Die Wirtschaftlichkeit einer nachträglichen Wärmedämmung

Autor(en): **Bargetzi, Simon / Weiersmüller, René**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 29

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85506

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schlussfolgerung

Bild 6 zeigt den Energieverbrauch der beiden Wohnsiedlungen Gattikon und Zürich-Höngg im Vergleich mit dem schweizerischen Landesdurchschnitt. Es folgt daraus (Bild 6):

a) Vom energetischen, vom volkswirtschaftlichen und vom bautechnischen Gesichtspunkt aus betrachtet, sollten für die Gebäudehüllen mit Dämmstoffen von λ = 0,03 kcal/mh °C Isolierstärken von 10 bis 15 cm unbedingt angestrebt werden. Durch richtige Bemessung des Wärmeschutzes und durch Verzicht auf überflüssige Glasflächen ist es möglich – *ohne Erhöhung der Baukosten –, den Energieverbrauch von Neubauten auf die Hälfte des üblichen Wertes zu senken.*

   Das Problem der *Nachisolation* von bestehenden Bauten sei hier nur erinnerungshalber erwähnt. Hier stellen sich Aufgaben, welche die Bautechnik noch lange beschäftigen werden. Die oben zitierten grundsätzlichen Überlegungen gelten auch für diesen Fall.

b) Wenn geeignete Heiz- und Wärmemess-Systeme vorhanden sind, mit denen es möglich ist, den Wärmeverbrauch einer Miet- oder Besitz-Einheit *einfach und genau regeln, messen und berechnen* zu können, dann ist der Bewohner bereit, auf unnötigen Komfort zu verzichten und *den Wärmeverbrauch um eine weitere Hälfte zu reduzieren.* Dies erfolgt hauptsächlich durch Abstufen der Raumtemperaturen gemäss Raumzweck und durch sinnvolles Lüften.

Die Elektroheizung mit dem individuellen Raumspeicher erfüllt alle genannten Bedingungen optimal. *Denkbar sind aber auch Vorrichtungen und Apparate mit anderen Energieträgern.* Hier stellen sich sehr interessante und dankbare Aufgaben für die Heizungs-, Regel- und Messtechnik.

Die Raumheizung beansprucht rund die Hälfte der jährlich verbrauchten Gesamtenergie. Sie ist somit der grösste Energiekonsument. Es wurde am gebauten Objekt gezeigt, dass dieser Verbrauch durch Wärmedämmung auf die Hälfte reduziert und durch betriebliche Massnahmen bzw. durch geeignete Heizsysteme nochmals halbiert werden kann (Bild 7).

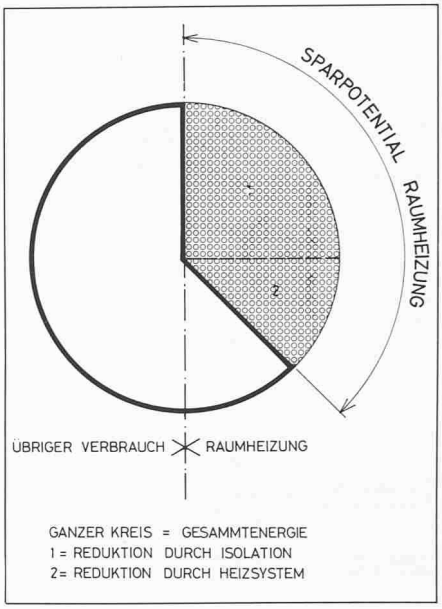


Bild 7. Mögliche Energiereduktion

Das Sparpotential der Raumheizung liegt somit bei 75 Prozent, d. h. wenn der heutige Verbrauch 1,0 ist, dann lässt er sich auf 0,25 reduzieren!

Adresse des Verfassers: F. Venosta, Architekt, Olgastr. 10, 8001 Zürich

Die Wirtschaftlichkeit einer nachträglichen Wärmedämmung

Von Simon Bargetzi, Bösingen und René Weiersmüller, Schlieren

Die Umweltbelastung durch Luftverunreinigungen aus Heizungen, die sich anbahnende Verknappung sowie auch die Verteuerung der fossilen Brennstoffe stellen die Behörden und die Bauschaffenden vor einige Probleme. Diese Tatsache führt zwangsläufig auf Fragen möglicher Abwehrmassnahmen. Es drängen sich unter anderem Massnahmen des Wärmeschutzes und besonders solche der Wärmedämmung auf. Die jährliche Zunahme des beheizten Bauvolumens nimmt gegenüber der bestehenden Bausubstanz einen eher kleinen Wert ein; am bestehenden Bauvolumen kann somit durch Wärmeschutzmassnahmen gesamtschweizerisch ein grosser Spareffekt erzielt werden. Die Aktivitäten sollten deshalb in diesem Bereich verstärkt werden.

Nachträgliche Wärmeschutzmassnahmen an bestehenden Bauten sind meist mit hohen Kosten verbunden, die sich aus Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten zusammensetzen. Die Wirtschaftlichkeit ist insbesondere auch von der Amortisationszeit abhängig und beeinflusst im wesentlichen den freien Entscheid einer Wärmeschutzmassnahme.

Mit der hier vorliegenden Arbeit soll zumindest versucht werden, einen gangbaren Lösungsweg wirtschaftlicher Wärmedämm-Massnahmen an bestehenden Gebäuden zu erläutern und die Diskussion darüber anzuregen.

Probleme der Nachisolation

Bei der Nachisolation von bestehenden Bauten ist eine bunte Palette von Problemen und Schwierigkeiten anzutreffen. *Trotz vielen Lösungsmöglichkeiten fristet die wärmetechnische Altbausanierung ein Schattendasein;* ein Durchbruch auf breitester Basis ist noch in weiter Ferne. Mangelt es:

- am Wissen bzw. an der Technik,
- an der Ausbildung der Fachleute,
- an Informationsmöglichkeiten, insbesondere auch für den Bauherrn,
- an Anreizen wie staatlicher Finanzhilfe

oder fehlt es an einem einfachen und leicht zu handhabenden Instrument zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit?

Sicher wurde in bezug auf die Ausbildung der Fachleute bis heute einiges unterlassen. Hingegen sind weite Kreise der Bevölkerung durch Kampagnen von Presse, Radio und Fernsehen über Bedeutung und Notwendigkeit des Energiesparens und die sich daraus ergebenden Vorteile eingehend informiert worden. Der Erfolg blieb den Initianten jedoch grösstenteils versagt.

Bei konsequenter Einhaltung der verschiedenen Empfehlungen sind Misserfolge kaum möglich. Eine echte Verbesserung der thermischen und akustischen Konstruktion der Gebäudehülle (Dächer, Aussenwände und Böden, Fenster und Türen) sowie ein richtiges Lüftungsverhalten sind nur von Vorteil. Daneben kann durch die Reduktion der Raumlufttemperatur bei gleichbleibender Behaglichkeit der Wärmebedarf zusätzlich gesenkt werden.

Vorgehen

Der Energieverbrauch kann bei vergleichbar genutzten Bauten stark variieren, so beispielsweise bei Dienstleistungsgebäuden von 1–6, bei Mehrfamilienhäuser von 1–4 und bei Einfamilienhäuser von 1–5 Einheiten.
Welche Instrumente stehen uns heute zur Verfügung, um die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von Nachisolationen beantworten zu können? In der Literatur findet man sehr wenig Angaben über solche Berechnungsverfahren. Dies hat uns herausgefordert, an diese Probleme heranzugehen und mögliche Lösungswege zu suchen. Wir sind zur Überzeugung gelangt, dass mit dem hier vorliegenden Vorschlag - bei Einhaltung aller übrigen Bedingungen und Voraussetzungen - die Wirtschaftlichkeit von Nachisolationen in bestimmten Fällen nachgewiesen werden kann.

Lösungsweg

Beim Entscheid einer nachträglichen Wärmedämm-Massnahme bei Altbauten ist, wie erwähnt, deren Wirtschaftlichkeit, das heisst, der zu erwartende finanzielle Nutzen der Massnahme, von ausschlaggebender Bedeutung. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf *Aussenwände;* sie können aber sinngemäss auch auf Dächer usw. angewendet werden.
Beim *Neubau* mit geplanter Isolation der Aussenmauer kann die Frage nach der günstigsten Isolationsstärke recht genau beantwortet werden. Diese ist - etwa gleichbleibende Applikationskosten und direkt proportionale Isolationsmaterialkosten je Dicke vorausgesetzt - nach Bild 1 bei gleicher Steigung

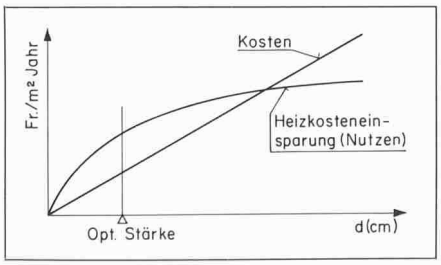


Bild 1. Kosten und Nutzen einer Wandisolation in Abhängigkeit der Isolationsdicke; ohne Applikationskosten

der Kosten- und der Nutzenkurve zu suchen. Selbst unter Einbezug der Applikationskosten (Bild 2, Kurve A) bzw. Gesamtkosten der Mauer (Bild 2, Kurve B) bleibt die optimale Isolationsstärke immer dieselbe.
Für die Kurve B - sie liegt oberhalb der «Einsparungskurve» - liegen die Kosten über dem Nutzen, mit anderen Worten, durch die Anbringung einer Isolation - gleich welcher Stärke - können die Kosten für die Mauer nicht wieder erwirtschaftet werden. Dies ist natürlich auch nicht notwendig; eine Mauer oder etwas Ähnliches ist ja schon aus Gründen der Statik nicht wegzudenken. Die optimale Stärke entspricht hier der kleinsten Differenz zwischen den Kosten und dem Nutzen oder dem geringsten Defizit.
Bei *Altbausanierungen* fallen normalerweise keine Mauerkosten an. Aufwen-

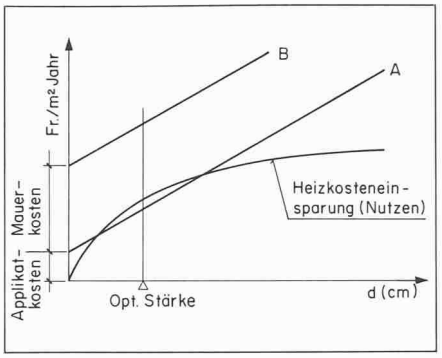


Bild 2. Kosten und Nutzen einer Wandisolation in Abhängigkeit der Isolationsdicke

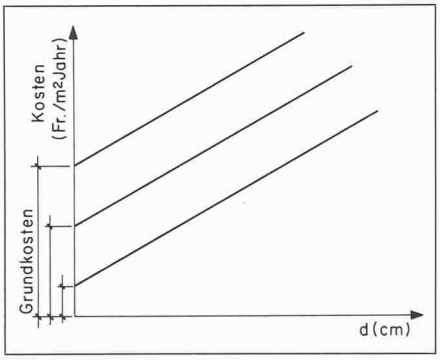


Bild 3. Isolationskosten als Funktion der Isolationsdicke bei verschiedenen Grundkosten

dungen entstehen durch die Applikations- und Nebenarbeiten (Kosten des Baugerüstes, alter Putz entfernen, Anpassungsarbeiten bei Fenster und Läden, evtl. Vorhangfassade, neu verputzen, Malerarbeiten usw.). Diese Kosten - im folgenden als Grundkosten bezeichnet - beeinflussen die Höhe des Achsabschnittes (Bild 3).
Die *Wärmeverluste* und somit die möglichen Einsparungen *vor* Anbringung der Isolation sind ebenfalls wichtig; sie können relativ genau aus dem *k*-Wert

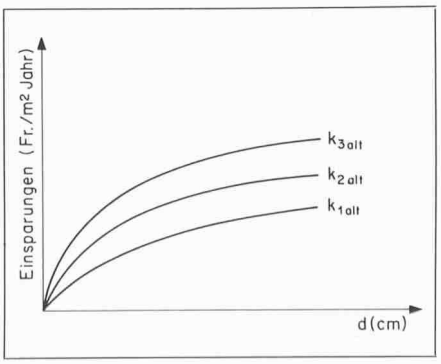


Bild 4. Einsparungen als Funktion der Isolationsdicke bei verschiedenen k-Werten

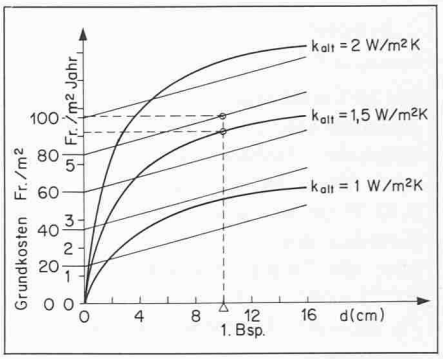


Bild 5. Wirtschaftlichkeit nachträglicher Isolationsmassnahmen

und der Heizgradzahl - besser wäre die während der Heizperiode aufsummierte Temperaturdifferenz - berechnet werden (Bild 4).

Bei Kenntnis aller Randbedingungen wäre es möglich, die Abklärung der Wirtschaftlichkeit von nachträglichen Wärmedämmungsmassnahmen mit Hilfe von Bild 5 auf folgender Zahlenbasis vorzunehmen:

Heizölpreis: Fr. 35.–/100 kg

Jahreswirkungsgrad Heizanlage: η_K = 0,6

Isoliermaterialpreis: Fr. 2.–/m².cm (λ = 0,04 W/m.K)

Annuität:
0,067 (25 Jahre, 4,5%)

Klima: 4300 °Tage

1. Beispiel:
$k_{bestehend}$ = 1,5 W/m² K

Kosten nach Offerte: Grundkosten Fr. 80.–/m², total, inkl. Anpassungsarbeiten. Isolationsmaterialkosten bis 10 cm Fr. 2.–/m².cm.

Optimale Isolationsstärke (gleiche Steigung der Kurve) 10 cm
Totale Isolationskosten Fr. 100.–/m² = Fr. 6.65/m² Jahr
Einsparungen Fr. 6.15/m² Jahr

Wesentlich zweckmässiger als die Kurvenschar nach Bild 5 ist eine Darstellung, die lediglich Auskunft über die Wirtschaftlichkeit der Massnahme bei

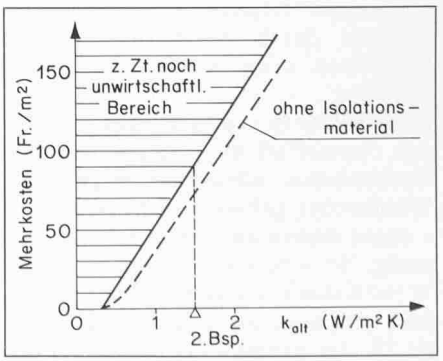


Bild 6. Wirtschaftlichkeit von Nachisolationen; Preis des Isolationsmaterials: Fr. 2.–/m² cm

2. Beispiel:
$k_{bestehend} = 1{,}5\ W/m^2\,K$

Bis zu Totalkosten von Fr. 91.– ist eine Isolation sehr zu empfehlen, wenn die optimale Isolationsstärke gewählt wird. Diese ist auf einen *k*-Wert von 0,32 W/m²K – dem Schnittpunkt der Geraden mit der Abszisse – auszulegen; die Totalkosten setzen sich aus Fr. 71.–/m² Grundkosten und Fr. 20.–/m² Isolationsmaterialkosten zusammen.

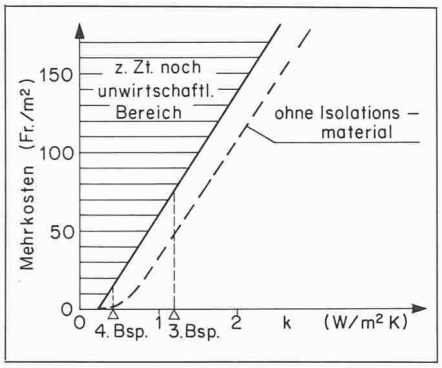


Bild 7. Wirtschaftlichkeit von Nachisolationen; Preis des Isolationsmaterials Fr. 1.–/m² cm

optimaler Isolationsstärke in Abhängigkeit der Totalkosten bzw. des bestehenden k-Wertes gibt (Bilder 6 und 7).

Bei beiden, nahezu identischen Fällen (nach Bild 6 und 7) wird jeweils eine Isolationsstärke vorausgesetzt, die annähernd dem wirtschaftlichen Optimum entspricht; bei einem Isolationsmaterialpreis von Fr. 1.–/m²·cm (Mineralwolle, Normal-Styropor) beträgt sie im Mittelland bei den heutigen Randbedingungen 10– 12 cm, bei einem Preis von Fr. 2.–/m²·cm (gealtertes Styropor) etwa 8–10 cm. Die *Isolationsmaterialkosten sind gegenüber den Grundkosten relativ gering; eine kleinliche Haltung hinsichtlich der Stärke des Isolationsmaterials ist deshalb nicht am Platz.* Zunehmende Anpassungskosten können durch Einsetzen eines höheren Isolationsmaterialpreises ebenfalls berücksichtigt werden; in Anbetracht der ansteigenden Energiepreise und dem Komfortgewinn dürfte sich dieser Einbezug erübrigen. Der durch die geringere Kesselauslastung resultierende schlechtere Kesselwirkungsgrad wird übrigens durch die Verkürzung der Heizsaison etwa kompensiert (siehe Anhang).

Beide Bilder (6 und 7) belegen, dass für den Normalfall die Rentabilität einer Nachisolation allein nur wegen dem Wärmeschutzgedanken nicht gegeben ist – daran ändern auch evtl. Subventionen wenig. Bei einem *k*-Wert von z. B. 1,2 W/m²K dürfte die ganze Nachisolation inkl. Anpassungsarbeiten lediglich ca. Fr. 75.–/m² kosten – ein Betrag, für den z. Zt. kaum ein Unternehmen zu finden sein wird. **Eine Wirtschaftlichkeit ist somit nur bei besonders schlechtem *k*-Wert gegeben, d. h. für einen geringen Anteil der bestehenden Wohnbauten.**

Mit wesentlichen Kostenreduktionen ist in Zukunft nicht zu rechnen. Eine Wirtschaftlichkeit ist aber auch bei mittleren *k*-Werten erreichbar, wenn die Wärmeschutzmassnahmen zusammen mit einer sowieso fällig werdenden Fassadenrenovation ausgeführt werden kann. Die Grundkosten – Baugerüst, Neuverputz und teilweise Anpassungsarbeiten usw. – gehen dann zu Lasten der eigentlichen Erneuerung. Eine *Fassadenrenovation ist somit eine der Möglichkeiten, die hinsichtlich Wärmeschutz verpasste Gelegenheit beim Neubau auf wirtschaftliche Art zu nutzen.* Neben der Offerte für die Fassadenrenovation ist zusätzlich ein Angebot für die Renovation mit Wärmedämmung (ca. 10 cm Isoliermaterial) einzuholen; der Mehrpreis ist auf den m² Fläche umzulegen und anhand der Diagramme auf Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

3. Beispiel:

Fassadenrenovation total (ohne Isolation): Fr. 60.–/m²
Fassadenrenovation total (inkl. Isolation): Fr. 100.–/m²
k-Wert der Mauer: 1,2 W/m² K

Die Wärmedämmung ist wirtschaftlich (Bild 7)!

Wie schon erwähnt, sollte bei der Nachisolation eine Isolationsstärke vorgesehen werden, die dem wirtschaftlich optimalen Fall entspricht, es sei denn, andere gewichtige Gründe wie z. B. ein ungenügend werdender Lichteinfall (Schiessscharteneffekt) bei Fenstern spreche für eine schwächere Isolation. Die Wirtschaftlichkeit einer nichtoptimalen Isolation kann ebenfalls mit Hilfe von Bild 6 und 7 abgeschätzt werden. Dabei sind einerseits die Totalkosten – vom bestehenden *k*-Wert ausgehend – bis zum optimalen Fall und anderseits die Totalkosten – vom *k*-Wert der nachisolierten Mauer ausgehend – bis zum optimalen Fall herauszulesen. Die Differenz beider Kostengrössen entspricht den Totalkosten für den nichtoptimalen Fall, welche unterschritten werden sollten.

Die innenliegende Isolation ist im Normalfall, wenn sie ohne zusätzliche Arbeiten durchgeführt wird, billiger auszuführen als die aussen liegende Isolation. Anderseits muss man sich im klaren sein, dass eine innenliegende Isolation bei Massivbauten in bauphysikalischer Hinsicht nicht ganz problemlos ist:

- Die Mauertemperatur sinkt durch die Innenisolation stark ab. Um die Gefahr von *Kondenswasserbildung* zu bannen, ist eine *Dampfsperre* erforderlich, welche die Isolation stark überlappen muss, damit der Dampf die Sperre nicht umgehen kann (Dampfbrücke).
- Eine kalte Aussenmauer entzieht den angrenzenden Bauteilen Boden, Decke und Seitenwand Wärme. Die Isolationswirkung geht durch die Kältebrückenbildung zumindest teilweise verloren, sofern die Isolation diese Bauteile nicht genügend überlappt. Dies ist beim Massivboden nicht gut möglich; die Gefahr der Oberflächenkondensation bleibt bestehen. Zudem können die entstehenden Kälte- bzw. Wärmebrücken zu Bauschäden führen.
- Besonders bei Eckzimmern sind die nachisolierten Wände kaum mehr fähig, durch die Fenster eingestrahlte Sonnenenergie zu speichern. Die Dämpfung der Raumtemperaturamplitude wird dadurch etwas verschlechtert.
- In den Aussenwänden verlegte Wasserleitungen neigen im Winter zum Einfrieren bzw. Warmwasserleitungen haben grössere Wärmeverluste.

4. Beispiel:

Die Mauer (*k*-Wert = 1,2 W/m² K) kann aus technischen Gründen lediglich auf einen *k*-Wert von 0,4 W/m² K isoliert werden.

Totalkosten (*k* 1,2 → 0,23 W/m² K)
Fr. 75.–/m²
Totalkosten (*k* 0,4 → 0,23 W/m.Q K)
Fr. 13.– /m²
Fr. 62.–/m²

Anhang: Berechnung der Wirtschaftlichkeit von Nachisolationen

Das Ablaufschema dazu ist Bild 8 zu entnehmen.

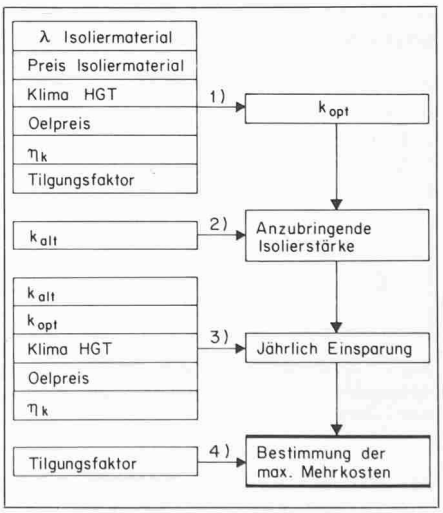


Bild 8. Wirtschaftlichkeit von Nachisolationen. Ablaufschema

Der optimale *k*-Wert (1) ist:

(1)
$$k_{tot\,opt} = \sqrt{4170 \frac{\lambda \cdot I \cdot a \cdot \eta_K}{HGT \cdot P_K}} \quad [W/m^2K]$$

λ: Wärmeleitzahl des Isolationsmaterials (Watt/m.K)

I: Spezifischer Isolationsmaterialpreis pro cm und m^2

a: Jährlich gleichbleibender Rückzahlungsfaktor bei x Prozent Zins und einer Laufzeit von y Jahren.

η_K: Kesselwirkungsgrad pro Jahr.

HGT: Heizgradtage pro Jahr bzw. während der Heizperiode aufsummierte Temperaturdifferenz.

P_k: Brennstoffpreis je kWh

Die Umrechnung von Wh auf kWh und Tage auf Stunden ist in dem konstanten Faktor 4170 enthalten.

Die anzubringende Isolationsstärke (2) beträgt:

$$(2)\quad d = \lambda \frac{k_{alt} - k_{tot\,opt}}{k_{alt} \cdot k_{tot\,opt}} \quad [m]$$

k_{alt}: Wärmedurchgangszahl der bestehenden Mauer (W/m^2K)

Die jährlichen Heizkosteneinsparungen (3) betragen:

$$(3)\quad HE = \left[1 - \frac{\lambda}{\lambda + d.k_{alt}}\right] \cdot \frac{k_{alt}.HGT.24.P_k}{\eta_K.10^6} \quad [Fr/m^2.Jahr]$$

Der Jahreswirkungsgrad der Heizanlage wird - wie auch der Jahresverbrauch- durch den erhöhten Wärmeschutz kleiner, da die Auslastung der bestehenden Heizanlage kleiner wird. Anderseits ergibt sich aufgrund des verminderten Wärmebedarfs bei gleichbleibendem Energiegewinn aus Sonneneinstrahlung und Abwärmen sowie einer erhöhten Oberflächentemperatur der nachisolierten Bauteile eine kürzere Heizperiode, die zumindest bei Nichtkombiheizungen den Einfluss des schlechteren Heizungswirkungsgrades kompensiert. Die Berücksichtigung dieser Umstände ist somit kaum nötig, besonders wenn die üblicherweise vorhandene dreifache Überdimensionierung der Heizanlage in die Betrachtung einbezogen wird. Der volle Nutzen der Nachisolation ist aber nur bei gleichzeitigem oder besser, bei nachträglichem Ersatz der Heizanlage möglich. Absolut unumgänglich ist die vorhergehende Bestimmung der benötigten Leistung der neuen Anlage. Jene kann aus den jährlichen Benutzungsstunden (mittlerer jährlicher Brennstoffverbrauch, dividiert durch den stündlichen Brennstoffverbrauch des Brenners bei Vollast) berechnet werden. Der stündliche Brennstoffverbrauch kann aus der Kesselleistung und dem Vollastwirkungsgrad der Anlage bestimmt werden; zuverlässiger ist aber eine *«Ausliterung» des Verbrauchs*. Am sichersten ist die Feststellung der Brennerlaufzeit mit einem Betriebsstundenzähler bei möglichst tiefen Aussentemperaturen, verbunden mit der Messung des Verbrauchs bei Vollast.

Die Mehrkosten (4) dürfen

$$(4)\quad MK = \frac{HE}{a} \quad [Fr/m^2]$$

betragen.

Miteinander verknüpft, ergibt folgende Formel:

$$(5)\quad MK = \frac{k_{alt} \cdot HGT.24.P_k}{\eta_K.10^6.a} \cdot \left[1 - \frac{\sqrt{4170 \frac{\lambda.I.a.\eta_K}{HGT.P_k}}}{k_{alt}}\right] \quad [Fr/m^2]$$

Es kann nun nicht verlangt werden, für jeden Fall einer Nachisolation den «Aufwand» mit der obigen Formel zu treiben. Als erste Näherung kann

$$MK = (k_{alt} - 0{,}25) \cdot 65 \quad [Fr/m^2]$$

oder als zweite Näherung

$$MK = k_{alt} \cdot 50 \quad [Fr/m^2]$$

genommen werden.

Sinnvollerweise wird - zumindest teilweise - von den zuständigen Behörden bei einer nachträglichen Fassadenisolation eine Unterschreitung des Bauabstandes bzw. Überschreitung der Nutzungsziffer toleriert. Ein guter Wärmeschutz ist von allgemeinem Interesse. Im Sinne der Rechtsgleichheit sollte deshalb auch bei Neubauten geprüft werden, ob infolge der dickeren Wärmedämmschicht von den vorgeschriebenen Baulinien und Grenzabständen abgewichen werden kann.

Literatur

Wick, B.: «Energieverbrauch, Energiekennzahl». SAGES, 1978.

Kunz, Hch.: «Kosten baulicher Schall- und Wärmeschutzmassnahmen am Beispiel ausgewählter Wohnbauten der Region Zürich». Publikationsreihe Institut für Hochbauforschung (HBF), 10, ETHZ, 1978.

Neck, H.: «Besserer Wärmeschutz in Altbauten. Kosten-Nutzen-Analyse». Umweltschutz-Gesundheitstechnik, 9, 1977.

Venosta, F.: «Das Oberflächen-Kondenswasser-Kriterium». Schweiz. Bauzeitung, Heft 26, 1978.

Adresse der Verfasser: *S. Bargetzi*, 3178 Bösingen; *R. Weiersmüller*, Industriestr. 11, 8952 Schlieren.