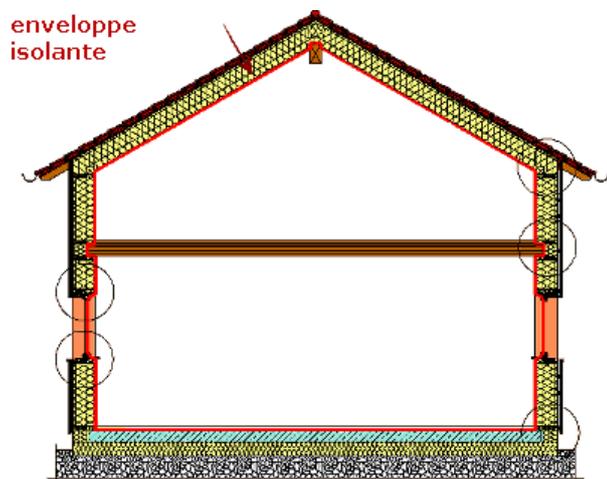


Zu den Seiten  
der aktuellen  
Passivhaustagung

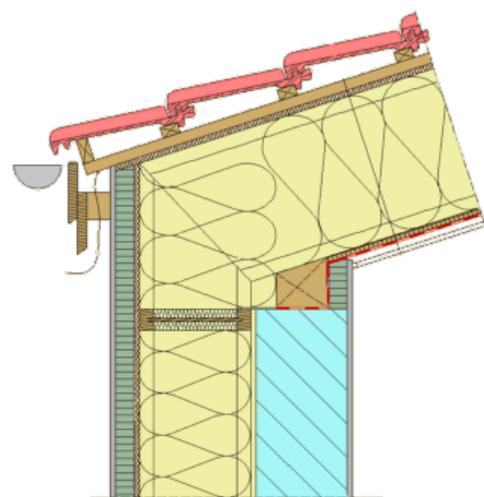
# L'isolation thermique des maisons passives

aufbereitet vom  
Passivhaus  
Institut



Les maisons passives sont des réalisations exemplaires d'isolation thermique réussie et efficace. Ce sont des maisons "chaudement habillées".

La bonne isolation thermique est une fonction clé de la maison passive. Les pertes thermiques à travers les éléments qui ne laissent pas passer la lumière (aussi appelés éléments "opaques") doivent être très faibles. C'est à cette condition que le flux de chaleur même le jour le plus froid reste suffisamment faible pour qu'un chauffage par l'air entrant soit possible. C'est cela que montre le "bilan énergétique" d'un bâtiment. Les pertes thermiques à travers un mur extérieur, un plancher, un plafond d'étage supérieur ou un toit est déterminé par le coefficient d'isolation thermique ou encore valeur  $U^1$  (anciennement valeur  $k$ ). Cette valeur indique combien de chaleur par unité de temps traverse une unité de surface quand la différence de température entre les deux côtés est exactement d'un degré (1 Kelvin). La grandeur de la valeur  $U$  s'exprime donc en " $W/(m^2K)$ ". Si l'on veut calculer la perte de chaleur à travers un mur, il suffit de multiplier la valeur  $U$  par la surface et la différence de température. Une maison familiale typique a par ex. une surface de murs extérieurs de  $100 m^2$ . L'hiver, en Europe Centrale, la température extérieure est de  $-12^\circ C$  et à l'intérieur de  $21^\circ C$  vor. Des valeurs différentes du coefficient  $U$  donnent typiquement les résultats de pertes calorifiques à travers les murs extérieurs suivantes:



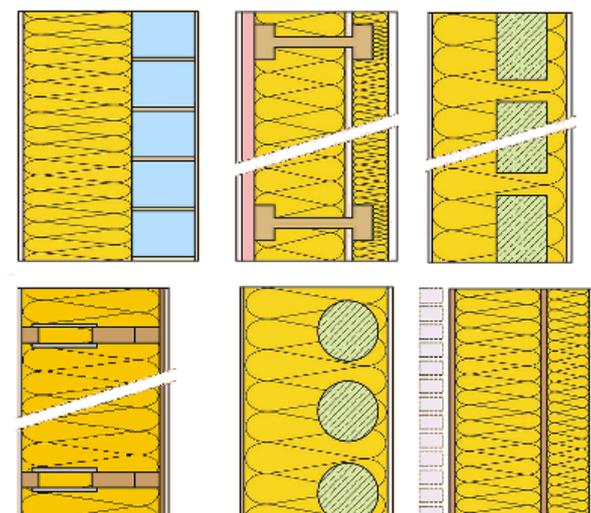
Exemple d'un détail de gouttière particulièrement bien isolé avec un raccordement sans pont thermique (Projet CEPHEUS Horn/Autriche, architecte Treberspurg / Vienne).

Valeur U $W/m^2K$	perte calorifique W	pertes calorifiques annuelles kWh/(m <sup>2</sup> a)	coût annuel <sup>2)</sup> (2005) slit murs extérieurs €/a
1,00	3300	78	429,-
0,80	2640	62	343,-
0,60	1980	47	257,-
0,40	1320	31	172,-
0,20	660	16	86,-
0,15	495	12	64,-
0,10	330	8	43,-

Les pertes calorifiques sont une partie importante du bilan énergétique d'un bâtiment. Chaque calorie perdue doit être remplacée par un apport correspondant, sinon la température baisse dans la maison.

Un système de chauffage compact pour la maison passive peut sans problème fournir 1000 W de chauffage. Si on veut éviter que les murs extérieurs ne dissipent une bonne partie de cette énergie, il faut vraiment que la valeur  $U$  des murs soit vraiment très faible. D'une manière générale le domaine de 0,1 à 0,15  $W/(m^2K)$  est à conseiller.

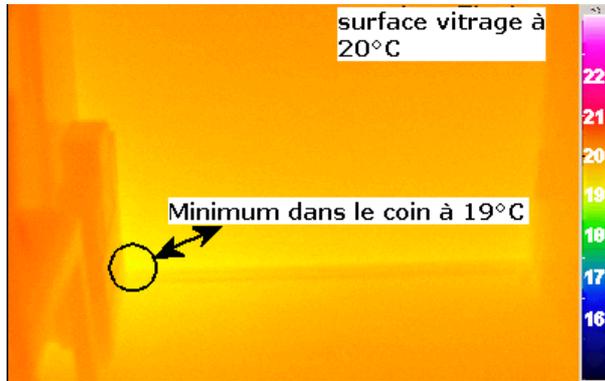
Qu'est ce que ca implique pour l'enveloppe isolante de la maison ? D'abord, il est clair que de telles valeurs  $U$  ne peuvent être atteintes qu'avec des matériaux vraiment isolants. Le tableau suivant montre l'épaisseur que doit avoir un mur extérieur pour atteindre la valeur typique pour une maison passive de 0,13  $W/(m^2K)$ :



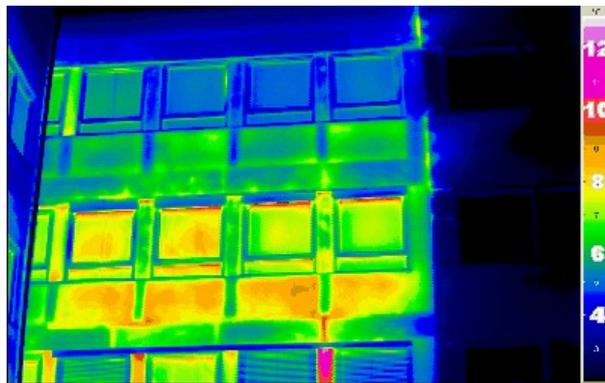
Matériau	Conductivité thermique W/mK	épaisseur nécessaire pour $U=0,13 W/(m^2K)$ en m
Béton	2,1	15,80
Brique pleine	0,800	6,02
Brique perforée	0,400	3,01



Exemples d'assemblages de murs extérieurs particulièrement bien isolés et donc indiqués pour les maisons passives.

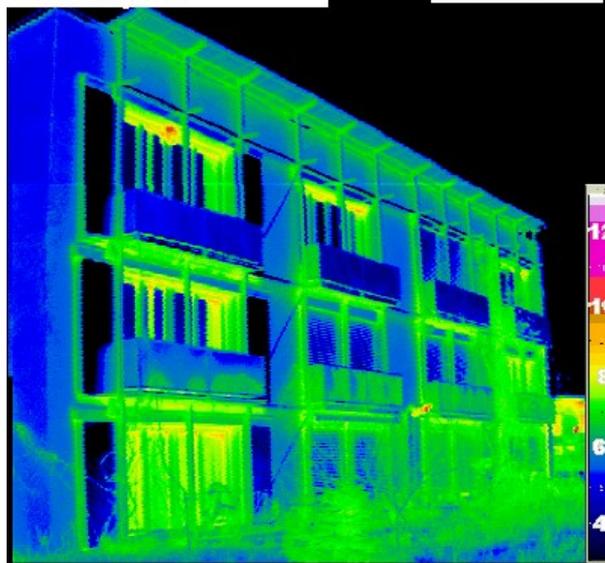


Photographie IR au pied d'un mur externe d'une maison passive, prise de l'intérieur: il n'y a plus aucune tache froide (Photo: PHI). Une bonne isolation thermique accompagne une surface intérieure chaude. Cela améliore la protection du bâti, puisque l'humidité des matériaux diminue et cela augmente le confort.



Existant: vitrage "isolant" et chauffage...

Maison non chauffée



Maison passive: triple vitrage et super isolation

Thermographie extérieure d'une construction ancienne en comparé avec une maison passive (photo: PHI). Dans le cas de la maison passive, la température des murs extérieurs est régulièrement froide (bleu, +/- 5°C), aussi froide d'ailleurs que les objets "libres" (comme les

Bois résineux	0,13	0,98
Brique alvéolaire, Béton cellulaire	0,11	0,83

<b>Paille</b>	<b>0,055</b>	<b>0,41</b>
<b>isolant standard</b>	<b>0,04</b>	<b>0,30</b>
<b>isolant conventionnel de haute qualité</b>	<b>0,025</b>	<b>0,19</b>
<b>superisolant porosité nanométrique sous pression normale</b>	<b>0,015</b>	<b>0,11</b>
<b>isolation par le vide (Kieselsäure)</b>	<b>0,008</b>	<b>0,06</b>
<b>isolation par le vide (vide élevé)</b>	<b>0,002</b>	<b>0,015</b>



Le tableau le montre d'une manière spectaculaire: des enveloppes du bâtiment d'une épaisseur raisonnable, ne sont possibles que si l'isolation provient d'un isolant efficace. Tous les isolants "en gras" sont donc à conseiller. Les assemblages mixtes sont évidemment possibles, et d'ailleurs dans de nombreux cas nécessaires. Par ex. les murs de béton isolés par l'extérieur ou bien les murs monobloc de béton cellulaire et les plaques de laine de roche. Les assemblages seront d'autant plus minces que la conductivité thermique des matériaux utilisés est faible. Déjà avec un mur de paille d'épaisseur habituelle (50 cm et plus) la qualité "maison passive" est atteinte. Avec des isolants conventionnels typiques (laine de roche, polystyrène, cellulose) l'épaisseur "maison passive" est dans les 30 cm. Avec les mousses polyuréthanes du marché l'épaisseur peut même être réduite à 20 cm. Les isolants par le vide ont déjà été utilisés en Allemagne dans la construction. Ils permettent évidemment des constructions extrêmement isolantes et qui restent minces. Un autre type de réalisation mais d'une approche différente sont les "surfaces semi-translucides". Ici, les radiations calorifiques vont être transmises dans le coeur de la construction isolée, de manière à réduire les différences de température et à obtenir un coefficient U équivalent qui soit plus faible.

### Et la rentabilité dans tout ça ?

Une idée largement répandue est que des isolations aussi épaisses comme elles sont pratiquées dans les maisons passives ne se justifient économiquement pas. Laissez nous calculer ! Pour cela, jetez un coup d'oeil sur le tableau tout en haut. Dans la troisième colonne, il y a le pertes par m². Elles sont très faciles à déterminer: valeur U par la différence de température moyenne pendant la période de chauffage par la durée de la période de chauffage. Ou encore valeur U par les degrés heures (78000 pour le climat Europe Centrale, cad 3250 degrés jour. NDLT: en France compris entre 1400 et 3800. Compris entre 2000 et 2900 sur la plus grande partie du territoire métropolitain). Le chauffage se fait au gaz, au fioul, par cogénération ou électrique, mais pour moins de 5,5 € Cent par kWh<sup>2</sup>). En tout cas pour un prix qu'on ne risque pas de revoir de sitôt... Déjà en 2006 les prix étaient sensiblement plus élevés. De là, se déduisent les coûts de chauffage annuels nécessaires pour compenser les pertes par les murs extérieurs (100 m²), comme ils sont donnés dans la dernière colonne. Ici, un extrait du tableau:

Valeur U W/m²K	perde de chaleur W	perdes de chaleur annuelles kWh/(m²a)	Coûts annuels (2005) slt mur extérieur €/a
1,250	4125	98	536,-
0,125	412	10	54,-

parapets des balcons). Dans le cas de la construction ancienne, les surfaces sont "colorées" avec des températures de surface allant jusqu'à 9°C. Les pertes thermiques sont respectivement nettement plus importantes.

La première ligne (rouge sombre) correspond à une construction ancienne, mais même pas si mal isolée que ça. Les habitants doivent payer chaque année environ 536 €, simplement pour compenser les pertes de chaleur à travers les 100 m<sup>2</sup> de ce mur. Avec une isolation "après coup" au niveau maison passive (en vert), les pertes de chaleur baissent d'un facteur 10. Les coûts annuels pour compenser les pertes thermiques à travers les murs extérieurs deviennent inférieurs à 54 €/a. Cela signifie:

### 482 €/a d'économie de chauffage.

Que faut-il faire pour atteindre de telles réductions ? Notre conseil: vous attendez le moment où la façade devra être ravalée, un nouvel enduit passé. Ça ne peut pas durer bien longtemps, à moins que vous ne veniez de le faire... A ce moment là, le coût de l'échafaudage et l'enduit vous devrez de toute façon les payer. Il vous en coûtera environ 2500 €. Maintenant vous allez voir votre banque et lui demandez de quel volume de crédit vous pouvez disposer, si vous remboursez 480 €/a, intérêt compris, sur 20 ans. Le crédit aux taux actuels sera d'environ 6300 €. Ensemble avec les 2500 € de coûts d'embellissement, vous disposez de 8800 € pour vous occuper des murs extérieurs. Avec ça, vous allez pouvoir faire une super isolation des murs. Dans le cas d'une construction neuve, cela sera évidemment encore meilleur marché.

Vous dites que c'est un jeu à somme nulle ? Tout cet argent économisé, dilapidé en prestation d'artisans ? Pas tout à fait, parce que:

1. Le prix de l'énergie sera encore plus élevé à l'avenir qu'il n'est considéré ici (Remarque de septembre 2006: ça fait déjà un moment que c'est le cas...).
2. L'isolation tiendra au moins 40 ans, même s'il faudra sans doute renover la façade d'ici 15-25 ans, comme toutes les façades, isolées ou pas. D'ailleurs l'isolation continuera à faire son travail, même lorsque le crédit après 20 ans sera remboursé. Pour les investissements dans les centrales et autres, cela s'appelle "la fin en or".
3. Les autres avantages d'une meilleure isolation, vous en profitez gratuitement. Plus de coins froids, plus de champignon derrière les armoires, un climat de confort sans radiation froide ou des "mares" d'air froid sur le sol.
4. ...et, s'il s'agit d'une construction nouvelle ou d'une rénovation substantielle, vous vous rapprochez de cette manière de la maison passive, qui vous garantit une bien-être quotidien sur le long terme.
5. Et pour terminer: l'état favorise ces mesures de rénovation par le biais de crédit d'impôt. Ça n'a même pas été considéré dans les calculs précédents.

**En résumé: ca vaut vraiment la peine. Mais n'oubliez pas le principe "Quitte à le faire, autant le faire bien". Qu'il s'agisse de construction neuve ou de rénovation.**

De nombreuses techniques d'isolation seront présentées pendant l'exposition accompagnant les 11èmes rencontres internationales de la maison passive.

## Expériences

Les expériences de construction de maison passives ont montré que les grandes épaisseurs d'isolation sont la plupart du temps facilement atteignables aussi avec des matériaux isolants conventionnels:

- Dans la plupart des constructions, la place pour l'isolation est disponible. Quand la place manque ou doit être achetée cher, on peut recourir à des isolants plus efficaces.
- Les grandes épaisseurs d'isolation sont dans la pratique de la

construction faciles à utiliser. Si c'est fait correctement, le surcoût lié aux grandes épaisseurs est à peine plus élevé que pour des volumes plus traditionnels. La seule chose qui reste ce sont les coûts dépendants des plus grandes quantités. Les matériaux d'isolation sont cela dit des matériaux relativement peu chers. A quoi ressemble une construction raisonnée de maison passive, avec différents matériaux de construction, cela vous le verrez aussi à l'exposition accompagnant les 11èmes journées de la maison passive et au cours de l'excursion du 21. mai.

- Tous les types courants de construction en Allemagne sont utilisables pour l'enveloppe de la maison passive. Ceci a été démontré à de nombreuses reprises dans les réalisations de maisons passives : il y en a en maçonnerie (à double coque ou à système combiné d'isolation ou à façade préinstallée), préfabriqué en béton léger, préfabriqué, construction bois (classique ou avec à ossature bois), selon la technique des éléments de coffrage, à éléments métalliques et les assemblages semitranslucides.
- Les mesures effectuées in situ dans les maisons passives montrent que l'efficacité des "couches épaisses" correspond exactement aux attentes. Les pertes de chaleur sont vraiment aussi faibles que les simulations le prévoyaient et les maisons restent chaudes malgré la très faible énergie de chauffage. Cela se remarque tout de suite aux hautes températures des surfaces intérieures, qui se visualisent sur les thermographies (voir thermographie intérieure sur la page de gauche). Les éléments hautement isolants, comme il s'en utilise dans les maisons passives, ont des atouts considérables par rapport aux enveloppes peu ou mal isolées des constructions plus habituelles.
- Les faibles pertes thermiques impliquent automatiquement une température élevée des surfaces intérieures l'hiver – même sans surface de chauffage sur les éléments du bâti. Cela réduit considérablement les différences de températures de radiations dans les différentes directions; ce qui est une bonne base de départ pour un confort exceptionnel. Les températures élevées des surfaces intérieures contribuent de plus à une réduction de l'humidité des surfaces du bâti. Dans les maisons passives, dans le cadre d'une utilisation "normale", les dégâts causés par l'humidité de l'air aux éléments extérieurs sont pratiquement impossibles.
- L'été, la température des surfaces intérieures est proche de celle de l'air de la pièce, car qu'elle est donc plus faible que dans les maisons mal isolées, puisque la chaleur à cette époque là est transportée de l'extérieur vers l'intérieur. Pour le comportement dynamique de la partie externe, les constructions fortement isolées ont même dans le cas de faibles masses (par ex. une double plaque de plâtre) une forte capacité à isoler de l'amplitude thermique. Cette caractéristique est si vraie qu'à elle seule, elle permet d'obtenir un comportement optimal l'été. Cependant la partie la plus importante est la grande inertie thermique du bâtiment, qui est créée par cette forte isolation et qui la rend utilisable. Cela permet à une maison passive d'être rafraîchie pendant la nuit et de garder la fraîcheur pendant la journée sans grand problème. A la condition cependant que l'apport solaire soit réduit.
- Les éléments de structure fortement isolés souffrent moins des ponts thermiques existants que des parties plus médiocrement isolées. C'est particulièrement important pour la construction ancienne. Cela a tendance à s'opposer au dicton populaire. Cela a été pourtant vérifié dans de nombreux cas et est en fait facilement compréhensible: parce que la structure porteuse et les éléments intérieurs se trouvent désormais derrière une forte isolation, ceux-ci restent chaud dans un environnement isolé. Les ponts thermiques dans une certaine mesure ne peuvent les gêner. Qu'une grande partie de la construction soit déjà froide, quelques ponts thermiques supplémentaires et le point de condensation sera atteint. Evidemment, les ponts thermiques même dans les maisons passives conduisent à davantage de

pertes calorifiques. De là, nous conseillons vivement de construire sans ponts thermiques.

Au cours des 11èmes rencontres internationales de la maison passive, les dernières connaissances et expériences en terme de construction avec des matériaux à haute isolation thermique seront présentées dans le groupe de travail "nouveautés de la recherche-développement".

Des exemples complets de construction avec des éléments de la maison passive seront représentés sur l'exposition attenante. Entre autre:

- Constructions en maçonnerie avec des systèmes combinés d'isolation avec des détails intelligents concernant les pieds de mur, l'installation des fenêtres et la liaison toit.
- Construction à élément de coffrage avec un catalogue complet de liaisons sans ponts thermiques. Ainsi que des résultats concernant la construction étanche à l'air.
- Construction par panneau de bois avec tous les détails des liaisons dans des assemblages divers.

<sup>1</sup>) Les calculs de coefficient U sont quelque fois critiqués. Les pages "Isoler ou garder la chaleur discutent de la question. Ici, juste un petit aparté: la valeur U s'est vraiment imposée comme la grandeur déterminante pour les pertes de chaleur. Les maisons passives qui ont été construites en sont le meilleur exemple. Ces maisons ne consomment qu'un dixième des quantités habituelles de carburant pour le chauffage. A peu près 1,5 litre de fioul par m<sup>2</sup> par an au lieu de plus de 15 litre/(m<sup>2</sup>a). De tels résultats ne sont possibles en Europe Centrale aux hivers froids que grâce à une très bonne isolation

<sup>2</sup>) Ici on a pris un prix de chauffage de 5,5 €/Cent/kWh (l'article a été écrit début 2005). En 2006 les prix de l'énergie se sont mis à galloper et les prix ont déjà dépassé les 6 €/Cent/kWh. Cela implique que la rentabilité des mesures d'isolation s'est encore améliorée. Pour une présentation plus détaillée: voir ici (à traduire). L'institut de la maison passive considère d'ailleurs que les coûts moyens de l'énergie ne vont pas croître d'une manière importante à l'avenir. Déjà au prix actuel de l'énergie, il y a suffisamment d'alternatives qui permettent de remplacer les énergies fossiles chères. Une meilleure isolation est une alternative très importante.

(actualisé le 31.10.2006 Auteur: Dr. Wolfgang Feist © Passivhaus Institut; Reproduction autorisée sans modification et mention de la source. Ces pages sont régulièrement actualisées et augmentées. Traduction:lamaisonpassive.fr)