

COLLECTION INTERIEURE VAPORISEE - nécessaire ou dangereuse ?

Conditions aggravées lors de la rénovation ou de la transformation d'un espace habitable ■

L'isolation intérieure est toujours le deuxième choix du point de vue de la technique du bâtiment : par rapport à une enveloppe thermique extérieure, elle a une influence néfaste tant pour les nouvelles constructions que pour la construction de façades (encore) non isolées de bâtiments existants, tant du point de vue thermomécanique que de la capacité de stockage de la pièce et du bilan d'humidité de la substance du bâtiment. Dans le présent document, seul ce dernier est mentionné. Un comportement certes sensible, mais non différent selon le système d'isolation intérieur se manifeste avec le risque <moisissure avec ponts thermiques>. D'autre part, des arguments partiellement opposés sont à discuter concernant <l'humidité - le transport> dans la situation de concurrence difficile entre les systèmes. Dans la quintessence, le ici favorisé < isolation interne étanche à la vapeur > peut être relativisé au maximum en un point.

Heinz Bangerter

Dans la grande majorité des cas, l'isolation intérieure ainsi que la façade se trouvent dans le champ de vision, bien que les plafonds des toits et les greniers doivent bien sûr être isolés également du côté de la pièce. Dans le cas des nouveaux bâtiments, le thème <façade> est dominé par les aspects de conception, dont découlent le choix des matériaux et les méthodes de construction. La couche d'isolation thermique requise en termes d'hygiène et d'énergie ne pose généralement pas de problème en termes de physique du bâtiment, grâce à la marge de planification restante et à l'expertise assurée, que ce soit dans le cas d'un aménagement "extérieur", "intérieur" ou "central".

S'il s'agit de <façades dans des bâtiments existants>, souvent - pour des raisons de conception ou de droit de la construction - seule l'isolation intérieure ultérieure est disponible. Mais cela s'applique également à la transformation prévue d'un sous-sol existant en espace d'habitation ou de bureau. De même, les locaux de stockage ou d'archivage "de haute qualité" au sous-sol qui doivent être réaménagés nécessitent des mesures d'isolation thermique supplémentaires, notamment contre les murs extérieurs qui jouxtent le sol.

D'un point de vue constructif - notamment dans le sens de la préservation de la substance de l'élément de construction - trois "sujets techniques" découlent de la modernisation de l'isolation intérieure, qui sont parfois assez controversés par les experts et seront abordés dans la suite. D'une part, il y a le critère du "pont thermique" ainsi que la "gestion de l'humidité" due à l'alternance du comportement de diffusion en combinaison avec le danger conjuré de la pluie battante. Dans [1], il y a déjà une contribution très intéressante sur ce sujet. Mais les évaluations de la physique du bâtiment en rapport avec la conversion des anciennes pièces du sous-sol en espace habitable sont également controversées. Ici aussi, les effets de l'utilisation d'une isolation intérieure étanche à la vapeur, en particulier le verre mousse, doivent être examinés.

Éviter les moisissures dues aux ponts thermiques

Dans l'introduction de cet article, un risque est identifié en ce qui concerne <les moisissures dans les ponts thermiques> qui est identique pour tous les systèmes d'isolation intérieure, mais qui est généralement sensible. Ce "Eye-catcher" suggère également une détérioration fondamentale des conditions à la surface du mur selon la devise : plus l'isolation intérieure est épaisse, plus le risque est grand. Cette déclaration provocatrice pourrait provoquer un hochement de tête dans une large mesure - mais à proprement parler, elle est toujours fautive ! Il est incontestable qu'un pont thermique constructif (ainsi que géométrique) se caractérise par le fait qu'une température plus basse règne à sa surface en raison d'une conduction thermique accrue (tant que l'intérieur = chaud, l'extérieur = froid), et qu'à partir de là, des moisissures ou même de l'eau de condensation (condensat de surface) sont plus susceptibles de se développer que sur la surface non perturbée. D'autre part, contrairement aux attentes, ce processus défavorable n'est que partiellement vrai, et il augmente considérablement avec l'application d'une isolation interne ou l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation. La raison en est que plus l'épaisseur de l'isolation augmente, plus la paroi extérieure se refroidit, ce qui entraîne un plus grand gradient de température dans la zone avant de la paroi transversale intégrée. D'autre part, à cette différence de température croissante s'oppose également une résistance croissante du matériau de ce pont thermique (correspondant à l'épaisseur d'isolation pénétrée). La **figure 1** et le **tableau 1** montrent la relation pour des épaisseurs d'isolation variables. Les calculs sont basés sur le programme de pont thermique de UNI Kassel : ZUB®-ARGOS 5.0 PRO. Les facteurs de température résultants <f>, qui déterminent le rapport sans dimension de

[(température de surface - température de l'air extérieur) / (température de l'air intérieur - température de l'air extérieur)]. Après une diminution d'environ 3 % du facteur $\langle f_1 \rangle$ avec un passage d'une épaisseur d'isolation nulle à $d = 30$ mm, jusqu'à une épaisseur de 60 mm, il n'y a plus qu'une réduction minimale de $\langle f_1 \rangle$, afin de pouvoir jusqu'à l'épaisseur d'isolation examinée $d = 180$ mm, augmentant à nouveau vers la valeur pour $d = 30$ mm. D'un point de vue pratique, la valeur $\langle f \rangle$ entre 30 mm et 180 mm est pratiquement inchangée!

Bien qu'il y ait une forte détérioration par rapport à la surface non perturbée du mur avec le résultat f_2 (sauf s'il n'y a pas d'isolation !), celle-ci est à peine affectée par l'épaisseur de la couche d'isolation (ultérieure).



Bild 1: Schemaschnitt Wärmebrücke mit Festlegungen

Valeur caractéristique	Epaisseur de l'isolation [mm] ; $\lambda \sim 0,040$ W/mK						
	0	30	60	90	120	150	180
Conductance L [W/m²K] (Longueur utile = 3180 mm)	2.7309	1.7906	1.3935	1.1390	1.0259	0.9235	0.8458
$U_{var.}$ [W/m²K]	0.855	0.521	0.375	0.292	0.240	0.203	0.176
Ψ [W/m²K]	0.0129	0.1344	0.2025	0.2441	0.2633	0.2727	0.2850
$U_{var.}$ moyenne au-dessus de $RL = 3180$ mm	0.856	0.563	0.438	0.358	0.347	0.290	0.266
f_1 [-] ($r_{si} = 0,35$ m²K/W ; SIA 180)	0.841	0.815	0.779	0.794	0.797	0.798	0.800
$\Phi_{izul.}$ ($\theta_i = 22,5^\circ\text{C}$; $\theta_e = -2,5^\circ\text{C}$)	51.8%	49.7%	48.5%	48.1%	48.3% (voir image 2)	48.4%	48.6%
f_2 [-] ($r_{si} = 0,35$ m²K/W ; SIA 180)	0.748	0.837	0.879	0.904	0.921	0.932	0.941

Tableau 1 : Humidité admissible de l'air ambiant ($\Phi_{izul.}$), résultant du facteur de température minimale (f_1) en fonction des caractéristiques ($d_{isolation, var.}$) du pont thermique.

Pour déterminer les limites pratiques "contre la moisissure", on peut utiliser le diagramme de [2] (avec entrée de lecture pour $d = 120$ mm) montré dans la **figure 2**. A partir de la valeur calculée $\langle f \rangle$, l'humidité de l'air ambiant autorisée [Φ_i] peut être lue directement, en fonction des conditions de température (intérieur, extérieur), de sorte que la valeur $\Phi_{oi} = 80\%$ (avec une sécurité calculée) n'est pas dépassée sur la surface critique. De même, à l'inverse, en partant de "également" donné l'humidité de l'air ambiant ou des conditions climatiques complètes, on peut interroger la valeur minimale requise $\langle f \rangle$, et à partir de là, on peut procéder au "dimensionnement" du pont thermique en question. Pour les épaisseurs d'isolation de 0 mm, 30 mm, 60 mm, 90 mm, 120 mm, 150 mm et 180 mm, les valeurs f_1 sont de 0,841, 0,815, 0,779, 0,794, 0,797, 0,798 et 0,800 respectivement et donc l'humidité ambiante admissible Φ_{oi} de 51,8%, 49,7%, 48,5%, 48,1%, 48,3%, 48,4% et 48,6% respectivement. Cela suppose que l'on vise une température de 22,5 °C du côté de la pièce et que la moyenne mensuelle la plus froide de l'air extérieur est d'environ -2,5 °C. Pour des informations générales et détaillées sur ce sujet, voir [2].

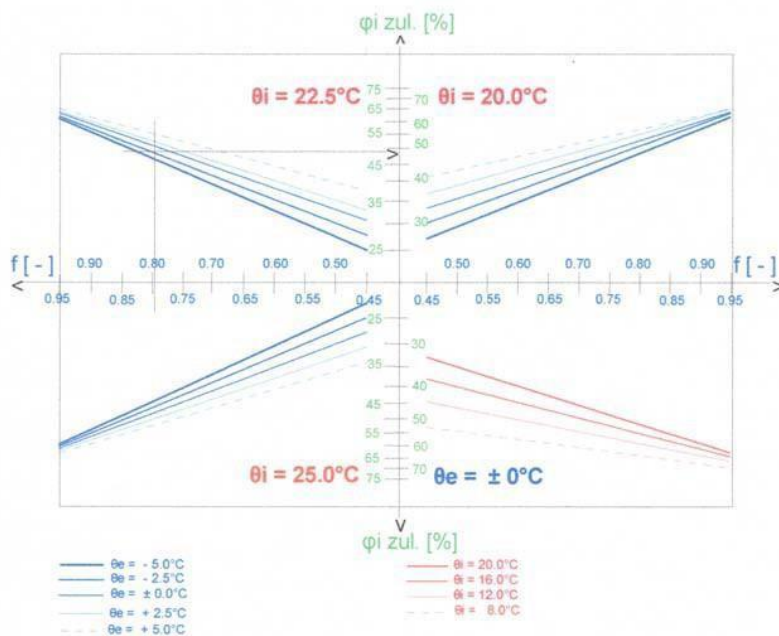


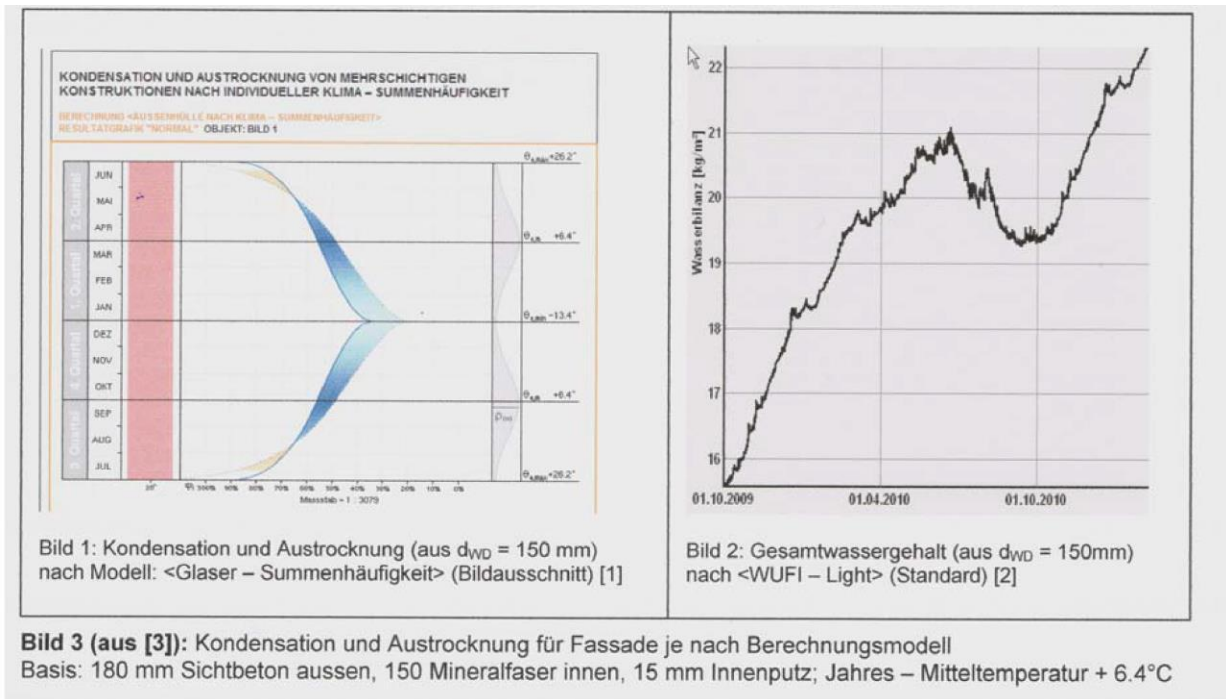
Bild 2: Zul. Raumluftfeuchte (ϕ_{zul}) je nach Temperaturfaktor (f) und Klima
 Zu Tabelle 1: Ablesung für d = 120 mm: $f_1 \sim 0.793 \rightarrow \phi_{zul} \sim 48.3\%$

Choix du concept contre la pénétration de l'humidité dans la façade à partir des charges climatiques côté pièce

La question de savoir si l'étanchéité à la vapeur d'une isolation intérieure ultérieure est considérée comme <nécessaire> ou est à classer comme <dangereux> est jugé différemment dans le monde professionnel. Il est incontestable que cela empêche efficacement les processus de diffusion indésirables de la pollution climatique côté pièce, excluant ainsi toute forme de précipitation de condensat dans la section transversale de la paroi. Cet éminent avantage matériel (du verre cellulaire) appelle des "contre-arguments" correspondants au sein de l'industrie de l'isolation concurrente, car dans le cas des matériaux d'isolation à diffusion ouverte, le manque d'étanchéité à la vapeur devrait être complété par un pare-vapeur distinct et complexe. Afin d'éviter cet inconvénient de construction et de coût, on fait souvent valoir que la preuve de condensation et de séchage "en laps de temps normatif" donne des résultats beaucoup trop défavorables. C'est-à-dire : Qu'avec des méthodes de calcul "modernes" et des "matériaux d'isolation intelligents", une isolation intérieure ouverte à la diffusion est également possible sans pare-vapeur supplémentaire. On ne part pas du principe qu'une isolation pare-vapeur n'est pas nécessaire, mais on affirme en même temps que - en cas de diffusion inverse ou de pluie battante - l'application correspondante représente même un <danger réel >. Ce deuxième contre-argument est examiné dans la section suivante.

Il est peut-être vrai que la preuve de condensation normative "en accéléré" au moyen d'un diagramme Glaser donne parfois des résultats trop défavorables. Mais dans de nombreux cas, c'est l'inverse qui se produit : les calculs selon Glaser - en tenant compte du climat réel - additionnent les fréquences "à l'intérieur et à l'extérieur" ! - et WUFI ne conduisent pas seulement à des résultats similaires, mais aussi, dans certains cas, à des résultats (réels) beaucoup moins favorables que ceux obtenus avec le "time-lapse normatif". Les résultats comparatifs énumérés ci-dessous pour une construction de mur isolé intérieurement avec une couche extérieure de retardateur de vapeur (béton) selon la **figure 3** et le **tableau 2** sont tirés de la documentation [3]. Elles y sont commentées en détail et montrent que la méthode normative de l'intervalle de temps ne peut être utilisée "pour le meilleur ou pour le pire". Cela signifie que le

L'impact sur le climat intérieur ne doit pas être minimisé par négligence afin de compenser le désavantage d'une isolation ouverte à la diffusion. L'avantage fondamental d'une isolation intérieure étanche à la vapeur reste incontesté en ce qui concerne la pollution du climat intérieur !



Épaisseur de l'isolation d_{wD} [mm].	* Glaser "in fast motion" (en mouvement rapide)		Vitriers par -fréquence [1]		WUFI®Light IBP 4.0 [2] Teneur totale en eau		U - valeur [W/m²K]
	K_J max [g/m²]	A_J possible [g/m²]	K_J max. [g/m²]	A_J possible [g/m²]	K_J max. [g/m²]	A_J possible [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

* Winter: à l'intérieur 20°C/50%HR, à l'extérieur -10°C/80%HR pendant 60 jours
 * Été : intérieur = extérieur chaque 12°C/70%RH pendant 90 jours
 * *⊗K = croissance annuelle cumulée !

Tableau 1 : Comparaison de la condensation pour différentes méthodes de calcul

Tableau 2 (extrait de [3]) : Évaluations pour la figure 3 et dans le "délai normatif".

Exposition à la pluie battante et à la diffusion inverse

Il y a deux situations dans lesquelles l'isolation interne bloquant la vapeur justifie un point de vue critique : L'un d'eux est ce que l'on appelle la diffusion inverse. Cela se produit lorsque (en été) la pression partielle de la vapeur d'eau à l'extérieur du composant devient plus importante que dans le bâtiment en raison de la température et de l'humidité extérieures élevées. Si l'isolation intérieure est thermiquement rare et n'agit pratiquement que comme un pare-vapeur (seulement 20 à 30 mm de vapeur - isolation intérieure bloquante), mais que la section transversale du mur extérieur présente en même temps une résistance thermique élevée et une grande perméabilité à la vapeur (par exemple béton cellulaire, mur de briques, remplissage à ossature bois, etc.), la diffusion inverse peut également provoquer (temporairement) la formation de condensation dans la section transversale du mur. Ce processus est en principe indésirable, mais sous nos latitudes - par rapport à une "chambre froide dans un climat tropical", par exemple - il ne devrait pas présenter de danger pour la structure du bâtiment. De plus, avec l'augmentation de l'épaisseur de l'isolation intérieure étanche à la vapeur, ce "problème" se résout pratiquement de lui-même.

Un réel inconvénient est l'isolation interne étanche à la vapeur si la section transversale du mur présente une répartition capillaire "pluie battante - humidité". La "concurrence" se plaint alors à juste titre que cela empêche le transport de la sécheresse "vers l'intérieur" - alors qu'avec une isolation interne capillaire (si possible sans pare-vapeur séparé), un drainage efficace peut être obtenu.

En principe, la réserve concernant l'isolation intérieure étanche à la vapeur est justifiée sur ce point. Cependant, deux arguments doivent également être avancés contre la promotion alternative de matériaux ouverts à la diffusion. Premièrement, il est vrai que l'assèchement dirigé vers la pièce ne commence que lorsque la pression partielle à la limite de la couche entre le mur "saturé" et l'isolation intérieure - ou au "front d'humidité" côté pièce - est plus élevée qu'à l'intérieur. Si l'on calcule pour ce dernier avec, par exemple, environ 2100 Pa (correspondant à 23°C / 75% RF, en été), une température d'au moins 18°C doit régner au point en question sur la section de la paroi. Si l'on suppose en outre que l'isolation intérieure ultérieure est d'environ $\frac{3}{4}$ du futur effet d'isolation global (par exemple pour passer de $U_0 \sim 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ à $U_0 \sim 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$), une température extérieure d'environ + 16,3°C doit prévaloir pour le début du processus de séchage dans la pièce, si l'isolation est ouverte à la diffusion mais non capillaire. Cela correspond approximativement à la moyenne mensuelle la plus élevée sous nos latitudes. Tout ce qui est en dessous de cette température ne commence pas à sécher dans le sens de la pièce ! Si, en revanche, l'humidité du mur est "aspirée" par l'isolation capillaire active, par exemple jusqu'au milieu de l'isolation et que 18°C y règnent, le processus d'assèchement commence arithmétiquement à une température de l'air extérieur d'environ + 9,6°C. À cet égard, l'isolation capillaire active présente en effet un certain avantage. Les quantités de pluie battante pénétrante qui, au-dessus d'une température extérieure minimale décisive (et selon les conditions climatiques de la pièce), peuvent réellement sécher dans chaque cas dépendent de la résistance à la vapeur de l'isolation "ouverte à la diffusion" - mais surtout de l'"ameublement" de la pièce elle-même, comme les tableaux, les placards muraux non ventilés ou les rideaux, etc. Si la circulation de l'air n'est pas suffisante, la formation de moisissures par "l'humidité - transport dans la pièce" est encore plus inévitable dans ces zones !

Comme contre-argument général, il faut également mentionner qu'en principe, l'isolation intérieure ne peut pas avoir pour tâche de compenser autrement les dommages de planification et de construction causés par ce type de "drainage des murs" (manque de protection contre la pluie battante, façade fissurée, entretien insuffisant, etc.) La seule réserve concernant l'isolation intérieure par pare-vapeur est donc que - par analogie à la diffusion inverse - il faut éviter d'endommager une façade sans isolation intérieure, qui a été jusqu'à présent qualifiée d'"autocicatrisante", par un revêtement ultérieur.

Priorités dans la conversion de la cave en espace de vie

Il est tentant de transformer des pièces de cave "de qualité médiocre" qui ne sont plus nécessaires en espaces de vie, de bureau ou d'archives de qualité. Toutefois, il faut tenir compte ici des dépendances particulières de la physique du bâtiment, qui influencent fortement le type et l'épaisseur de la couche d'isolation à prévoir côté pièce. Étant donné que la conversion nécessite en premier lieu une augmentation de la température de l'air ambiant au niveau résidentiel et, pour des raisons d'hygiène domestique, le respect des températures minimales de surface correspondantes, la conception thermique de la couche d'isolation doit être alignée en priorité sur ce point. Des "exigences maximales" énergétiques avec des "super-épaisseurs d'isolation" doivent être mises de côté ici comme étant d'une importance secondaire pour les considérations suivantes. D'autant plus que l'influence favorable du sol environnant - quantifiable selon la norme EN 13370 - est souvent sous-estimée, voire oubliée.

Supposons qu'une pièce de la cave destinée à être transformée se trouve à 3 mètres sous terre. Avant de pouvoir effectuer un calcul énergétique de l'épaisseur d'isolation (souhaitée), les précisions suivantes sont recommandées :

Si le mur de la cave existante est durablement humide, il doit d'abord être asséché par des mesures de drainage ou d'étanchéité appropriées (également contre l'humidité ascendante !). Ensuite, une isolation interne aussi étanche à la diffusion que possible peut être installée dans n'importe quelle épaisseur. D'autre part, cette isolation (en mousse de verre) n'a pas pour mission de garantir la protection future contre l'humidité du sol et des murs "en soi" !

Si, en revanche, le mur de la cave existante est sec, la question se pose de savoir si c'est le cas parce qu'il se trouve dans un sol sec ou qu'il dispose d'un système de drainage fonctionnel - ou parce qu'il y a un échange permanent d'humidité contre l'espace (ventilé) de la cave au sens d'une sorption autorégulée ? Si tel est le cas, il faut s'assurer que cela sera encore possible avec une isolation interne. Dans ce cas, une conception aussi ouverte à la diffusion que possible et au mieux capillaire est recommandée. Dans le même temps, il faut cependant veiller à ce que le mur de la cave actuelle ne soit pas refroidi par une épaisseur d'isolation trop importante jusqu'à ce que la condensation se précipite (en fonction de l'utilisation de la pièce / du climat ambiant). Cela signifie dans ce cas : une exécution ouverte à la diffusion dans une épaisseur aussi faible que possible, qui ne doit être dimensionnée qu'en fonction de la demande de liberté en matière de moisissures - et d'eau de condensation.

Conclusion

En ce qui concerne <le pont thermique>, il convient de noter que bien que dans leur zone, il y ait un risque légèrement accru de formation de moisissures (par rapport à l'eau de condensation - événement plus probable) dans la zone des surfaces (murales) homogènes, celui-ci n'est pas très prononcé - surtout si l'on tient compte du fait qu'après l'achèvement de l'isolation intérieure, la température ambiante peut être légèrement abaissée à une humidité relative constante sans perte de confort, ce qui réduit le risque de moisissures. En d'autres termes : à une température ambiante plus basse, une humidité relative plus élevée peut être autorisée jusqu'à ce que la valeur limite de 80% d'humidité relative soit atteinte sur la surface critique. Il est important de noter que le risque de moisissures ne dépend pas du choix du matériau pour l'isolation intérieure. Avec la même résistance thermique (d/λ), tous les matériaux d'isolation produisent à peu près le même effet !

En ce qui concerne le comportement de diffusion de la section transversale du mur - ou le risque de pénétration de l'humidité (augmentation cumulative de l'humidité) en raison des contraintes climatiques de la pièce, vous êtes du bon côté sans discussion lorsque vous utilisez une isolation intérieure pare-vapeur en verre mousse. La question de savoir si une telle isolation interne est <nécessaire> ou si une isolation interne ouverte à la diffusion avec un pare-vapeur supplémentaire est envisagée doit être décidée au cas par cas.

Dans le cas de la diffusion dite inverse - mais surtout si une pluie battante - la paroi extérieure imbibée tente de s'évacuer (également) vers l'intérieur avec une différence de pression partielle correspondante - l'isolation intérieure étanche à la vapeur constitue un obstacle. Les matériaux d'isolation capillaire et les "pare-vapeur respirables" sont présentés comme une solution. Du point de vue de la concurrence entre les "systèmes", il faut toutefois noter que la confiance dans les matériaux isolants à activité capillaire est plutôt chancelante pour diverses raisons. Il est sans doute préférable de s'attaquer à la racine du problème / la charge de pluie battante en prenant des mesures d'anticipation.

Dans le cas de transformations de pièces de cave en habitation, il faut avant tout évaluer l'état du mur de la cave à couvrir. En fonction de la situation initiale, l'accent est mis sur l'isolation interne de l'épaisseur souhaitée en utilisant du verre cellulaire étanche à la vapeur, ou une épaisseur minimale d'isolation en utilisant un matériau aussi ouvert à la diffusion que possible.

littérature

[1] Worch, A.: B+B Bauen im Bestand Numéro 4.2010 <Isolation intérieure = eau de condensation?>

[2] Bangerter, H. : IG - OEKOPRIORITY¹).²) <Catalogue des ponts thermiques >

¹ http://www.oekopriority.com/upload/download/OEKOPRIORITY_-_WAERMEBRUECKENKATALOG.pdf

² http://www.oekopriority.com/upload/download/WAERMEBRUECKEN_Room_air_humidity_without_mould.zip

[3] Bangerter, H. : IG - OEKOPRIORITY <Insolation intérieure - avec quoi et en quelle quantité ?

³ http://www.oekopriority.com/upload/download/Innendaemmung_-_womit_und_wieviel.pdf

Auteur Heinz Bangerter, ingénieur diplômé SIA

Chef du groupe d'intérêt OEKOPRIORITY® - pour des épaisseurs d'isolation raisonnables sur les bâtiments
CH - 8302 Kloten / Zurich, PF 1164