno, che a volte vengono valutati in modo piuttosto controverso dagli esperti e che saranno discussi nel seguito. Da un lato c'è il criterio del "ponte termico", come pure la "gestione dell'umidità" data da un comportamento di diffusione alternata in combinazione con il pericolo scongiurato della pioggia battente. In [1] c'è già un contributo molto interessante su questo argomento. Controversa, tuttavia, è anche la valutazione della fisica dell'edificio in relazione alla conversione di precedenti locali seminterrati in spazi abitativi. Anche in questo caso gli effetti dell'utilizzo di un isolamento interno a tenuta di vapore, in particolare il vetro cellulare, vanno esaminati.

### **Evitare la muffa a causa dei ponti termici**

Nell'introduzione di questo articolo viene identificato un rischio per quanto riguarda <la muffa nei ponti termici> che è identico per tutti i sistemi di isolamento interno, ma che generalmente è sensibile. Questo "Eye-catcher" suggerisce anche un deterioramento fondamentale delle condizioni sulla superficie della parete secondo il motto: più spesso è l'isolamento interno, maggiore è il rischio. Questa affermazione provocatoria potrebbe causare un cenno del capo in gran parte - ma in senso stretto è ancora sbagliata! È indiscusso che un ponte termico costruttivo (oltre che geometrico) è caratterizzato dal fatto che sulla sua superficie prevale una temperatura più bassa a causa di una maggiore conduzione del calore (fintanto che all'interno = caldo, all'esterno = freddo), e da questo, muffa o anche acqua di condensazione (condensa superficiale) hanno più probabilità di svilupparsi che sulla superficie non interessata. D'altra parte, contrariamente alle aspettative, questo processo sfavorevole è solo parzialmente vero, e aumenta considerevolmente con l'applicazione dell'isolamento interno o con l'aumento dello spessore dell'isolamento. La ragione di ciò è che con l'aumento dello spessore dell'isolamento, la parete esterna si raffredda maggiormente, il che si traduce in un maggiore gradiente di temperatura nella zona anteriore della parete trasversale integrata. D'altra parte, a questa crescente differenza di temperatura si contrappone anche una crescente resistenza del materiale di questo ponte termico (corrispondente allo spessore dell'isolamento penetrato). La **Figura 1** e la **Tabella 1** mostrano la relazione per gli spessori di isolamento variabili. I calcoli si basano sul programma di ponti termici di UNI Kassel: ZUB®-ARGOS 5.0 PRO. Decisivi sono i fattori di temperatura <f> risultanti, che determinano il rapporto senza dimensione di

$[(\text{temperatura superficiale} - \text{temperatura dell'aria esterna}) / (\text{temperatura dell'aria interna} - \text{temperatura dell'aria esterna})]$ . Dopo una diminuzione di circa il 3% del fattore  $\langle f_1 \rangle$  con un cambiamento dello spessore dell'isolamento da zero a  $d = 30$  mm, fino ad uno spessore di 60 mm c'è solo un'ulteriore minima riduzione di  $\langle f_1 \rangle$ , in modo da poter fino allo spessore di isolamento esaminato  $d = 180$  mm, aumentando di nuovo verso il valore di  $d = 30$  mm. Dal punto di vista pratico, il valore  $\langle f \rangle$  tra 30 mm e 180 mm è praticamente invariato!

Anche se c'è un marcato deterioramento rispetto alla superficie non interessata della parete con conseguente  $f_2$  (a meno che non ci sia un isolamento!), questo è difficilmente influenzato dallo spessore dello strato di isolamento (successivo).

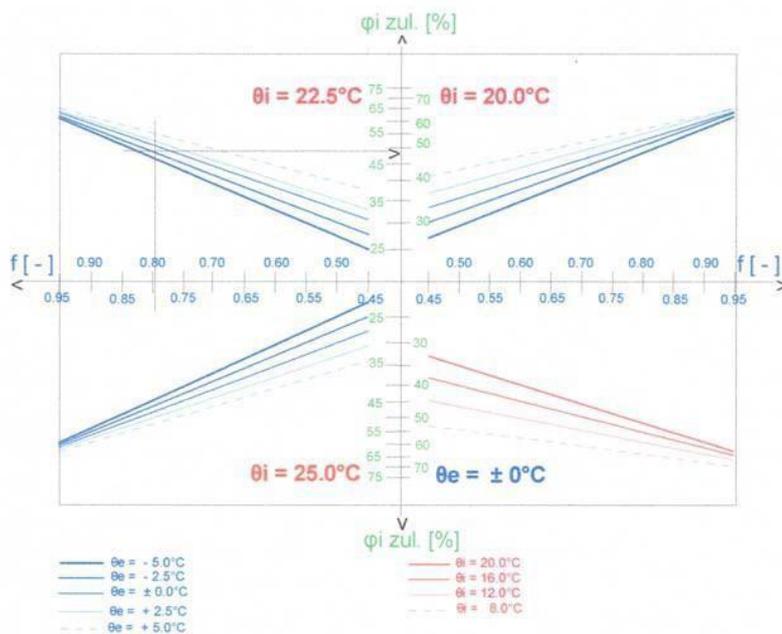


Bild 1: Schemaschnitt Wärmebrücke mit Festlegungen

Valore caratteristico	Spessore dell'isolamento [mm]; $\lambda \sim 0,040$ W/mK						
	0	30	60	90	120	150	180
Conduttanza L [W/m <sup>2</sup> K] (Lunghezza rilevante = 3180 mm)	2.7309	1.7906	1.3935	1.1390	1.0259	0.9235	0.8458
$U_{\text{var.}}$ [W/m <sup>2</sup> K]	0.855	0.521	0.375	0.292	0.240	0.203	0.176
$\Psi$ [W/m <sup>2</sup> K]	0.0129	0.1344	0.2025	0.2441	0.2633	0.2727	0.2850
$U_{\text{Var. medio}}$ sopra $R_L = 3180$ mm	0.856	0.563	0.438	0.358	0.347	0.290	0.266
$f_1$ [-] ( $r_{\text{si}} = 0,35$ m <sup>2</sup> K/W; SIA 180)	0.841	0.815	0.779	0.794	0.797	0.798	0.800
$\varphi_{\text{izul.}}$ ( $\theta_i = 22,5^\circ\text{C}$ ; $\theta_e = -2,5^\circ\text{C}$ )	51.8%	49.7%	48.5%	48.1%	48.3%	48.4%	48.6%
$f_2$ [-] ( $r_{\text{si}} = 0,35$ m <sup>2</sup> K/W; SIA 180)	0.748	0.837	0.879	0.904	0.921	0.932	0.941

Tabella 1: Umidità dell'aria ambiente ammessa ( $\varphi_{\text{izul.}}$ ), risultante dal fattore di temperatura minima ( $f_1$ ) in funzione delle caratteristiche (d'isolazione,  $U_{\text{var.}}$ ) del ponte termico.

Per determinare i limiti pratici "contro la muffa" si può utilizzare il diagramma [2] (con immissione di lettura per  $d = 120$  mm) mostrato in **Figura 2**. Partendo dal valore calcolato  $\langle f \rangle$ , l'umidità dell'aria ambiente ammessa [ $\varphi_i$ ] può essere letta direttamente, a seconda delle condizioni di temperatura (interna, esterna), in modo che il  $\varphi_{\text{oi}} = 80\%$  (con sicurezza calcolata) non venga superato sulla superficie critica. Analogamente, viceversa, partendo da "anche" data l'umidità dell'aria ambiente o da condizioni climatiche complete, si può interrogare il valore minimo richiesto  $\langle f \rangle$  e da questo si può effettuare il "dimensionamento" del ponte termico in questione. Per gli spessori di isolamento di 0 mm, 30 mm, 60 mm, 90 mm, 120 mm, 150 mm e 180 mm, i valori  $f_1$  sono 0,841, 0,815, 0,779, 0,794, 0,797, 0,798 e 0,800 rispettivamente e quindi umidità ambientale ammissibile  $\varphi_{\text{oi}}$  di 51,8%, 49,7%, 48,5%, 48,1%, 48,3%, 48,4% e 48,6% rispettivamente. Questo supponendo che una temperatura di 22,5°C sia rivolta verso il lato della stanza e che la media mensile più fredda dell'aria esterna sia di circa - 2,5°C. Per informazioni generali e dettagliate sull'argomento si veda [2].



**Bild 2:** Zul. Raumluftfeuchte ( $\phi_{zul}$ ) je nach Temperaturfaktor ( $f$ ) und Klima  
 Zu Tabelle 1: Ablesung für  $d = 120 \text{ mm}$ :  $f_1 \sim 0.793 \rightarrow \phi_{zul} \sim 48.3\%$

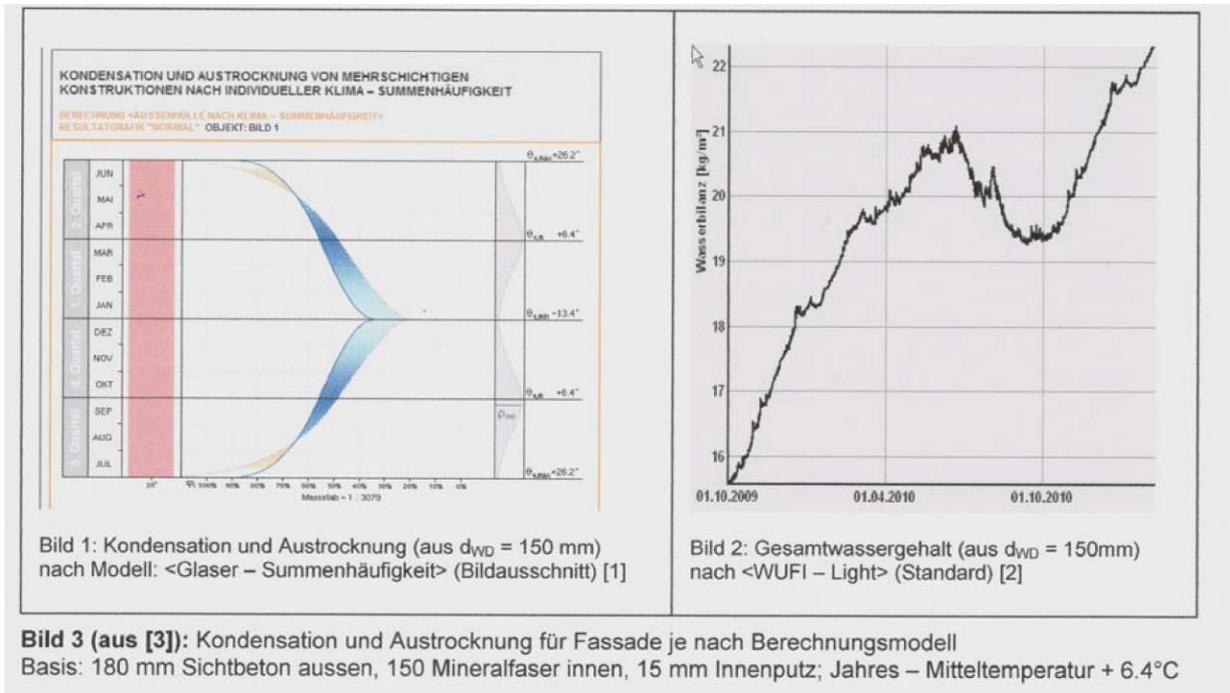
### Scelta del concetto contro la penetrazione di umidità nella facciata a causa dei carichi climatici sul lato del locale

La questione se la tenuta al vapore di un successivo isolamento interno sia considerato <necessario> oppure è da classificare come <pericoloso> è giudicato in modo diverso nel mondo professionale.

È indiscutibile che ciò impedisce efficacemente i processi di diffusione indesiderati dovuti all'inquinamento del clima sul lato del locale, e quindi è esclusa qualsiasi forma di precipitazione di condensa nella sezione trasversale della parete. Questo eminente vantaggio del materiale (del vetro cellulare) richiede "contro-argomentazioni" all'interno dell'industria dell'isolamento concorrente, perché nel caso di materiali isolanti aperti alla diffusione la mancanza di tenuta al vapore dovrebbe essere integrata da una barriera al vapore separata e complessa. Per evitare questo svantaggio costruttivo e di costo, spesso si sostiene che la prova di condensazione e di asciugatura "in tempi normativi" fornisce risultati troppo sfavorevoli. Vale a dire: Che con metodi di calcolo "moderni" e i cosiddetti "materiali isolanti intelligenti" è possibile anche un isolamento interno aperto alla diffusione senza una barriera al vapore supplementare. Non si parte dal principio che l'isolamento con barra vapore non sia <non necessario>, ma allo stesso tempo si sostiene che - in caso di diffusione inversa o di pioggia battente - l'applicazione corrispondente rappresenta addirittura un vero e proprio <pericolo reale>. Questo secondo contro-argomento è discusso nella prossima sezione.

Può essere vero che la prova di condensazione normativa "in rapido movimento" mediante un diagramma di Glaser fornisce occasionalmente risultati troppo sfavorevoli. In molti casi, però, è proprio il contrario: i calcoli secondo Glaser - tenendo conto del clima reale - sommano la frequenza "dentro e fuori"! - e WUFI non solo portano a risultati simili, ma in alcuni casi anche a risultati molto meno favorevoli (reali) di quelli ottenuti con "time-lapse normativo". I risultati comparativi elencati di seguito per una costruzione di pareti isolate internamente con uno strato esterno ignifugo (calcestruzzo) secondo la **Fig. 3** e la **Tabella 2** sono tratti dalla documentazione [3]. Sono commentate in dettaglio e dimostrano che non si può fare affidamento sul metodo del time-lapse normativo "nel bene e nel male". Questo a sua volta significa che

L'impatto sul clima interno non deve essere minimizzato in modo disattento per compensare lo svantaggio di un isolamento aperto alla diffusione. Il vantaggio fondamentale di un isolamento interno a tenuta di vapore rimane indiscusso per quanto riguarda l'inquinamento del clima interno!



Spessore dell'isolamento $d_{WD}$ [mm]	* Glaser "in movimento veloce"		Vetri per -frequenza [1]		WUFI®Light IBP 4.0 [2] [2] Contenuto d'acqua totale		U - valore [W/m²K]
	$K_J$ max [g/m²]	$A_J$ possibile [g/m²]	$K_J$ max. [g/m²]	$A_J$ possibile [g/m²]	$K_J$ max. [g/m²]	$A_J$ possibile [g/m²]	
150	2871 **⊗K ~ 837	2034	5450 **⊗K~ 4995	455	~ 5500 **⊗K~ 4000	~ 1500	0.243
200	2393 **⊗K ~ 695	1698	4655 **⊗K~ 4280	375	~ 4750 **⊗K~ 3550	~ 1200	0.186
250	2078 **⊗K ~ 619	1459	4050 **⊗K~ 3730	320	~ 4250 **⊗ ~ 3250	~ 1000	0.151

\* Inverno: all'interno 20°C/50%RH, all'esterno -10°C/80%RH durante 60 giorni  
 \* Estate: all'interno = all'esterno ogni 12°C/70%RH per 90 giorni  
 \* \*⊗K = crescita annuale cumulativa !

Tabella 1: Confronto della condensazione per diversi metodi di calcolo

**Tabella 2 (da [3]):** Valutazioni per la figura 3 e in "time lapse normativo".

### Esposizione alla pioggia battente e alla diffusione inversa

Ci sono due situazioni in cui l'isolamento interno che blocca il vapore giustifica una visione critica: Una è la cosiddetta diffusione inversa. Ciò si verifica quando (in estate) la pressione parziale del vapore acqueo all'esterno del componente diventa maggiore rispetto a quella dell'edificio a causa dell'elevata temperatura esterna e dell'umidità. Se l'isolamento interno è termicamente scarso e agisce praticamente solo come barriera al vapore (solo 20 - 30 mm di isolamento interno bloccante il vapore), ma la sezione trasversale della parete esterna ha un'elevata resistenza termica e allo stesso tempo un'elevata permeabilità al vapore (ad es. cemento cellulare, parete in mattoni, tamponamenti in legno, ecc.), la diffusione inversa può anche (temporaneamente) causare la formazione di condensa nella sezione della parete. Questo processo non è auspicabile in linea di principio, ma alle nostre latitudini - rispetto ad una "cella frigorifera in un clima tropicale", ad esempio - non dovrebbe rappresentare un pericolo per il tessuto edilizio. Con l'aumento dello spessore dell'isolamento interno a tenuta di vapore, anche questo "problema" si risolve virtualmente da solo.

Un vero svantaggio è l'isolamento interno a tenuta di vapore se c'è "pioggia battente - umidità" capillare distribuita nella sezione trasversale della parete. La "concorrenza" lamenta poi giustamente che ciò impedisce il trasporto della secchezza "verso l'interno" - mentre con un isolamento interno capillare (se possibile senza una barriera al vapore separata) si può ottenere un drenaggio efficace.

In linea di principio, la riserva contro l'isolamento interno a tenuta di vapore è giustificata in questo punto. Tuttavia, devono essere avanzate anche due argomentazioni contro la promozione alternativa di materiali aperti alla diffusione. In primo luogo, è il caso che l'asciugatura diretta verso il locale inizia solo quando c'è una pressione parziale più elevata al confine dello strato tra la parete "satura" e l'isolamento interno - o sul "fronte dell'umidità" lato locale - rispetto all'interno. Se si calcola per quest'ultimo con, ad esempio, circa 2100 Pa (corrispondenti a 23°C / 75% RF, in estate), nel punto in questione sulla sezione trasversale della parete deve prevalere una temperatura di almeno 18°C. Se si ipotizza inoltre che il successivo isolamento interno sia approssimativamente  $\frac{3}{4}$  del futuro effetto di isolamento complessivo (ad es. per passare da  $U_0 \sim 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  a  $U_0 \sim 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), per l'inizio del processo di essiccazione nel locale deve prevalere una temperatura esterna di circa + 16,3°C, se l'isolamento è aperto alla diffusione ma non capillarmente attivo. Ciò corrisponde approssimativamente alla media mensile più alta alle nostre latitudini. Tutto ciò che si trova al di sotto di questa temperatura non avvia l'asciugatura in direzione del locale!

Se invece l'umidità della parete viene "risucchiata" dall'isolamento capillarmente attivo, ad esempio fino a metà dell'isolamento e a 18°C ivi prevalente, il processo di asciugatura inizia aritmeticamente ad una temperatura dell'aria esterna di circa + 9,6°C. Da questo punto di vista, l'isolamento capillare ha effettivamente un certo vantaggio. Quali quantità di pioggia battente penetrante al di sopra di una temperatura esterna minima decisiva (e a seconda delle condizioni climatiche dell'ambiente) possano realmente asciugarsi in singoli casi dipende dalla resistenza al vapore dell'isolamento "diffusione-aperto" - ma soprattutto dall'"arredamento" dell'ambiente stesso, come quadri, armadi a muro non ventilati o tende, ecc. Se qui non viene data una sufficiente circolazione dell'aria, le formazioni di muffa dall'auspicata "umidità - trasporto nella stanza" sono ancora più inevitabili in tali aree!

Come contro-argomento generale, va anche detto che in linea di principio non può essere compito dell'isolamento interno compensare in altro modo i danni di progettazione e costruzione causati da questo tipo di "drenaggio delle pareti" (mancanza di protezione dalla pioggia battente, facciata incrinata, manutenzione insufficiente, ecc.) L'unica riserva riguardo all'isolamento interno con barriera vapore è quindi che - in analogia alla diffusione inversa - si deve evitare di danneggiare una facciata senza isolamento interno, che finora è stata discussa come "auto-guarigione", per mezzo di un successivo rivestimento.

### **Priorità nella conversione della cantina in spazio abitativo**

La conversione di locali di cantina "di bassa qualità" che non sono più necessari in spazi abitativi, uffici o archivi di alta qualità è allettante. Tuttavia, in questo caso si deve tener conto di particolari dipendenze della fisica della costruzione, che influenzano fortemente il tipo e lo spessore dello strato isolante da fornire sul lato del locale. Poiché la conversione richiede principalmente un aumento della temperatura dell'aria ambiente a livello residenziale e, per motivi di igiene residenziale, richiede il rispetto delle corrispondenti temperature minime superficiali, la progettazione termica dello strato isolante deve essere allineata a questo in via prioritaria. Dei "requisiti massimi" energetici con "super spessori di isolamento" sono da accantonare qui in secondo luogo per le seguenti considerazioni. Tanto più che l'influenza favorevole del terreno circostante - quantificabile secondo la norma EN 13370 - è spesso sottovalutata o addirittura dimenticata.

Si supponga che una cantina destinata alla conversione si trovi a 3 metri sottoterra. Prima di effettuare un calcolo energetico dello spessore di isolamento (desiderato), si raccomanda di effettuare i seguenti chiarimenti:

Se la parete della cantina esistente è permanentemente umida, deve essere prima asciugata con adeguate misure di drenaggio o di tenuta (anche contro l'umidità di risalita!). Poi, si può installare un isolamento interno che sia il più possibile in grado di bloccare la diffusione in qualsiasi spessore. D'altra parte, non è compito di questo isolamento (vetro espanso) garantire la futura protezione contro l'umidità del suolo e delle pareti "di per sé"!

Se invece il muro della cantina esistente è asciutto, ci si può chiedere se ciò sia dovuto al fatto che si trova in un terreno asciutto o che ha un sistema di drenaggio funzionante - o perché c'è uno scambio permanente di umidità contro lo spazio (ventilato) della cantina nel senso di auto-regolazione dell'assorbimento? In quest'ultimo caso, si deve garantire che ciò sia ancora possibile con l'isolamento interno. In questo caso, si raccomanda un concetto il più possibile aperto alla diffusione e, nella migliore delle ipotesi, capillarmente attivo. Allo stesso tempo, però, bisogna assicurarsi che l'attuale parete della cantina non venga raffreddata da un eccessivo spessore dell'isolamento fino a quando la condensa non precipita (a seconda dell'uso del locale / del clima del locale). Ciò significa in questo caso: esecuzione a diffusione aperta nel minor spessore possibile, da dimensionare solo in base alla richiesta di libertà di muffa - e di acqua di condensazione.

### **Conclusione**

Per quanto riguarda il <ponete termico> è da notare che, sebbene nella loro zona vi sia un rischio leggermente maggiore di formazione di muffa (rispetto all'acqua di condensazione - evento più probabile) nella zona delle superfici omogenee (parete), questo non è molto pronunciato - soprattutto se si tiene conto che dopo il completamento dell'isolamento interno, la temperatura ambiente può essere leggermente abbassata ad un'umidità relativa costante senza perdita di comfort, il che riduce il rischio di muffa. O, per dirla in un altro modo: a una temperatura ambiente più bassa dell'aria, può essere consentita un'umidità relativa più elevata fino al raggiungimento del valore limite dell'80% di umidità relativa sulla superficie critica. È importante notare che il rischio di muffa non dipende dalla scelta del materiale per l'isolamento interno. Con la stessa resistenza termica ( $d/\lambda$ ) tutti i materiali isolanti producono all'incirca lo stesso effetto!

Per quanto riguarda il comportamento di diffusione della sezione trasversale della parete - o il rischio di penetrazione dell'umidità (aumento cumulativo dell'umidità) dovuto allo stress climatico dell'ambiente, si va sul sicuro senza discussioni quando si utilizza un isolamento interno in vetro espanso che blocca il vapore. Se un tale isolamento interno è <necessario> o se in alternativa si considera un isolamento interno aperto alla diffusione con una barriera al vapore supplementare è da decidere in ogni singolo caso.

Nel caso della cosiddetta diffusione inversa - ma soprattutto se una pioggia battente - la parete esterna imbevuta sta tentando di drenare se stessa (anche) verso l'interno con una corrispondente differenza di pressione parziale - l'isolamento interno a tenuta di vapore è un ostacolo. I materiali isolanti capillari attivi e le "barriere al vapore traspiranti" sono pubblicizzati come soluzione. Dal punto di vista della concorrenza tra i "sistemi", tuttavia, va notato che la fiducia nei materiali isolanti capillarmente attivi è piuttosto traballante per vari motivi. E' indubbiamente meglio andare alla radice del problema / il carico di pioggia battente prendendo misure preventive.

Nel caso di trasformazioni da locali di cantina a spazio abitativo, occorre valutare innanzitutto lo stato della parete della cantina da rivestire. A seconda della situazione iniziale, l'attenzione si concentra poi sull'isolamento interno di qualsiasi spessore desiderato utilizzando vetro cellulare a tenuta di vapore, oppure uno spessore di isolamento minimo utilizzando un materiale il più possibile aperto alla diffusione.

### **letteratura**

[1] Worch, A.: B+B Bauen im Bestand Issue 4.2010 < Isolamento interno = acquadicondensazione? >

[2] Bangerter, H.: IG - OEKOPRIORITY<sup>1), 2)</sup> <Catalogo dei ponti termici >

<sup>1)</sup> [http://www.oekopriority.com/upload/download/OEKOPRIORITY\\_-\\_WAERMEBRUECKENKATALOG.pdf](http://www.oekopriority.com/upload/download/OEKOPRIORITY_-_WAERMEBRUECKENKATALOG.pdf)

<sup>2)</sup> [http://www.oekopriority.com/upload/download/WAERMEBRUECKEN\\_Umidità\\_dell'aria\\_ambiente\\_senza\\_muffa.zip](http://www.oekopriority.com/upload/download/WAERMEBRUECKEN_Umidità_dell'aria_ambiente_senza_muffa.zip)

[3] Bangerter, H.: IG - OEKOPRIORITY < Isolamento interno - con cosa e quanto? >

<sup>3)</sup> [http://www.oekopriority.com/upload/download/Innendaemmung\\_-\\_womit\\_und\\_wieviel.pdf](http://www.oekopriority.com/upload/download/Innendaemmung_-_womit_und_wieviel.pdf)

**Autore** Heinz Bangerter, ingegnere laureato SIA

Responsabile del gruppo d'interesse OEKOPRIORITY® - *per spessori di isolamento ragionevoli sugli edifici*  
CH - 8302 Kloten / Zurigo, PF 1164