

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 93 (1975)  
**Heft:** 44

**Artikel:** Bautechnische Fragen zur Energieersparnis  
**Autor:** Haller, Paul  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72856>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

entspricht. Die Heizenergieeinsparung beträgt dann während der zehnstündigen Abschaltedauer etwa 3,3% und bezogen auf den 24stündigen Tagesrhythmus nur noch etwa 1,4%.

Als Nachteil der Nachtabstaltung ist der Umstand zu betrachten, dass in den Morgenstunden die Aussenwände noch relativ kalt sind, was – wie schon erwähnt – ein unangenehmes Wohnklima zur Folge hat und zum Ausgleich eine höhere Lufttemperatur erfordert, die durch höhere Einstellung der Thermostate erreicht wird. Der damit verbundene Mehrverbrauch an Heizenergie gleicht die durch die Nachtabstaltung erreichte Einsparung wieder aus. Es dürfte daher meistens richtiger sein, auf die Nachtabstaltung zu verzichten und das dadurch an der Heizanlage eingesparte Geld zur weiteren Erhöhung der Wärmedämmung zu verwenden.

Bei elektrischer Heizung ist weiter folgendes zu beachten: Für einen Raum mit mässiger Wärmedämmung ( $k = \text{etwa } 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 0,69 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$  und Doppelfenster) soll angenommen werden, dass ein Speicherofen (Aufheizdauer 8 Stunden) für 5 kW notwendig ist. Wird der  $k$ -Wert auf  $0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  ( $0,26 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ ) herabgesetzt und dreifache Verglasung vorgesehen, so wird ein Ofen für etwa 3 kW genügen.

In den letzten Jahren sind viele Elektrizitätsversorgungsunternehmen dazu übergegangen, Heizstrom nicht nur bei Nacht, sondern auch in den übrigen lastschwachen Zeiten, insgesamt während etwa 16 Stunden je Tag zur Verfügung zu stellen. In diesem Fall vermindert sich der Anschlusswert der Öfen auf die Hälfte, in unserem Beispiel somit auf etwa 1,5 kW, und wenn überhaupt auf Sperrzeiten verzichtet wird, auf etwa 1 kW. So geringe Leistungen werden viele Werke auch tatsächlich ohne Sperrzeiten zur Verfügung stellen können, insbesondere, wenn eine Koppelung mit leistungsstarken Haushaltgeräten (Waschmaschinen) vorgenommen wird, um örtlichen Netzüberlastungen vorzubeugen.

Bei elektrischer Heizung ist die richtige Ermittlung des Wärmebedarfs besonders wichtig. Denn für die Elektrizitätswerke hängt die Möglichkeit der Lieferung zusätzlichen Heizstromes weniger vom Energieverbrauch (in kWh), als vielmehr von der gleichzeitig bereitzustellenden Leistung (in kW) ab, und diese steigt, wenn unnötig grosse Öfen aufgestellt werden. Zu kleine Öfen aber bergen für die Werke die Gefahr, dass wäh-

rend der Spitzenbelastungszeit zusätzlich «Steckkontaktöfen» unkontrolliert angeschlossen werden. Daher ist die Ermittlung des tatsächlichen Wärmebedarfes Voraussetzung für volle Ausnutzung der verfügbaren Netzkapazität und gleichzeitig Schutz vor Überlastung. Es liegt daher im Interesse der Werke, dass der Wärmebedarf von fachkundiger, neutraler Seite oder von eigenen, entsprechend geschulten Kräften ermittelt wird und nicht von den Heizungsfirmen, die an der Lieferung grosser Öfen interessiert sind und denen auch oft die notwendigen Fachkenntnisse fehlen, ehe sie die Abgabe von Heizstrom be-willigen.

Um diesbezügliche Erfahrungen zu sammeln, sollte an kalten Tagen auch fallweise nachgeprüft werden, ob aufgestellte Speicheröfen nicht zu gross bemessen sind, das heisst, ob sie die zur Verfügung gestellte Aufladezeit auch tatsächlich voll ausnützen.

#### Literaturverzeichnis

- [1] Forschungsbericht 117 des Österr. Institutes für Bauforschung «Reduzierung des Energieverbrauches in Wohnungen», Teil 1, Wien 1974.
- [2] E. Attlmayr: DIN 4701 und der wirtschaftliche Wärmeschutz. «Elektrowärme international» 1974, H. 1, S. 48–49.
- [3] E. Attlmayr: «Die richtige Wahl der Wärmedämmung» in «Schweizerische Bauzeitung», 92 (1974), H. 38, S. 872.
- [4] F. Bruckmayer und J. Lang: Wirtschaftlicher Wärmeschutz III, Forschungsgesellschaft Wohnen, Bauen, Planen, Wien III, Löwengasse 47 (1972).
- [5] E. Attlmayr: Die Bedeutung des Wärmeschutzes in energie- und volkswirtschaftlicher Sicht. «Österr. Bauzeitung», 1974, H. 41, S. 1596 f.
- [6] R. Adam: Bestrebungen zur Energieersparnis auf dem Bausektor in den USA. «Wohnbauforschung in Österreich», 1974, H. 3/4, S. 30.
- [7] H. Köstlin: Doppelglasfenster mit erhöhter Wärmeisolation. «Elektrizitätsverwertung» 1974, H. 12, S. 458–459.
- [8] E. Attlmayr: Das RWE Bau-Handbuch. «Elektrowärme international» 1974, H. 4, S. 197–198.
- [9] V. Ferencik: Wärmeschutz und wirtschaftliche Raumheizung mit Gas. «Wärme-Kälte-Schall», 1973, H. 4, S. 4.

Adresse des Verfassers: Dipl.-Ing. Ernst Attlmayr, A-6020 Innsbruck, Haydnpl. 2.

## Bautechnische Fragen zur Energieersparnis

Von Prof. Paul Haller, Zürich

DK 697.1

### 1. Einleitung

Während bisher, insbesondere vor der Energiekrise, die Aussenwände und Dächer nicht nach wirtschaftlichen, sondern nach hygienischen Gesichtspunkten bemessen wurden (Vermeidung der Kondenswasserbildung an den Wänden und Decken), stehen heute neben den betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Forderungen (hohe Belastung der Handelsbilanz durch die in grossen Mengen verbrauchten, stark verteuerten Importgüter) noch solche des Umweltschutzes bei der Bemessung und der Konstruktion der Aussenschalen in Diskussion.

Eine Aussenwand oder Dachplatte eines Wohn- oder Geschäftshauses mit einem  $k_w$ -Wert von 1,0 bis 1,1  $\text{kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$  unterliegen bei zweckmässiger Raumlüftung keiner Kondenswasserbildung. Eine bessere Wärmeisolation der Fassadenwände und Dachplatten war damals auch unter Berücksichtigung der Anlage- und Betriebskosten, der Aufwendungen für Verzinsung, Amortisation und Unterhalt nicht zu verantworten. Es war dies mit ein Grund, weshalb die Architekten nur mit Glas Fassaden erstellen konnten, da der Wärmeverlust durch die wenig isolierenden Glaswände noch wirtschaftlich tragbar

war. Da aber die eingestrahelte Sonnenwärme die Innentemperatur zeitweise weit über die Behaglichkeitsgrenze hinaus ansteigen lässt, wird eine Klimaanlage notwendig, deren Kühlbetrieb im Sommer aufwendiger ist als das Heizen im Winter.

Wenn heute wegen der eingangs genannten Erfordernissen Energie gespart werden soll, so verlieren die Glaspaläste ihre Daseinsberechtigung. Sie müssen entweder nachträglich zusätzlich isoliert oder aber unter Denkmalschutz gestellt werden, als Zeugen vergangener, von Energieproblemen noch unbeschwerten Zeiten.

### 2. Einfluss der Fenstergrösse

2.1 Wird ein Fenster, das 30% der Wandfläche einnimmt, mit einer Wärmedurchgangszahl von  $k_F = 2,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$  anstelle einer Glaswand eingesetzt, so können bei bedecktem Himmel folgende Einsparungen erzielt werden:

bei  $k_w = 1,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ :  $1,05/1,45 = 72\%$  (Bild 1)

$k_w = 0,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$ :  $1,4/1,1 = 127\%$  (Bild 2)

2.2 Wird die Fensterfläche ( $k_F = 2,5$ ) von 50% auf 30% reduziert, so vermindert sich der Wärmeverlust bei einer Wärmedurchgangszahl der Wand von  $k_w = 0,5$  um 27%. Bei

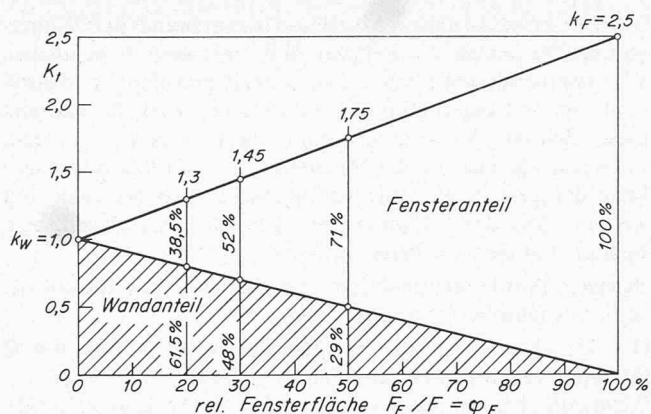


Bild 1. Wärmedurchgangszahl  $k_t$  einer Fassade mit Fenster ( $k_F$ ). Wärmedurchgangszahl der Wand  $k_W = 1,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

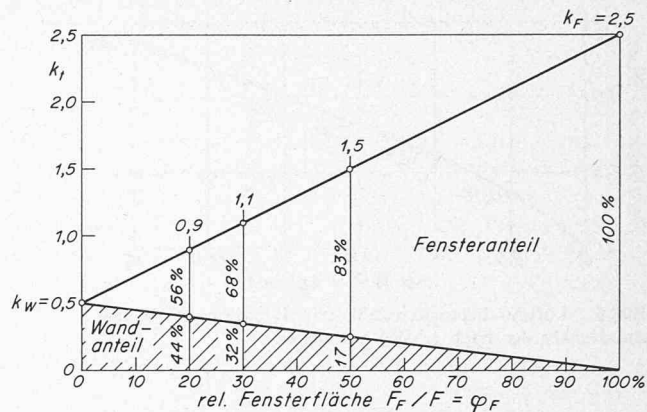


Bild 2. Wärmedurchgangszahl  $k_t$  einer Fassade mit Fenster ( $k_F$ ). Wärmedurchgangszahl der Wand  $k_W = 0,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

einer Verminderung der Fensterfläche von 50 % auf 20 % ergibt sich sogar eine Reduktion der Wärmeverluste um 40 %.

2.3 Nimmt der Wärmewiderstand der Wandfläche von 1 auf 2 ( $k_W = 0,5$ ) zu, so vermindern sich die Wärmeverluste bei einem Wert  $k_F = 2,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$  wie folgt (Bild 2):

- bei 50%iger Fensterfläche um 17 %
- bei 30%iger Fensterfläche um 32 %
- bei 20%iger Fensterfläche um 44 %

Der grössere Wärmewiderstand der Wandfläche wirkt sich erwartungsgemäss erst bei kleineren Fensterflächen in höherem Masse aus.

2.4 Wird ein Fenster mit einer höheren Wärmeisolerfähigkeit von  $k_F = 2,0$  anstelle eines solchen mit  $k_F = 2,5$  eingesetzt, so verringert sich das Verhältnis  $k_t/k_W$  von 5,0 auf 4,0, Bild 3, was besagt, dass sich der Wärmeverlust um 20 % verkleinert. Bei kleineren Fensterflächen ist jedoch der Wärmeverlust noch immer bemerkenswert kleiner, wie aus Tabelle 1 hervorgeht.

Wärmeenergie kann eingespart werden, wenn der Isolierwiderstand der Wände oder der Fenster gesteigert und vor allem wenn die Fenstergrösse weitgehend, z.B. auf 20 bis 30 % der Wandfläche, reduziert wird. Ein Bild über die Grössenverhältnisse der Fensteranteile von 20,30 und 40 % vermittelt Bild 4.

### 3. Einfluss der Sonnenwärme-Einstrahlung

Über den Einfluss der eingestrahnten Sonnenwärme auf den Wärmehaushalt vermittelt der Versuch der EMPA mit kleinen Häuschen in Schlieren – innere Grundfläche:  $3,4 \times 3,4 \text{ m}$  – mit und ohne Fenster auf der Ost-, Süd- und Westseite einige wesentliche Erkenntnisse<sup>1)</sup>.

Der grössere Wärmeverlust der Fensterhäuschen gegenüber den fensterlosen Häuschen (13 % Fensterfläche bezogen auf die Fläche aller Umgebungswände) während der vier Monate November bis Februar der drei Winter 1954/55, 1955/56 und 1956/57 wird durch die in den beiden Monaten Oktober und März eingestrahlte Sonnenwärme ausgeglichen, Tabelle 2. Dieser Versuch lässt erkennen, dass auch ein kleiner

Tabelle 2. Mittelwerte der Jahre 1931–1960

Ort	Mittlere Temperatur in $^\circ\text{C}$		Sonnenscheindauer in %	
	November bis Februar	Oktober, März, April	November bis Februar	Oktober, März, April
Basel	1,8	7,8	8,9	19,1
Bern	0,7	8,3	8,7	20,1
Genf	1,8	7,6	8,9	22,9
Lugano	4,0	10,3	16,4	23,3
Luzern	0,8	7,0	6,7	18,4
Zürich	0,7	6,9	7,4	19,9

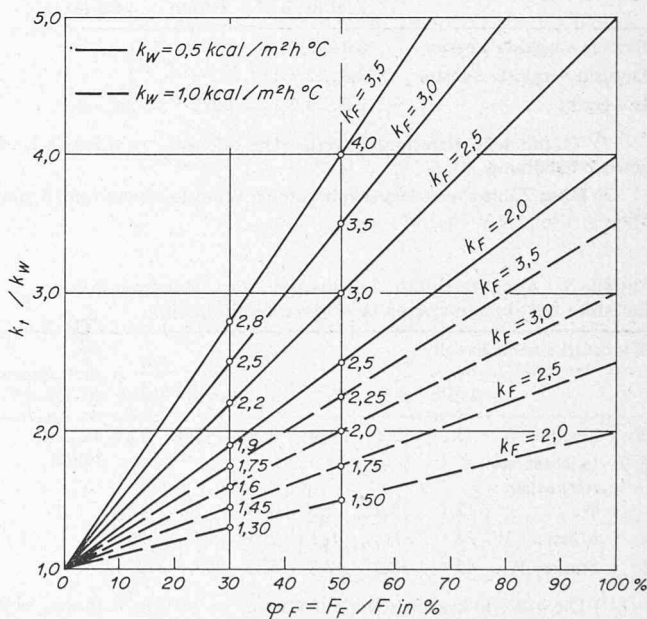


Bild 3. Verhältnis  $k_t/k_W$  in Funktion des Anteils der Fensterfläche an der Fassadenfläche

<sup>1)</sup> P. Haller: Wärme- und Feuchtigkeitswanderung durch Aussenwände. «Schweiz. Bauzeitung» 75 (1957) Nr. 47, S.741–749.

Tabelle 1. Prozentuale Verringerung des Wärmeverlustes bei Verwendung von Fenstern mit  $k_F = 2,0$  statt  $k_F = 2,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

$k_W$	$\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$	1,0	0,5
$\varphi_F = 50\%$		14 %	17 %
$\varphi_F = 30\%$		10 %	14 %
$\varphi_F = 20\%$		8 %	11 %

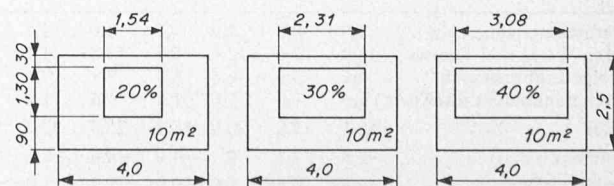


Bild 4. Grössenverhältnisse der Fensteranteile von 20, 30 und 40 % bezogen auf ein Fassadenelement von  $10 \text{ m}^2$



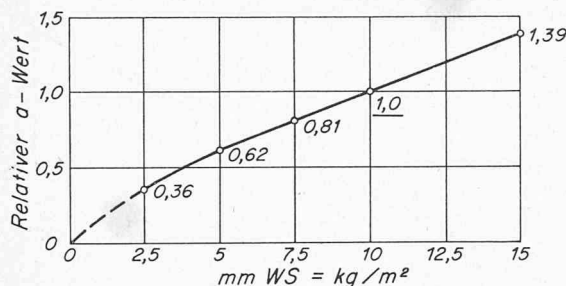


Bild 5. Luftdurchlässigkeitszahl  $a$  in Funktion des Windstaudruckes  $\Delta p$  nach EMPA-Versuchen

Fensteranteil genügt, um den grösseren Wärmeverlust der Fenster während den vier härtesten Monaten durch die während den Monaten Oktober und März eingestrahlte Sonnenwärme auszugleichen. Der Wärmeverlust durch das Fenster wird also, über einen grösseren Zeitraum betrachtet, durch die Sonneneinstrahlung mindestens teilweise wettgemacht.

Bei grösseren Fensterflächen fällt in Zeiten ohne oder geringer Sonnenwärmeeinstrahlung die an den Fensterscheiben abgekühlte Luft nach unten und bildet im Raum einen Kaltsee, wenn nicht durch künstlich erwärmte, aufsteigende Luft die fallende Luft verwirbelt wird. Die aufsteigende warme Luft verhindert auch die Kondenswasserbildung, mindestens bis auf eine bestimmte Höhe.

Tabelle 3. Werte  $k_F$  und  $a$  nach Versuchen der EMPA

	$k_F$ kcal/m <sup>2</sup> h °C	$a$ m <sup>3</sup> /hm	$k_F^{1)}$ kcal/m <sup>2</sup> h °C
Einfach verglaste Fenster	6,6...6,7	5,7 <sup>2)</sup>	7
Doppelt verglaste Fenster	2,6...2,8	5,2 <sup>2)</sup>	3
Isoliertglas	2,2...3,2	5,6 <sup>2)</sup>	2,5...3,5

<sup>1)</sup> Empfohlene Berechnungswerte. Die Alterung rechtfertigt eine gewisse Erhöhung.

<sup>2)</sup> Diese Zahlen verstehen sich bei einem Windstaudruck von 10 mm WS.

Tabelle 4. Ausgetauschte Luftmenge und Wärmeverluste von Fenstern bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten

Windstärke nach Beaufort								Be- merkungen
	km/h	m/s	$\Delta p$	$a^1)$	$Q_L$ m <sup>3</sup> /h	$W$ kcal/h	$\Delta t$ (20-0,7)	
2	Leichter W.	8,2	2,28	0,41	0,36	2,0	11,1	Jahres- mittel
2-3	Leichter bis schwacher W.	12,7	3,53	1,0	0,78	7,8	43,4	
4	Mässiger W.	24	6,67	3,53	2,76	64	356	
6	Starker W.	45	12,5	12,4	5,72	397	2207	

<sup>1)</sup> Die  $a$ -Werte beziehen sich auf Zürich, wo bei  $\Delta p = 10$  mm WS  $a = 5,2$  m<sup>3</sup>/h beträgt.

Tabelle 5. Wärmeverluste je Heizsaison (7 Monate) in kg Öl/m<sup>2</sup> für  $k_F = 2,5$  kcal/m<sup>2</sup> h °C,  $a = 0,07.5,2 = 0,36$  m<sup>3</sup>/hm, Raumtiefe: 4,5 m

Fensteranteil	%	20	30	50
Wärmedurchgangszahl kw	1,0	0,5	1,0	0,5
durch Wand und Fenster	11,9	7,6	12,9	8,9
infolge Luftaustausch	4,6	4,6	6,4	6,4
durch minimales Lüften (3 ×)	1,6	1,6	1,6	1,6
Total	18,1	13,8	20,9	16,9
Differenz <sup>1)</sup>	—2,8	—7,1	0	—4,0
Verhältnis <sup>1)</sup>	0,87	0,66	1,00	0,81

<sup>1)</sup> Gegenüber dem Wert bei 30% Fensterfläche und  $k_w = 1,0$  kcal/m<sup>2</sup> h °C.

Im schweizerischen Mittelland ist während der Wintermonate November bis Februar nicht mit einer wesentlichen Wärmeeinstrahlung (kurzer Tag, tiefer Sonnenlauf, im Mittelland viel bedeckter Himmel) zu rechnen, weshalb während dieser Zeit der Wärmeverlust durch die Fenster voll in Rechnung zu stellen ist. In den Monaten März, April und Oktober kann dagegen die Sonneneinstrahlung dadurch berücksichtigt werden, dass der Wärmeverlust über die ganze Wand, also Fenster, mit dem  $k_w$  berechnet wird.

Beispiel: Wärmeverlust durch zwei Fassaden mit verschiedenem Wärmeisoliervermögen

Ort: Zürich, mittlere Aussentemperaturen: 0,7 °C bzw. 6,9 °C (Tabelle 2) relative Fensterfläche:  $\varphi = 30\%$

Wärmedurchgangszahl des Fensters:  $k_F = 2,5$  kcal/m<sup>2</sup> h °C

Wärmedurchgangszahl der Wand:  $k_w = 1,0$  und 0,5 kcal/m<sup>2</sup> h °C

Raumtemperatur: 20 °C

Vor- und Nachwinter: Oktober, März, April 2208 Stunden  
Wintermonate: November, Dezember, Januar, Februar 2880 Stunden

Nutzbarer Heizölwert des Heizöles: 8500 kcal/kg

Wärmeverlust je m<sup>2</sup> Fassade während eines Durchschnittswinters

$k_w = 1,0$ ;  $k_t = 1,45$  kcal/m<sup>2</sup> h °C (Bild 1)

Wärmeverluste je Winter

$1,45 \cdot 2880 \cdot (20 - 0,7) = 80\,600$

$1,0 \cdot 2208 \cdot (20 - 6,9) = 28\,900$

109 500 kcal/m<sup>2</sup>

= 12,9 kg Öl/m<sup>2</sup>

$k_w = 0,5$ ;  $k_t = 1,1$  kcal/m<sup>2</sup> h °C

Wärmeverluste je Winter

$1,1 \cdot 2880 \cdot (20 - 0,7) = 61\,100$

$0,5 \cdot 2208 \cdot (20 - 6,9) = 14\,500$

75 600 kcal/m<sup>2</sup> Winter

= 8,9 kg Öl/m<sup>2</sup>

Durch eine Steigerung der Wärmeisolierung der Wand von  $k_w = 1,0$  auf  $k_w = 0,5$  können je m<sup>2</sup> Fassade mit 30%iger Fensterfläche 4 kg Öl = 30% während eines Winters eingespart werden.

#### 4. Wärmedurchgangszahl $k_F$ in kcal/m<sup>2</sup>h °C und die Luftdurchlässigkeitszahl $a$ in m<sup>3</sup>/mh der Fenster

Bild 5 zeigt den Verlauf der  $a$ -Werte in Abhängigkeit vom Windstaudruck  $\Delta p$  nach Versuchen der EMPA. Unter dem Windstaudruck  $\Delta p = \gamma v^2/2g$  verformen sich vor allem die Flügelrahmen und zwar entsprechend der Grösse und Form, der Steifigkeit und der Anzahl Pressstellen (Verschlüsse). Der Wärmeverlust zufolge Luftaustausch durch die Fenster ist demnach abhängig vom Windstaudruck, der Grösse und Form des Fensters, der Falzlänge, der Ausführung der Kontaktflächen, der Steifigkeit der Flügelrahmen und der Anzahl der Pressstellen (Verschlüsse, Angeln). Daneben spielen auch die Undichtheiten zwischen Mauer und Fensterrahmen und gegebenenfalls beim Rolladenkasten eine Rolle.

Die durch Undichtheiten des Fensters eindringende Frischluft erhöht sich entsprechend dem Windstaudruck. Da der  $a$ -Wert ebenfalls mit dem Staudruck gemäss Bild 5 ansteigt, ist der Wärmeverlust durch die Fensterfalte grösser als derjenige, der sich aus dem Jahresmittel der Windgeschwindigkeiten berechnen lässt, Tabelle 4.

Mit zunehmender Alterung der Holzfenster, vor allem der weniger biegesteifen Fensterflügel und besonders bei ungenügendem Unterhalt – Farbanstrich usw. – ist mit einem beträchtlichem Ansteigen des  $a$ -Wertes zu rechnen. Bei der Bewertung eines Fensters ist die Alterungsmöglichkeit zu berücksichtigen.

## 5. Luftbedarf

Sauerstoffmangel führt zu Kurzatmigkeit, Ohnmacht und schliesslich, wenn der Sauerstoffgehalt auf ein Drittel im  $m^3$  sinkt, zum Tod. Nach Ansicht von Physiologen bedarf der Mensch mindestens  $30 m^3/h$  Frischluft, wenn ihm  $6 m^3$  Rauminhalt zur Verfügung steht. Bei doppeltem Rauminhalt senkt sich die notwendige Zulufrate auf  $15 m^3/h$ . In der Regel stehen in Wohnbauten jeder Person diese  $12 m^3$  Raum zur Verfügung. Nach Tabelle 4 wird durch ein gutes, nicht gealtertes Fenster im Jahresdurchschnitt  $1 m^3/h$  ausgetauscht. Der lebensnotwendige Sauerstoff muss demnach durch mehrmaliges Lüften der bewohnten Räume beigebracht werden. Da nur die verbrauchte Luft im Raum ausgewechselt werden sollte, genügt eine kurze Lüftung mit Durchzug je nach Windstärke während 1 bis 3 Minuten. Mehrmaliges Lüften ist wirksamer als eine lange Lüftungsdauer. Gutschliessende, wenig alternde Fenster lassen erst bei mässigen und stärkeren Winden die lästigen Zugerscheinungen empfinden. Diese können nur durch genügend biegesteife Flügelrahmen vermindert werden.

## 6. Wärmeverluste

Der Hauptteil der Wärme geht durch die Fenster- und Wandfläche verloren, Tabelle 5. Der Wärmeverlust infolge Luftaustausch steigt ebenfalls mit der Fenstergrösse. Der Verlustanteil der zweckmässigen Lüftung ist relativ gering, bei fünfmaliger Lüftung wächst der resultierende Wärmeverlust je Winter von 1,6 auf 2,7 kg Öl/ $m^2$ .

Er ist wesentlich kleiner als der Wärmeverlust infolge Luftaustausch, besonders bei grösserer Fensterfläche, auch bei gut schliessenden Fenstern. Es ist demnach wirtschaftlicher, durch richtiges Lüften den lebensnotwendigen Sauerstoff zu ersetzen als durch undichte Fenster. Bei diesen Berechnungen ist eine Drosselung der Heizung während der Nacht und ein vermindertes Heizen einzelner Räume nicht berücksichtigt. Beim Vergleich verschiedener Gegebenheiten ist diese Differenzierung ohne Bedeutung.

Die Wärmeverluste können vor allem durch Verkleinerung der Fensterfläche, aber auch durch Verbesserung des Wärmeisoliervermögens der Wandfläche wesentlich eingedämmt werden.

## 7. Bau- und Heizkosten

Vergleichsberechnung (ohne Berücksichtigung der Fensterkosten)

Annahmen (Juni 1974)

Heizwert des Öls einschl. Wirkungsgrad	8500 kcal/kg
Preis des Öls	0,40 Fr./kg
Kosten des 32,5 cm Modul-Backsteins ( $k_w \sim 1,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ )	143 Fr./ $m^2$
Kosten des 12+4+15 cm Zweischalen-Backsteinmauerwerkes mit Mineralwolle ( $k_w \sim 0,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ )	160 Fr./ $m^2$
Differenz	17 Fr./ $m^2$
jährlicher Zins 6% von 17 Fr.	1,02 Fr./ $m^2$
Differenz des Ölverbrauchs je Winter (Tabelle 5)	
bei 20% Fensteranteil 4,3 kg/ $m^2$	1,72 Fr./ $m^2$
bei 30% Fensteranteil 4,0 kg/ $m^2$	1,60 Fr./ $m^2$

Einsparung je  $m^2$  während eines Winters

bei 20% Fensteranteil	0,70 Fr./ $m^2$
bei 30% Fensteranteil	0,58 Fr./ $m^2$

Die Minderauslagen für das Heizöl decken nicht nur die Auslagen für die Verzinsung des höhern Baukostenaufwandes, sondern sie bringen noch einen beachtlichen Gewinn, wenn die Wandisoliervfähigkeit auf  $k_w = 0,50$  gesenkt und die Fensterfläche um 25% gewählt wird.

## 8. Zusammenfassung

Durch eine bessere Wärmeisolierung der Fassadenwände, der Fenster und der Dachplatten können die Heizkosten gesenkt, die Handelsbilanz entlastet, die vom Export beschafften Devisen geschont, durch Verminderung der ausgestossenen Abgasmenge ein Beitrag zur Sauberhaltung der Luft geleistet werden. Wärmeenergie kann gespart werden, wenn

1. die *Fensterflächen* auf 20 bis 30% der Wandfläche ermässigt werden,
2. das bisher übliche *Isoliervermögen der Fassadenwände und Dachplatten* etwa verdoppelt wird,
3. die *Wärmeisoliervfähigkeit der Fenster*, die vor allem vom Scheibenabstand und vom Wärmewiderstand der Fenster- und Flügelrahmen, aber auch von der Luftdurchlässigkeit der Fälze, der Scheibenrändern und der Fensterrahmenbefestigung abhängig ist, den Wärmedurchgangswert  $k_F = 2,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$  ( $= 2,91 \text{ Watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) möglichst unterschreitet.
- 3.1. Der optimale Scheibenabstand beträgt rund 30 mm für eine eingeschlossene Luftschicht. Die Fenster- und Flügelrahmen sollten mindestens einen Wärmewiderstand gleich der Glasfläche aufweisen (Kondenswasser). Die Ränder der Scheiben sind nur bei Fehlkonstruktionen undicht.
- 3.2. Die Luftdurchlässigkeit der Fälze hängt von der Ebenföchigkeit und der Parallelität der Sitzflächen, von der Art und Zahl der Pressstellen (Angel, Verschlüsse) und bei Winddruck auch von der Steifigkeit der Flügelrahmen ab.
- 3.3. Nach den bisherigen Erfahrungen sind Fenster, die diese Bedingungen weitgehend erfüllen, alterungsbeständiger als leichter konstruierte und weniger sorgfältig ausgeführte Fenster.
- 3.4. Gut dichtende Fenster lassen einen Luftdurchlässigkeitswert  $a$  kleiner als  $6 m^3/m \text{ h}$  bei einem Winddruck von 10 mm WS bestimmen.
- 3.5. Bei einem nach innen zu öffnenden Fenster werden die Fälze unter dem Winddruck geöffnet und deshalb der Luftaustausch verstärkt (Bild 5 und Tabelle 5). Grösserer Wärmeverlust und Zugerscheinungen sind die Folgen.
4. die *Lüftung* sachgemäss durchgeführt wird. Der Luftaustausch durch die Fälze bei  $a = 6 m^3/m \text{ h}$  genügt nicht, um dem Raum die lebensnotwendige Sauerstoffmenge zuzuföhren, weshalb diese durch Lüften ergänzt werden muss. Normalerweise genügt während der Heizperiode eine dreimalige, intensive Auswechslung der Raumluft: *Durchzug* während 1 Minute bei Wind, bis 3 Minuten bei Windstille. Stärkere Gerüche, Tabakrauch, eine längere oder stärkere Belegung verlangen einen vermehrten Luftwechsel. Das Tiefhalten des  $a$ -Wertes bietet nach Tabelle 5, besonders bei grösserem Fensteranteil, einen wirtschaftlichen Vorteil, bedingt aber einen gewissen Lüftungswärmeverlust. Dieser wird bei guten Fenstern nur unwesentlich von der Fenstergrösse beeinflusst.
5. *Reflektierende Glasscheiben* sind weniger lichtdurchlässig, also bei trüber Witterung ungünstig.
6. *Lüftungs- und Klimaanlage*n, dürfen nur in Sonderfällen eingesetzt werden, z.B. Bauten mit lärmiger, von Abgas verseuchter Umgebung, staubfreie Arbeitsräume, Lagerräume mit konstantem Klima.

## 9. Schlussfolgerungen

Die Bereitschaft des *Bauherrn* durch eine bessere Wärmeisolierung einen volkswirtschaftlichen und aus der Sicht des Umweltschutzes zu begrüssenden, also einen zur Erhaltung der Volksgesundheit erforderlichen Beitrag zu leisten, bringt auch ihm materiellen Gewinn aus der Einsparung an Heizkosten. Er



tut gut daran, wenn er vor Baubeginn einen Ausweis über die Wirtschaftlichkeit der Bauweise seines Vorhabens verlangt. Der Verzicht auf einen nicht notwendigen Lichteinfall hilft der Verschwendung von Energie Einhalt zu bieten.

Die *öffentliche Hand* sollte nur gut isolierte Wohnbauten subventionieren (Schweden). Jedenfalls sollten in Zukunft Bauten nicht mit Steuergeldern erstellt werden, die die genannten Forderungen nicht erfüllen. Der *projektierende Architekt* hat es in der Hand, die vorstehend begründeten betriebs- und volkswirtschaftlichen Erfordernisse zur Energieeinsparung zu beherzigen und damit der Energie- und Geldverschwendung einen Riegel zu stellen. Der *bauleitende Architekt* sollte durch intensivere Bauaufsicht Fehlleistungen, wie Wärmebrücken, Schwächungen durch nachträgliches Spitzeln, Undichtheiten bei Fensterrahmen usw. verhindern. Der *Unternehmer*, in erster Linie der *Ersteller der Heizanlagen*, kann durch Erstreben eines hohen Wirkungsgrades der Anlage einen wesentlichen Beitrag leisten, z.B. in dem er nicht die Anlage auf die Kältespitze des

Jahres dimensioniert. Auch der *Hersteller von Fenstern* ist aufgerufen, durch Lieferung von dauerhaft dichten Fenstern, die von den Anschlägern auch dicht angeschlagen werden, seinen Teil zum Erreichen des gesteckten Zieles, der Verschwendung von Energie entgegenzuwirken, beizutragen.

Dem *Konsumenten* von geheizten Räumen sei mit Nachdruck ins Album geschrieben, dass er durch das sinnlose, langfristige Offenhalten von Fenstern und Balkontüren wertvolle Energie vergeudet und zudem sein Geld und dasjenige seiner Mitbewohner verschleudert. Die *Behörden* haben durch Vorschriften den offenbar mit volkswirtschaftlichen und Umweltpunkten unbelasteten Baubeflissenen die Forderung der Zeit näherzubringen und durch Aufklärung auch den dickhäutigsten energievergeudenden Konsumenten zur Einsicht zu bringen.

Adresse des Verfassers: Prof. Paul Haller, Regensberstrasse 54, 8050 Zürich.

## Vormarsch der Fernheizung – auch in der Schweiz

DK 697.34

Das Ausmass der Ölversorgung wird in der Öffentlichkeit und in Fachkreisen zurzeit rege diskutiert. Allgemein wird anerkannt, dass die Fernheizung geeignet ist, einen wesentlichen Beitrag zu einer gesicherten, energiesparenden und umweltfreundlichen Wärmeversorgung zu leisten. Im Ausland durchgeführte Untersuchungen haben die in der Schweiz schon früh erkannte Tatsache bestätigt, dass grosse Teile der Bevölkerung selbst über beträchtliche Entfernungen hinweg wirtschaftlich mit Wärme aus Kernkraftwerken versorgt werden können<sup>1)</sup>.

Eine Voraussetzung hierfür bildet die Erstellung von Fernwärmeversorgungen auf breiter Grundlage, was beträchtliche Investitionen erfordert. Eine grössere Verbreitung der Fernheizung ist deshalb ohne staatliche Unterstützung kaum denkbar. In der Schweiz haben bereits zahlreiche Behörden und Institutionen aus eigener Initiative die ersten Schritte zum Aufbau von Fernwärmeversorgungen unternommen.

### Das Heizkraftwerk Aubrugg im Bau

Am weitesten fortgeschritten ist das Projekt des Heizkraftwerkes Aubrugg, welches vom Kanton Zürich in einem Verkehrsdreieck an der Gemeindegrenze Zürich–Wallisellen verwirklicht wird. Es dient der Wärmeversorgung kantonaler und anderer öffentlicher Bauten im Spital- und Hochschulquartier von Zürich, der neuen Universität Strickhof, benachbarter Wohnquartiere und der Gemeinden Wallisellen und Opfikon.

Die Bauarbeiten sind im Herbst 1974 in Angriff genommen worden. Die beiden ersten Kessel mit einer Wärmeleistung von je 50 Gcal/h sollen Ende 1977 in Betrieb genommen werden. Im Endausbau wird die installierte Wärmeleistung 400 Gcal/h und die elektrische Leistung der drei Gegendruckdampfturbinenanlagen rund 140 MW betragen.

### Planung eines Heizkraftwerkes Lausanne Süd-West

Im Jahre 1972 haben sich die Stadt Lausanne, die Gemeinden Chavannes, Ecublens und Renens sowie die beiden Hochschulen in Lausanne zu einer einfachen Gesellschaft zusammengeschlossen, um gemeinsam die Wärmeversorgung

von Teilen der Stadt Lausanne, der benachbarten Gemeinden und der neuen Hochschulen auf dem Gelände von Dorigny zu studieren. Das im Laufe des Jahres 1973 entstandene Vorprojekt eines Heizkraftwerkes Lausanne Süd-West sieht im Endausbau eine Wärmeleistung von 700 Gcal/h und eine elektrische Leistung von 140 MW vor. Das Projekt harret gegenwärtig der Genehmigung durch die Behörden.

### Studien für den Aufbau von Fernwärmeversorgungen in Winterthur, St. Gallen und Genf

Im Auftrag der Stadt Winterthur wurde eine Vorstudie durchgeführt, um die Möglichkeit des Aufbaus einer Fernwärmeversorgung zu prüfen und ihre Wirtschaftlichkeit abzuklären. Das aus der Untersuchung hervorgegangene Konzept soll nach Genehmigung durch Stadt- und Gemeinderat zusammen mit dem Kreditbegehren für die erste Ausbaustufe dem Volk voraussichtlich noch im Herbst dieses Jahres zur Abstimmung unterbreitet werden.

Eine ähnliche Studie wurde auch für die Stadt St. Gallen erstellt. Von den Ergebnissen hat das städtische Parlament in zustimmendem Sinne Kenntnis genommen und den Stadtrat ermächtigt, die Untersuchungen fortzuführen. Für die Region Genf wird gegenwärtig ein Konzept einer grossangelegten Fernwärmeversorgung unter Berücksichtigung des Wärmebezuges aus dem geplanten Kernkraftwerk Verbois ausgearbeitet.

Auch für andere Gebiete der Schweiz laufen Studien über grössere Block- oder Fernheizungen. Insbesondere sind die Bestrebungen der Stadt Zürich zu erwähnen. Ein Generalplan aus dem Jahre 1972 sieht vor, rund 50% des gesamten Wärmebedarfes für Raumheizung und Warmwasser durch Fernwärme zu decken.

### Ausbau bestehender Fernwärmeversorgungen

Die bereits bestehenden Fernwärmeversorgungen befinden sich in stetigem Ausbau. In Genf wurde im vergangenen Herbst die zweite Ausbaustufe des Fernheizwerkes für die Versorgung der Satellitenstadt Le Lignon und des Wohnquartiers Avanchet Parc mit  $2 \times 32$  Gcal/h beendet. Ferner wird das Fernheizkraftwerk Pierre de Plan in Lausanne zurzeit durch die 4. Ausbaustufe mit 50 Gcal/h und einer elektrischen Leistung von 7 MW erweitert. Bedeutende Erweiterungen sind auch in den Fernheizungen von Basel und Bern im Gange.

<sup>1)</sup> *Städtefernheizung*, Bericht im Auftrag des Eidg. Amtes für Energiewirtschaft, ausgearbeitet von der Firma Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft, Verlag EDMZ, Bern, Januar 1974, sowie Ergänzung «Anpassung der Kosten an den Stand von Mitte 1974».