



Energie im Bauwesen: Bautechnik

von Marco Ragonesi, dipl. Arch. HTL, Luzern

L'énergie dans le bâtiment: technique de la construction

par Marco Ragonesi, arch. dipl. ETS, Lucerne

Kapitel 4

Wärmetechnische und energetische Gebäudesanierung

«Die Schweiz ist gebaut», eine Bausubstanz mit einer Energiebezugsfläche von über 50 Mio. m² wurde vor 1990 erstellt. Im Vergleich zum Spielraum, den wir bei der Erstellung von Neubauten haben, stellen bestehende Bauten ein energetisch/ökologisch viel grösseres Potenzial dar. Gegenwärtig kann, ausser bei Umnutzungen oder umfassenden Gebäudesanierungen, niemand gezwungen werden, seine Gebäudehülle neueren Erkenntnissen betreffend Wärmeschutz und Energie anzupassen. Es können höchstens Anreize geschaffen werden wie z.B. im Rahmen von Energie 2000, wo der Bund für wärmetechnische Massnahmen pro m² verbessertes Bauteil Beiträge zur Verfügung gestellt hatte.

4.1 Wann soll ein Gebäude wärmetechnisch saniert werden?

Es gibt verschiedene Gründe, die Anlass für eine wärmetechnische Verbesserung eines Gebäudes sein können. Die folgenden Hinweise liefern Anhaltspunkte für die Fragestellung, ob man den Wärmeschutz einzelner Bauteile oder der ganzen Gebäudehülle den geltenden Anforderungen oder weiter gehenden Möglichkeiten anpassen soll.

Grosser Energieverbrauch

Je mehr Energie für das Beheizen eines Gebäudes gebraucht wird, desto grösser ist das Einsparungspotenzial und somit der Anreiz, die Gebäudehülle und die Haustechnik zu verbessern. Im Rahmen einer ersten wärmetechnisch/energetischen Grobdiagnose lässt sich das Gebäude, basierend auf der Energiekennzahl E, beurteilen. Die Energiekennzahl E ist der Quotient aus Jahresenergieverbrauch und beheizter Geschossfläche, im Folgenden Energiebezugsfläche EBF genannt. Der Energieverbrauch wird in MJ umgerechnet (→ Heizwert H_u des Energieträgers, z.B. 1 kg Heizöl ≈ 42,7 MJ); die Energiebezugsfläche umfasst die Bruttoflächen (inkl. Innen- und Aussenwände) von beheizten Geschossflächen in m². Die Energiekennzahl gibt somit in MJ/m²a (oder kWh/m²a) an, wieviel Energie pro m² Energiebezugsfläche jährlich verbraucht wird, wobei zwischen folgenden Energiekennzahlen unterschieden wird:

- E_h Energiekennzahl Heizung
- E_{ww} Energiekennzahl Warmwasser
- E_w Energiekennzahl Wärme (E_w = E_h + E_{ww})
- E_e Energiekennzahl Elektrizität
- E_{total} Energiekennzahl aller Energieträger (E_{total} = E_w + E_e)

Chapitre 4

Assainissement thermotechnique et énergétique de bâtiments

«La Suisse est bâtie»; avant 1990, une substance architecturale d'une superficie énergétique de référence de plus de 50 millions de m² a été réalisée. Comparativement à la marge de manoeuvre dont nous disposons pour la réalisation de nouveaux bâtiments, les immeubles existants représentent un potentiel énergétique/écologique beaucoup plus important.

Mis à part les travaux effectués dans le cadre d'une opération de réaffectation ou d'assainissement complet, personne ne peut actuellement être contraint d'adapter l'enveloppe de son bâtiment aux dernières connaissances acquises en matière d'isolation thermique et d'énergie. On peut tout au plus inciter les gens à agir dans cette direction, par exemple dans le cadre du programme «Energie 2000» à travers lequel la Confédération avait mis des subventions à disposition pour encourager des mesures thermotechniques par m² de partie de construction améliorée.

4.1 A quel moment un bâtiment doit-il subir un assainissement thermotechnique?

Il existe différentes raisons pour procéder à l'amélioration thermotechnique d'un bâtiment. Les remarques suivantes fournissent des éléments de réponse à la question de savoir s'il faut adapter l'isolation thermique de certaines parties de construction ou de toute l'enveloppe d'un bâtiment aux nouvelles exigences en vigueur ou à de plus amples possibilités.

Importante consommation d'énergie

Plus on consomme d'énergie pour le chauffage d'un bâtiment, plus le potentiel d'économie est important, et plus on sera incité à assainir l'enveloppe et les installations techniques du bâtiment concerné. Dans le cadre d'un premier diagnostic thermotechnique/énergétique grossier, on peut analyser le bâtiment en se basant sur l'indice énergétique caractéristique E.

L'indice énergétique caractéristique E est le quotient de la consommation énergétique annuelle et de la surface d'étage chauffée, ci-après dénommée surface de référence énergétique SRE. La consommation d'énergie est convertie en MJ (→ valeur calorifique nette H_n du porteur d'énergie, par exemple 1 kg d'huile de chauffage ≈ 42,7 MJ); la surface de référence énergétique SRE inclut les surfaces brutes (y compris parois intérieures et extérieures) de surfaces d'étage chauffées en m².

L'indice énergétique caractéristique E indique ainsi, en MJ/m²a (ou en kWh/m²a), combien d'énergie est consommée par année et par m² de surface de référence énergétique lorsqu'on distingue entre les indices énergétiques caractéristiques suivants:

- E_{ch} indice énergétique caractéristique chauffage
- E_{ec} indice énergétique caractéristique eau chaude
- E_c indice énergétique caractéristique chaleur (E_c = E_{ch} + E_{ec})
- E_e indice énergétique caractéristique électricité
- E_{total} indice énergétique caractéristique de tous les porteurs d'énergie (E_{total} = E_c + E_e)

Gemäss SIA 380/1 (Ausgabe 1988) werden bei bestehenden Bauten ohne gravierende Mängel etwa folgende Energiekennzahlen erreicht:

- Ein- und Zweifamilienhäuser
 - Wassererwärmung mit Kombikessel $E_w = 700 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Wassererwärmung separat, elektrisch $E_h = 575 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- Mehrfamilienhäuser
 - Wassererwärmung mit Kombikessel $E_w = 725 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Wassererwärmung separat, elektrisch $E_h = 575 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Als gute Werte nach einer Gesamt-Sanierung sind in SIA 380/1 folgende definiert:

- Ein- und Zweifamilienhäuser
 - Wassererwärmung mit Kombikessel $E_w = 500 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Wassererwärmung separat, elektrisch $E_h = 400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- Mehrfamilienhäuser
 - Wassererwärmung mit Kombikessel $E_w = 550 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Wassererwärmung separat, elektrisch $E_h = 400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Für Neubauten sollen gemäss SIA 380/1 folgende Zielwerte angestrebt werden:

- Ein- und Zweifamilienhäuser
 - Wassererwärmung mit Kombikessel $E_w = 400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Wassererwärmung separat, elektrisch $E_h = 310 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- Mehrfamilienhäuser
 - Wassererwärmung mit Kombikessel $E_w = 410 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Wassererwärmung separat, elektrisch $E_h = 280 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Minergie-Standard für Altbauten

- Altbauten (vor 1990 erstellte Gebäude) erreichen den MINERGIE-Standard, wenn sie, z.B. nach einer umfassenden Sanierung der Gebäudehülle und der Wärmezeugung, einen Grenzwert von $E_w = 320 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ nicht übersteigen.
- Sie weisen dann gegenüber dem in SIA 380/1 definierten Zielwert für Neubauten ($E_w = 400$ bzw. $410 \text{ MJ/m}^2\text{a}$) einen um etwa 20 % geringeren Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser auf.
- Gegenüber dem vorhandenen Energieverbrauch von Altbauten kann mit einer umfassenden Sanierung von Gebäudehülle und Haustechnik ein um den Faktor 2 bis 3 geringerer Verbrauch erzielt werden.

Feuchteschäden im Gebäudeinnern

Bei älteren, ungenügend wärmedämmten Bauten ist das Risiko betreffend Feuchteschäden, z.B. in Form von Schimmelpilzbildung, generell grösser als bei gut wärmedämmten Bauten, und die Nutzung hat einen entsprechend grösseren Einfluss auf das Auftreten von Bauschäden (Feuchteproduktion, Lüftungsverhalten, Möblierung). Wenn z.B. geschlossenflächige Möbel vor Aussenwänden stehen, wird die innere Oberflächentemperatur reduziert, und die Gefahr der Schimmelpilzbildung nimmt zu.

Mit einer wärmetechnischen Verbesserung der Gebäudehülle werden höhere innere Oberflächentemperaturen erzielt, wodurch massgebend dazu beigetragen wird, dass ein Feuchteschaden-Risiko vermindert wird.

Vorsicht beim Einbau von neuen Fenstern!

Mit dem Ersatz von bestehenden, luftdichten, schlecht wärmedämmenden Fenstern steht uns einerseits ein sehr grosses Energiesparpotenzial zur Verfügung, und die Behaglichkeit kann wesentlich verbessert werden (vgl. Kapitel 3, Abbildung 2). Andererseits reduzieren luftdichte Fenster den unkontrollierten Luftwechsel und somit auch den Feuchteausstausch erheblich, wodurch die Luftfeuchtigkeit in der Regel ansteigen wird. Ohne gleichzeitige Verbesserung der opaken Gebäudehülle und/oder Massnahmen zur Gewährleistung eines genügenden Luftwechsels (Nutzerverhalten, Lüftungsvorrichtungen) kann das Risiko betreffend Feuchteschäden nach dem Fensterersatz erheblich ansteigen.

Mängel und Schäden an Bauteilen

Jeder Baustoff und jedes Bauteil unterliegt einer normalen Alterung. Durch sachgerechte Nutzung und Instandhaltung ist eine maximal lange Funktionstüchtigkeit anzustreben. Ist die Funktionstüchtigkeit in Frage gestellt (Bauschaden), gilt es abzuklären, welche Mängel dazu geführt haben, und es ist ein entsprechendes Sanierungskonzept auszuarbeiten.

Im Rahmen solcher Sanierungsentscheidungen sollen jeweils auch Varianten geprüft werden, mit denen der Wärmeschutz verbessert werden kann. Die dadurch entstehenden Mehraufwendungen können, gegenüber einer Variante ohne Verbesserung des Wärmedämmvermögens, evtl. derart gering sein, dass sie sich auch aus rein wirtschaftlichen Überlegungen vertreten lassen.

Beispiel Putz- und Risses Schäden oder Betonsanierung

Wenn bei Aussenwänden mit Putz- und Risses Schäden der äussere Feuchteschutz nicht mehr gewährleistet ist, müssen sowohl zur Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit wie auch aus ästhetischen Überlegungen Massnahmen getroffen werden. Es können hierfür z.B. folgende Konzepte miteinander verglichen werden:

Conformément à la norme SIA 380/1 (édition 1988), on atteint approximativement les indices énergétiques caractéristiques suivants pour des bâtiments existants ne présentant pas de défauts graves:

- Maisons unifamiliales et bifamiliales
 - Prép. d'eau chaude par chaudière combinée $E_c = 700 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Prép. d'eau chaude séparée, électrique $E_{ch} = 575 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- Maisons plurifamiliales
 - Prép. d'eau chaude par chaudière combinée $E_c = 725 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Prép. d'eau chaude séparée, électrique $E_{ch} = 575 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Après un assainissement général, les valeurs suivantes sont considérées comme bonnes selon la norme SIA 380/1:

- Maisons unifamiliales et bifamiliales
 - Prép. d'eau chaude par chaudière combinée $E_c = 500 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Prép. d'eau chaude séparée, électrique $E_{ch} = 400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- Maisons plurifamiliales
 - Prép. d'eau chaude par chaudière combinée $E_c = 550 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Prép. d'eau chaude séparée, électrique $E_{ch} = 400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Pour des nouveaux bâtiments, on s'efforcera d'atteindre les valeurs-cibles suivantes selon norme SIA 380/1:

- Maisons unifamiliales et bifamiliales
 - Prép. d'eau chaude par chaudière combinée $E_c = 400 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Prép. d'eau chaude séparée, électrique $E_{ch} = 310 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
- Maisons plurifamiliales
 - Prép. d'eau chaude par chaudière combinée $E_c = 410 \text{ MJ/m}^2\text{a}$
 - Prép. d'eau chaude séparée, électrique $E_{ch} = 280 \text{ MJ/m}^2\text{a}$

Standard MINERGIE pour bâtiments anciens

Des bâtiments anciens (construction avant 1990) atteignent le standard MINERGIE si, après un assainissement complet de l'enveloppe et de l'installation de production de chaleur, ils ne dépassent pas une valeur-limite de $E_c = 320 \text{ MJ/m}^2\text{a}$.

Comparativement à la valeur-cible définie dans la norme SIA 380/1 pour de nouveaux bâtiments ($E_c = 400$ ou $410 \text{ MJ/m}^2\text{a}$), ils présentent une consommation d'énergie d'environ 20 % inférieure pour le chauffage et l'eau chaude.

Comparativement à la consommation d'énergie primitive de bâtiments anciens, un assainissement complet de l'enveloppe et des installations techniques permet de parvenir à une consommation diminuée d'un facteur de 2 à 3.

Domages causés par l'humidité à l'intérieur de bâtiments

Avec un bâtiment ancien insuffisamment isolé thermiquement, le risque concernant des dommages causés par l'humidité, par exemple sous forme d'une formation de moisissures, est généralement plus grand qu'avec un bâtiment doté d'une bonne isolation thermique, et l'affectation du bâtiment a par conséquent une plus grande influence sur l'apparition de dommages (production d'humidité, mode de ventilation, ameublement). Si des meubles à surface fermée sont par exemple posés devant des murs extérieurs, la température de surface à l'intérieur est réduite et le risque de formation de moisissures augmente.

Une amélioration thermotechnique de l'enveloppe du bâtiment permet d'atteindre des températures de surface plus élevées à l'intérieur, ce qui contribue considérablement à diminuer un risque de dommages par l'humidité.

Précaution à prendre lors de la pose de nouvelles fenêtres!

En remplaçant d'anciennes fenêtres inétanches procurant une mauvaise isolation thermique, on dispose d'une part d'un très grand potentiel d'économie d'énergie tout en améliorant considérablement le confort (voir chapitre 3, illustration 2). D'autre part, des fenêtres étanches à l'air permettent de réduire très sensiblement un renouvellement d'air incontrôlé et donc un échange d'humidité qui est généralement à l'origine d'une augmentation du taux d'humidité de l'air. Sans amélioration simultanée de l'enveloppe opaque du bâtiment et/ou des mesures conçues pour garantir un renouvellement d'air suffisant (comportement des utilisateurs du bâtiment, équipements de ventilation), le risque de dommages causés par l'humidité peut augmenter considérablement après le remplacement des fenêtres.

Défauts et dommages de parties de construction

Chaque matériau et chaque élément de construction sont soumis à un vieillissement normal. On s'efforce en l'occurrence de parvenir à une aptitude fonctionnelle maximale moyennant un usage et une maintenance conformes aux règles de l'art. Si l'aptitude fonctionnelle est remise en question (dommage quelconque), on examinera quel défaut est à l'origine de cette situation avant d'élaborer un concept d'assainissement correspondant.

Dans le cadre de pareilles décisions d'assainissement, on examinera également chaque fois des variantes susceptibles de garantir une amélioration de l'isolation thermique. Comparativement à une variante sans amélioration de l'isolation thermique, les dépenses supplémentaires ainsi occasionnées peuvent être tellement modestes qu'elles se justifient alors amplement pour des raisons purement économiques.

Exemple de dommages de l'enduit, de dommages par fissuration ou d'assainissement du béton

Lorsque des murs extérieurs ne sont plus en mesure de garantir la protection extérieure requise contre l'humidité en raison de domma-

Putz- und Rissanierung, womit die Aussenwand so weit instand gestellt wird, dass sie wieder funktionstüchtig ist

«Sanieren» der Putz- und Risschäden durch das Anbringen einer zusätzlichen, äusseren Wärmedämmschicht, z.B. verputzt oder mit hinterlüfteter Fassadenbekleidung. Die Aussenwand kann damit nicht nur die ihr angestammte Funktion erfüllen, sie wird damit auch neuen Erkenntnissen und Anforderungen angepasst, und es wird ein echter Mehrwert erzielt.

Dasselbe gilt auch für schadhafte Sichtbetonbauten (ungenügende Überdeckung der Bewehrung, Korrosion, Betonabplatzungen). Neben einer eigentlichen Betonsanierung eignet sich meist auch eine Aussenwärmedämmung zur «Behebung» der vorhandenen Mängel und Schäden.

Beispiel Flachdacheerneuerung

Bei Flachdächern geht man von einer Nutzungszeit von etwa 30 Jahren aus. Wenn das Flachdach regelmässig kontrolliert und unterhalten wird, kann der optimale Zeitpunkt für eine Erneuerung ermittelt werden. Das Flachdach soll erneuert werden, bevor ein Mangel (z.B. undichte Abdichtung) zu einer Schädigung von einzelnen Schichten (z.B. zu einer Durchfeuchtung der Wärmedämmschicht) führt.

Die bestehende, noch trockene und funktionstüchtige Wärmedämmschicht kann in solchen Fällen beibehalten werden, und durch Aufbringen zusätzlicher Wärmedämmschichten (z.B. im Doppeldach- oder Plusdachsystem) lässt sich der Wärmeschutz den neuen Anforderungen anpassen.

ges de l'enduit ou de dommages par fissuration, il convient de prendre des mesures aussi bien pour assurer l'aptitude fonctionnelle du bâtiment que pour répondre à certaines préoccupations d'ordre esthétique. Dans ce contexte, on peut par exemple comparer les concepts suivants entre eux:

- Assainissement de l'enduit et des fissures pour faire en sorte que le mur extérieur soit à nouveau capable de remplir irréprochablement sa fonction
- «Assainissement» des dommages de l'enduit et des dommages par fissuration par application d'une couche supplémentaire d'isolation thermique extérieure, par exemple en combinaison avec un crépissage ou un revêtement ventilé de façade. Le mur extérieur peut ainsi non seulement remplir sa fonction originelle, mais aussi s'adapter à de nouvelles connaissances et exigences tout en conférant une véritable plus-value au bâtiment.

Les mêmes réflexions s'appliquent également à des ouvrages en béton apparent présentant des dégradations (recouvrement insuffisant de l'armature, corrosion, éclatements du béton). Outre un véritable assainissement du béton, la mise en place d'une isolation thermique extérieure convient généralement pour «remédier» aux dommages et défauts constatés.

Exemple d'assainissement de toit plat

Avec des toits plats, on table en général sur une durée d'utilisation d'une trentaine d'années. Si le toit plat fait l'objet d'un contrôle et d'un entretien réguliers, on peut déterminer le moment optimal pour procéder à sa rénovation. Le toit plat sera rénové avant qu'un défaut (par exemple étanchéité défectueuse) entraîne un endommagement de différentes couches (par exemple imbibition de la couche d'isolation thermique).

Dans des cas pareils, l'ancienne couche d'isolation thermique encore sèche et fonctionnelle peut être conservée, l'isolation thermique pouvant en l'occurrence s'adapter aux nouvelles exigences requises par l'application de couches supplémentaires (par exemple système de double toit ou de toit Plus).

Veränderungen im Umfeld der Heizung

Im Bereich der Heizungs- und Lüftungstechnik sind die Entwicklungen enorm, es stehen in kurzen Zeitabschnitten immer wieder Systeme mit verbesserten Leistungen (z.B. Wirkungsgrad) zur Verfügung, und solche Massnahmen lassen sich meist auch wirtschaftlich begründen. Wenn Veränderungen im Bereich der Haustechnik frühzeitig geplant und nicht erst dann ausgeführt werden, wenn etwas nicht mehr funktioniert, dann bleibt meist nur noch

Modifications de l'environnement de chauffage

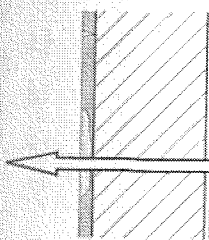
Dans le domaine de la technique de chauffage et de ventilation, les progrès sont énormes, de nouveaux systèmes caractérisés par des performances améliorées (par exemple rendement) font leur apparition à de très brefs intervalles et de pareilles mesures peuvent généralement aussi se justifier sur le plan économique. Si des modifications dans le domaine de la technique du bâtiment sont planifiées relativement tôt et ne peuvent ensuite pas être exécutées parce que

Aussenwand bestehend

Verbandmauerwerk verputzt,
Risse- und Putzschäden

Mur extérieur existant

Maçonnerie composée crépie,
dommages de l'enduit ou
dommages par fissuration



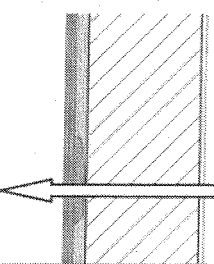
$$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Aussenwand saniert

Verschiedene Systeme, mit oder
ohne zusätzlichen Wärmeschutz

Mur extérieur assaini

Différents systèmes, avec ou sans
isolation thermique supplémentaire



Putzsaniierung
Assainissement
de l'enduit

$$U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Aussenwärmedämmung verputzt

Isolation thermique
extérieure crépie

d = 14 cm



$$U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Aussenwärmedämmung mit Fassadenbekleidung

Isolation thermique
extérieure avec
revêtement de façade

d = 14 cm



$$U = 0,23-0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$$

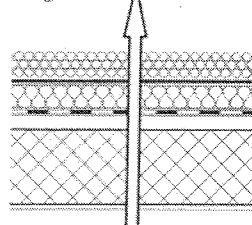
(je nach Befestigung)
(selon mode de fixation)

Flachdach bestehend

Warmdach mit Kiesschutzschicht

Toit plat existant

Toit semi-ventilé avec couche
de gravier



d = 6 cm

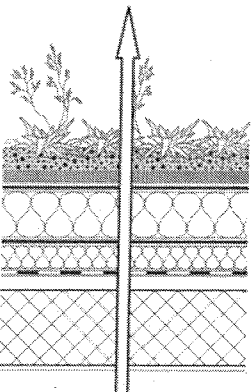
$$U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Flachdach saniert

Doppeldach mit Extensivbegrünung

Toit plat assaini

Double toit avec végétation extensive



d = 12 cm
d = 6 cm

$$U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Abbildung 1:
Verbesserung des Wärmeschutzes bei Aussenwand mit Putz- und Risschäden oder bei Flachdacheerneuerung

Illustration 1:
Amélioration de l'isolation thermique d'un mur extérieur avec dommages de l'enduit par fissuration ou rénovation d'un toit plat

der Ersatz, kann auch die Gebäudehülle in die Überlegungen mit einbezogen werden. Es kann z.B. interessant sein, gleichzeitig den Wärmeschutz zu verbessern, um dann nur noch einen erheblich kleineren Energiebedarf abdecken zu müssen. Insbesondere dann, wenn erneuerbare Energieträger zur Diskussion stehen, ist die Grösse des Energiebedarfs ein Thema.

Was nicht passieren sollte, ist ein unkoordiniertes Vorgehen, z.B. ein Ersatz der Heizung kurz bevor die Gebäudehülle wärmetechnisch verbessert wird, was zwangsläufig zu einer erheblichen Überdimensionierung führt. Auch umgekehrt lassen sich die durch bauliche Massnahmen ausgewiesenen Energieeinsparungen kaum erzielen, wenn im Rahmen einer solchen Veränderung nicht auch die Heizung den neuen Bedingungen angepasst wird.

Nutzungsänderung

Wenn durch eine Nutzungsänderung die Raumlufttemperatur erhöht wird, führt dies zu einer grösseren «bauphysikalischen Beanspruchung» der Gebäudehülle (Temperatur/Feuchtigkeit) und zu einem höheren Heizenergiebedarf. Solche Nutzungsänderungen gelten als erheblich und bedingen in der Regel eine wärmetechnische Anpassung der Gebäudehülle oder einzelner Bauteile.

Verbessern des Wohnwertes

Durch Anpassung des Wärmeschutzes wird die Behaglichkeit verbessert und damit zu einem höheren Wohnwert beigetragen (vgl. Kapitel 3.1). Auch solche Überlegungen können Motivation für eine wärmetechnisch/energetische Gebäudesanierung sein.

4.2 Konzeptionelle Überlegungen

Bei wärmetechnisch/energetischen Gebäudesanierungen werden Massnahmen oft in einzelnen Etappen ausgeführt. Solche kurz-, mittel- und längerfristig geplanten Veränderungen sollen so aufeinander abgestimmt werden, dass die eine Massnahme nicht durch eine vorangegangene erschwert oder gar verunmöglicht wird (vgl. Abbildung 2).

Es geht z.B. viel Substanz verloren, wenn ein Flachdach kurz vor der Aussenwand saniert wird, ohne dass daran gedacht wird, die Spenglerarbeiten so auszuführen, dass die beiden Bauteile im Dachrandbereich funktionstüchtig miteinander verbunden werden können; oder wenn neue Fenster eingebaut werden, ohne dass berücksichtigt wird, dass es optimal wäre, wenn mit der Aussen-dämmung auch die Leibungen wärmegeklämt werden könnten!

quelque chose ne fonctionne plus, il ne reste alors généralement plus qu'à procéder à une opération de remplacement, l'enveloppe du bâtiment pouvant en l'occurrence s'inclure au contexte de l'étude. Il peut par exemple être intéressant d'améliorer simultanément l'isolation thermique pour ne devoir couvrir par la suite qu'une demande énergétique beaucoup plus faible. L'importance de la demande énergétique est un sujet crucial tout spécialement si l'on envisage d'avoir recours à des porteurs d'énergie renouvelables.

Il convient de ne pas agir d'une manière désordonnée, par exemple en remplaçant l'installation de chauffage peut avant de procéder à l'amélioration thermotechnique du bâtiment, ce qui entraîne obligatoirement un important surdimensionnement. Inversement, des économies d'énergie fondées sur des mesures architecturales ne sont guère réalisables si, dans le cadre d'une pareille modification, on n'adapte pas également l'installation de chauffage aux nouvelles conditions.

Changement d'affectation

Si la température de l'air ambiant augmente consécutivement à un changement d'affectation, il en résulte une trop grande «solicitation physique» de l'enveloppe du bâtiment (température/humidité) et une demande plus élevée d'énergie de chauffage. De pareils changements d'affectation sont considérés comme importants et nécessitent en règle générale une adaptation thermotechnique de l'enveloppe du bâtiment ou de certaines parties de construction.

Amélioration de la valeur résidentielle

En adaptant l'isolation thermique, on améliore le confort et on contribue ainsi à faire bénéficier la valeur résidentielle d'une véritable plus-value (voir chapitre 3.1). De pareilles réflexions peuvent également constituer une motivation pour procéder à un assainissement thermotechnique/énergétique du bâtiment.

4.2 Réflexions conceptuelles

En procédant à l'assainissement thermotechnique/énergétique d'un bâtiment, les différentes mesures sont souvent réalisées par étapes successives. De pareilles modifications planifiées à court, à moyen et à long terme doivent se succéder de telle sorte qu'une mesure ne soit pas rendue plus difficile ou même impossible par une mesure exécutée précédemment (voir illustration 2).

On perd par exemple beaucoup de substance en assainissant un toit plat peu avant d'assainir une façade sans penser en l'occurrence aux travaux de ferblanterie qui peuvent très judicieusement se combiner puisqu'ils concernent les deux parties de construction au droit de la rive du toit – ou en posant de nouvelles fenêtres sans prendre en considération que la solution optimale consisterait à réaliser l'isolation thermique des embrasures simultanément à l'application de l'isolation extérieure!

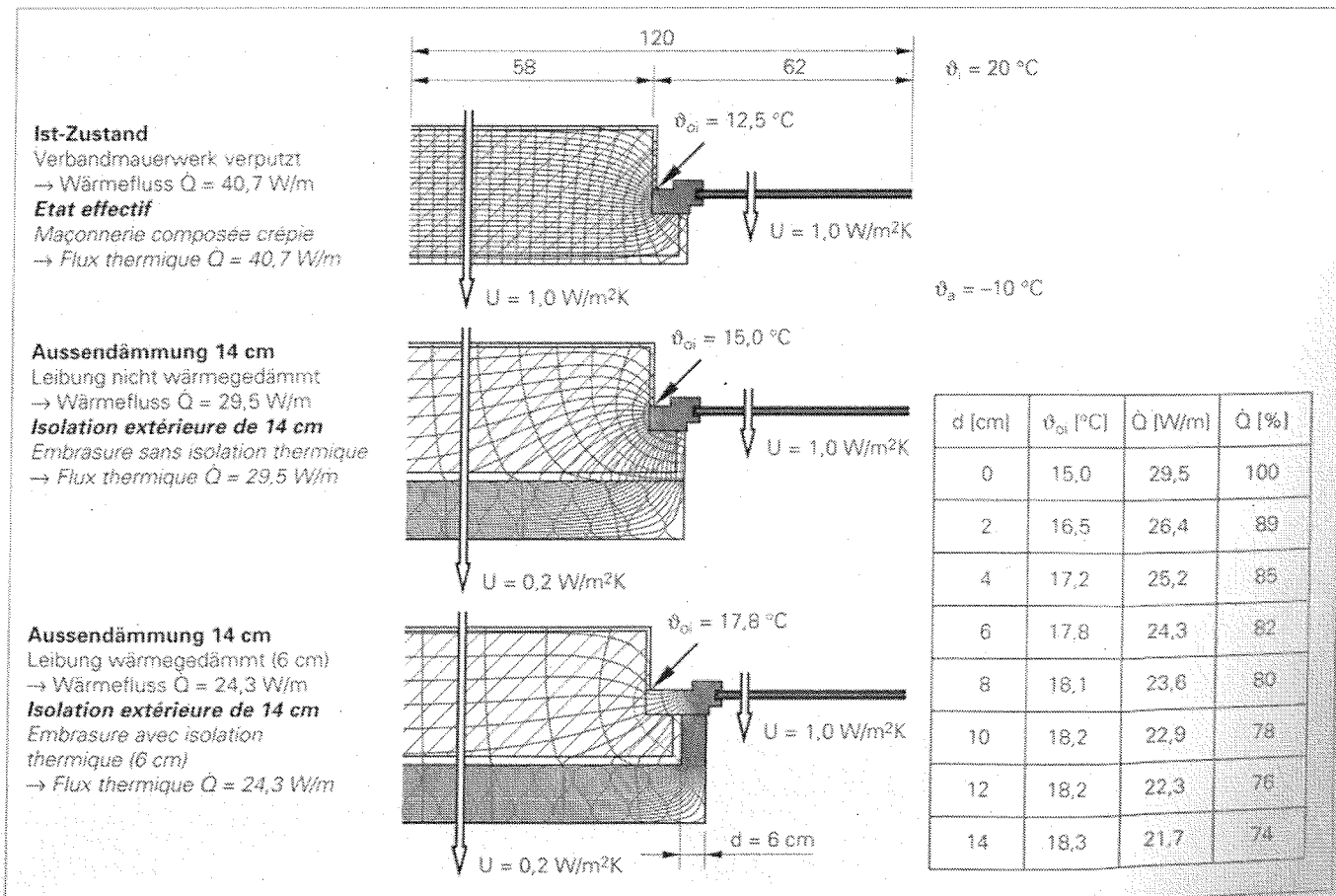


Abbildung 2:
Auswirkung der Wärmedämmung im Leibungsbereich; die ersten
cm zeigen die grösste Wirkung!

Illustration 2:
Effet de l'isolation thermique dans la zone des embrasures; les
premiers centimètres présentent les effets les plus importants!

Bauteile vor und nach der wärmetechnischen Sanierung
Parties de construction avant et après l'assainissement thermotechnique

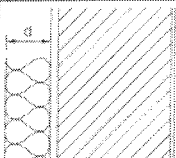
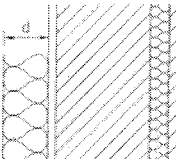
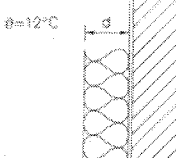
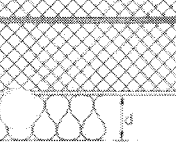
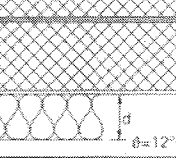
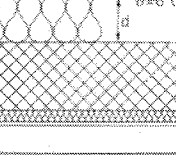
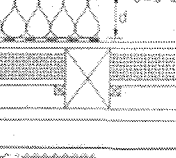
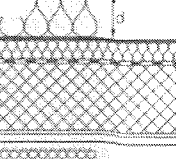
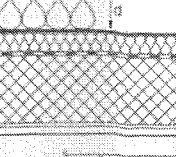
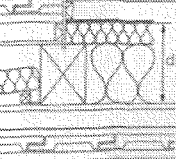
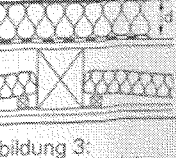
	d	U	Transmissionswärmeverlust Déperditions de chaleur par transmission	Energieverbrauch ($\eta=0,9$) Cons. d'énergie ($\eta=0,9$)
	[m]	[W/m ² K]	[kWh/m ² a]	[Liter Öl/m ² a] [litres mazout/m ² a]
 Aussenwand / mur extérieur Verbandmauerwerk verputzt, mit zusätzlicher Aussendämmung (Kompaktfassade o.Ä.) Maçonnerie composée crépie, avec isolation extérieure complémentaire (façade compacte, etc.)	0,00	1,00	89,21	9,92
	0,10	0,26	23,61	2,62
	0,12	0,23	20,59	2,29
	0,14	0,20	18,25	2,03
	0,16	0,18	16,39	1,82
	0,18	0,17	14,87	1,65
 Aussenwand / mur extérieur Mauerwerk mit 4 cm dicker Innendämmung und Vormauering, mit zusätzlicher Aussendämmung (Kompaktfassade o.Ä.) Maçonnerie avec isolation intérieure de 4 cm d'épaisseur et doublage, avec isolation extérieure complémentaire (façade compacte, etc.)	0,00	0,54	47,96	5,33
	0,08	0,24	21,85	2,43
	0,10	0,22	19,24	2,14
	0,12	0,19	17,18	1,91
	0,14	0,17	15,52	1,72
	0,16	0,16	14,15	1,57
 Aussenwand / mur intérieur Nicht wärmedämmte Wand zwischen beheiztem und nicht beheiztem Raum, mit zusätzlicher Wärmedämmschicht Mur sans isolation thermique entre un local chauffé et un local non chauffé, avec couche d'isolation thermique complémentaire	0,00	1,67	73,28	8,15
	0,06	0,44	19,40	2,16
	0,08	0,35	15,58	1,73
	0,10	0,30	13,02	1,45
	0,12	0,25	11,18	1,24
	0,14	0,22	9,79	1,09
 Boden über Aussenluft / sol sur vide sanitaire Zementunterlagsboden über Korkschrötmatte o.Ä., zusätzliche Wärmedämmschicht an Deckenuntersicht Sous-plancher en ciment sur natte de granulés de liège, etc., couche d'isolation thermique complémentaire sur la face inférieure du plancher	0,00	1,72	153,81	17,10
	0,10	0,30	26,57	2,95
	0,12	0,26	22,80	2,53
	0,14	0,22	19,96	2,22
	0,16	0,20	17,75	1,97
	0,18	0,18	15,99	1,78
 Boden über Keller / sol sur cave Zementunterlagsboden über Korkschrötmatte o.Ä., zusätzliche Wärmedämmschicht an Deckenuntersicht Sous-plancher en ciment sur natte de granulés de liège, etc., couche d'isolation thermique complémentaire sur la face inférieure du plancher	0,00	1,72	75,81	8,43
	0,06	0,45	19,57	2,18
	0,08	0,36	15,69	1,74
	0,10	0,30	13,09	1,46
	0,12	0,26	11,24	1,25
	0,14	0,22	9,84	1,09
 Decke gegen Estrich / plafond contre combles Stahlbetondecke mit 3 cm dicker Innenwärmedämmung, zusätzliche Wärmedämmschicht über der Decke Dalle de béton armé avec isolation thermique intérieure de 3 cm d'épaisseur, couche d'isolation thermique complémentaire sur la dalle	0,00	0,97	74,70	8,30
	0,08	0,31	23,66	2,63
	0,10	0,26	20,21	2,25
	0,12	0,23	17,63	1,96
	0,14	0,20	15,64	1,74
	0,16	0,18	14,06	1,56
 Decke gegen Estrich / plafond contre combles Balkenlage mit Schüttung, zusätzliche Wärmedämmschicht über dem Bretterboden Poutrelles avec matériau en vrac, couche d'isolation thermique complémentaire sur le plancher	0,00	0,77	59,19	6,58
	0,08	0,28	21,85	2,43
	0,10	0,25	18,87	2,10
	0,12	0,22	16,61	1,85
	0,14	0,19	14,83	1,65
	0,16	0,17	13,39	1,49
 Flachdach / toit plat Warmdach mit 5 cm dicker Wärmedämmschicht, Sanierung im Doppeldachsystem mit zusätzlicher Wärmedämmschicht Toit semi-ventilé avec couche d'isolation thermique de 5 cm d'épaisseur, assainissement par système de double toiture avec couche d'isolation thermique complémentaire	0,00	0,64	57,18	6,36
	0,10	0,23	20,57	2,29
	0,12	0,20	18,23	2,03
	0,14	0,18	16,37	1,82
	0,16	0,17	14,86	1,65
	0,18	0,15	13,60	1,51
 Flachdach / toit plat Warmdach mit 5 cm dicker Wärmedämmschicht, Sanierung im Plusdachsystem mit zusätzlicher Wärmedämmschicht Toit semi-ventilé avec couche d'isolation thermique de 5 cm d'épaisseur, assainissement par système de double toiture avec couche d'isolation thermique complémentaire	0,00	0,64	57,18	6,36
	0,10	0,25	22,64	2,52
	0,12	0,23	20,20	2,24
	0,14	0,20	18,23	2,03
	0,16	0,19	16,61	1,85
	0,18	0,17	15,26	1,70
 Steildach / toit à pans inclinés Kaltdach mit 6 cm dicker Wärmedämmschicht, Sanierung mit Sparrenvoldämmung + evtl. Zusatzdämmung über dem Sparren Toit ventilé avec couche d'isolation thermique de 6 cm d'épaisseur, assainissement par isolation intégrale du chevronnage + év. isolation complém. sur les chevrons	0,00	0,63	55,76	6,20
	0,14	0,29	25,96	2,89
	0,16	0,26	23,15	2,57
	0,18	0,23	20,61	2,29
	0,20	0,21	18,56	2,06
	0,22	0,19	16,89	1,88
 Steildach / toit à pans inclinés Kaltdach mit 6 cm dicker Wärmedämmschicht, Sanierung mit zusätzlichem Warmdachaufbau Toit ventilé avec couche d'isolation thermique de 6 cm d'épaisseur, assainissement par structure supplémentaire de toit semi-ventilé	0,00	0,63	55,76	6,20
	0,10	0,23	20,38	2,27
	0,12	0,20	18,08	2,01
	0,14	0,18	16,25	1,81
	0,16	0,17	14,76	1,64
	0,18	0,15	13,52	1,50

Abbildung 3:
Wärmetechnische/energetische Auswirkungen von Massnahmen an Einzelbauteilen

Illustration 3:
Effets thermotechniques/énergétiques de mesures sur certaines parties de construction

4.3 Einzuhaltende Anforderungen

Bei baulichen Änderungen und erheblichen Nutzungsänderungen oder wenn an einem Bauteil mehr als blosser Reparatur- oder Unterhaltsarbeiten vorgenommen werden, sind in der Regel als Mindestanforderung etwa folgende Wärmedurchlasskoeffizienten U einzuhalten:

Bauteil	U-Wert (W/m ² K)
- Bauteile gegen Aussenklima	0,4
- Flach- und Steildächer	
- Aussenwände	
- Bodenkonstruktionen	
- Bauteile zu nicht beheizten Räumen oder Erdreich	0,5
- Wände	
- Decken und Böden	
- Fenster, Fenstertüren, Türen und Tore	2,0

Weil die «Grundkosten» für wärmetechnische Verbesserungen relativ gross sind, ist es wirtschaftlich, wenn ein besserer Wärmeschutz angestrebt wird, als es gesetzlich erforderlich wäre. Die Mehrpreise für dickere Wärmedämmschichten sind in der Regel eher gering, und betreffend Ausführung resultieren dadurch kaum höhere Aufwendungen.

Falls das Ziel besteht, das Gebäude so weit zu verbessern, dass der MINERGIE-Standard von $E_w \leq 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erreicht werden kann, sind erheblich bessere U-Werte erforderlich; man muss sich an U-Werten für Aussenbauteile um etwa $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ orientieren.

4.4 Energiesparpotenzial von Einzelmassnahmen

Basierend auf bestehenden Bauteilen, wie sie häufig vorhanden sind, wird in Abbildung 3 exemplarisch gezeigt, wie gross das zu erzielende Energiesparpotenzial pro m² Bauteil in etwa im Mittelland (Klimastation «Zürich SMA») ist.

4.5 Auswirkungen/Nutzen

Mit wärmetechnischen Massnahmen an der Gebäudehülle und Anpassungen im Bereich der Heizungs- und Lüftungstechnik kann der Energieverbrauch in der Regel erheblich reduziert werden. Diese Energieeinsparung lässt sich aber wegen der tiefen Energiepreise aus rein wirtschaftlichen Überlegungen oft nicht rechtfertigen. Damit sich solche Massnahmen trotzdem begründen lassen, braucht es oft zusätzliche Argumente wie:

- Höherer Wohnwert dank verbesserter Behaglichkeit und als Folge davon ein geringerer Mieterwechsel mit entsprechenden Kosteneinsparungen
- Werterhaltung der Liegenschaft, Vermeiden einer Verslumung
- Geringeres Schadenrisiko in Form von Schimmelpilzbildung o.Ä.
- Teilweise nur geringer Mehraufwand im Vergleich zu einer reinen Behebung von Mängeln und Schäden, ohne Verbesserung des Wärmeschutzes
- Verminderung der Umweltbeeinträchtigung (z.B. Treibhauseffekt) durch Reduktion der Betriebsenergie. Evtl. Substituieren von nicht erneuerbarer durch erneuerbare Energie, was durch einen relativ kleinen Energieverbrauch begünstigt wird.

4.3 Exigences à respecter

Si l'on effectue des modifications architecturales, si l'on procède à un important changement d'affectation ou si l'on exécute davantage que de simples travaux de réparation ou de maintenance sur une partie de construction, on respectera en règle générale les coefficients de transmission de chaleur U suivants comme exigence minimale requise:

Partie de construction	Coefficient U (W/m ² K)
- Parties de construction exposées au climat extérieur	0,4
- Toits plats et toits à pans inclinés	
- Murs extérieurs	
- Fonds	
- Parties de construction contre locaux non chauffés ou terrain	0,5
- Parois	
- Sols et plafonds	
- Fenêtres, portes-fenêtres, portes	2,0

Comme les «coûts de base» pour la réalisation d'améliorations thermotechniques sont relativement importants, il est rentable de viser une meilleure isolation thermique en partant de l'idée qu'elle serait imposée par la loi. Les suppléments de prix pour des couches d'isolation thermique plus épaisses sont en règle générale plutôt modérés, et il n'en résulte guère de dépenses supplémentaires en ce qui concerne l'exécution.

Si l'objectif consiste à améliorer le bâtiment jusqu'au point d'atteindre le standard MINERGIE de $E_c \leq 90 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, des coefficients U nettement meilleurs sont indispensables; il faut en l'occurrence se baser sur des coefficients U d'environ $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ pour des parties de construction extérieures.

4.4 Potentiel d'économie d'énergie par des mesures individuelles

En se basant sur des parties de construction existantes telles qu'elles se présentent usuellement, l'illustration 3 montre l'importance du potentiel d'économie d'énergie réalisable par m² de partie de construction sur le Plateau suisse (station climatique de «Zürich SMA»).

4.5 Effets / utilité

Moyennant l'application de mesures thermotechniques à l'enveloppe d'un bâtiment et diverses adaptations au niveau de la technique de chauffage et de ventilation, il est en règle générale possible d'abaisser considérablement la consommation d'énergie. Cette économie d'énergie ne peut toutefois souvent pas se justifier en se basant sur des réflexions purement économiques en raison du prix modique de l'énergie.

Pour justifier néanmoins de pareilles mesures, il faut souvent avoir recours à des arguments supplémentaires tels que ceux-ci:

- Accroissement de la valeur résidentielle grâce à un confort amélioré et, par conséquent, changement moins fréquent de locataires et réduction des frais correspondants
- Conservation de la valeur du bien immobilier et empêchement d'une dégradation à caractère de campement
- Amoindrissement du risque de dommages par la formation de moisissures, etc.
- Dépense supplémentaire parfois assez modeste comparativement à une pure suppression des dommages et défauts non assortie d'une amélioration de l'isolation thermique
- Diminution de l'influence environnementale défavorable (par exemple effet de serre) par réduction de la consommation d'énergie d'exploitation. Eventuellement substitution d'une énergie non renouvelable par une énergie renouvelable, substitution favorisée par une consommation d'énergie relativement modeste.