

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95 (1977)
Heft: 1/2

Artikel: Die wirtschaftlich optimale Wärmedämmung von Neubauten: ein Vorschlag für eine Optimierungsrechnung
Autor: Weiersmüller, René
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-73316>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

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

Naturgemäss wird es trotz aller vorbereitenden Überlegungen und Untersuchungen immer wieder vorkommen, dass sich die interne oder externe Situation bei einem Projekt wesentlich verändert. In einem solchen Fall sollten so früh wie möglich entsprechende Massnahmen getroffen werden, die von einer *Änderung der Aufgabenstellung bis zur Einstellung des Projektes* reichen können. Solche Änderungen der Situation müssen also rechtzeitig erkannt werden, was nur durch *laufenden Vergleich der Soll- mit den Ist-Daten* möglich ist. Ziel ist es insgesamt, die *Zahl der Fehlentwicklungen auf ein Minimum zu reduzieren*. Es ist besser, auf halber Strecke umzukehren, als am falschen Ziel anzukommen. Ausserdem sind wir bestrebt, die Zeit vom Entstehen einer neuen technischen Erkenntnis oder einer notwendigen Anpassung an äussere Gegebenheiten bis zur Fertigstellung von verkaufsfähigen Produkten möglichst abzukürzen. Mit Hilfe unseres Berichtswesens, das nicht nur Planungs-, sondern auch Informationscharakter hat, glauben wir auch in dieser Hinsicht Fortschritte erzielt zu haben, da einmal die *Querinformation* und der *Erfahrungsaustausch wesentlich verbessert* wurden und zum anderen Parallelarbeiten besser vermieden werden.

Es würde hier zu weit führen, wollte ich unser Planungssystem, das neben der Projektplanung auch noch eine *Periodenplanung* umfasst, im einzelnen erläutern. Hervorheben

möchte ich jedoch, dass wir auch auf diesem Gebiet zur Zeit eine Datenbank aufbauen, d.h. die Informationen aus dem Berichtswesen katalogisieren und mit Hilfe eines Computers speichern. Die Möglichkeiten, die sich daraus bieten, liegen auf der Hand.

*

Effektiver forschen und entwickeln ist eine Aufgabenstellung, die wir in unserem Hause sehr ernst nehmen. Es ist eine Aufgabe, die bei den ständig steigenden Personalkosten zunehmend an Bedeutung gewinnt. Wir alle wissen, dass die Hardware, d.h. die Komponenten Baugruppen und Geräte, zumindest relativ durch den technologischen Fortschritt immer billiger werden und dass der Anteil der Software, d.h. der Ingenieurleistung, ständig zunimmt. Um dieser Tendenz so weit wie möglich entgegenzusteuern bzw. ihre Konsequenzen zu beherrschen, müssen wir alles unternehmen, um auch in diesem Bereich die Kosten unter Kontrolle zu halten. Die hier vorgetragenen Verfahren und Methoden, die nur eine Auswahl sein können, sollten geeignet sein, diese Zielsetzung zu realisieren.

Adresse des Verfassers: Dr.-Ing. Horst Nasko, Geschäftsführer der Vorsitzender des Vorstandsausschusses Forschung und Entwicklung, AEG-Telefunken, D-6 Frankfurt 70.

Die wirtschaftlich optimale Wärmedämmung von Neubauten. — Ein Vorschlag für eine Optimierungsrechnung

Von René Weiersmüller, Schlieren

Bei jedem Neubau wird der Architekt und/oder der Bauherr mit dem Problem konfrontiert, welche *Isolationsstärke* zur Zeit die *maximale Brennstoffeinsparung bei minimalen Isolationskosten* ergibt. Durch ungeprüfte Übernahme von Empfehlungen und gefühlsmässigen Überlegungen wird normalerweise eine Isolation vorgesehen, die wohl eine kleine jährliche Rückzahlungsrate, dafür aber eine entsprechend «saftige» jährliche Heizkostenrechnung ergibt. Spätere Nachisolierungen erfordern sehr viel grössere Investitionen und stellen dann doch nur bestenfalls einen Kompromiss dar.

Wie im folgenden gezeigt wird, kann mit Hilfe einiger *vereinfachender Überlegungen und Annahmen* errechnet werden, welche Isolationsstärke aufgrund der aktuellen Randbedingungen zur Zeit die optimalste Lösung darstellt.

Berechnungen der volkswirtschaftlich günstigsten Isolationsstärke

Annahmen:

Diskutiert werden hier – ausser bei einigen besonders bezeichneten Ausnahmen – *nur Neubauten*. Die Betrachtungen basieren auf einem *vorgewählten*, statisch ausreichend bemessenen Maueraufbau, der ohne Änderungen mit verschiedenen Isolierstärken ausgerüstet werden kann; in diesem Falle sind die Baukosten, abgesehen vom Isoliermaterialpreis, praktisch unabhängig von der Isolationsdicke.

Die Vergrösserung des überbauten Volumens bzw. die Verkleinerung der Innenräume durch die Isolation wird vernachlässigt.

Die Wärmeableitung von potentiellen Wärmelieferanten (Kochherd, Fernsehgerät, starken Lichtquellen usw.) bleibt unberücksichtigt.

Das Wärmespeichervermögen des Wandaufbaues (Amplitudendämpfung und phasenverschobene Auswirkung der Aussentemperatur auf die Innenräume) ist unabhängig von der Isolationsstärke.

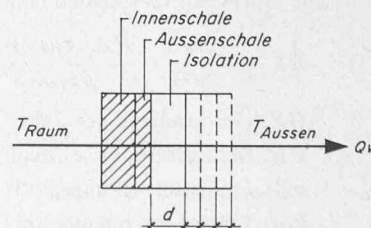
Zur Vereinfachung der Berechnungen wird angenommen, dass der Preis für das Isolationsmaterial linear mit der Dicke zunimmt (z.B. 12 cm zweimal teurer als 6 cm), was ab einer bestimmten Minimalstärke auch in etwa zutrifft. Die Applikationen usw. sind näherungsweise unabhängig von der Isolationsstärke und deshalb für eine Optimierungsrechnung bedeutungslos.

Der *jährliche Wärmebedarf* wird mit Hilfe von *Heizgradzahlen* (HZ) berechnet. Die jährliche Anzahl von Heizgradtagen 12/20 ist die jährliche Summe aller mittleren täglichen Differenzen aus Aussentemperaturen kleiner 12 °C (Heizgrenze) und Raumtemperatur (20 °C); die Multiplikation der jährlichen Heizgradtage mit 24 ergibt die entsprechende Anzahl Heizgradstunden.

Die folgenden Berechnungen basieren auf der Betrachtung von einer Fläche von einem Quadratmeter. Es wird angenommen, der Wärmeverlust trete in Form von reiner Wärmeleitung ein; Konvektion, Strahlung oder Wärmeübergangszahlen werden bewusst vernachlässigt.

Zur Aufstellung der Gleichungen wird ein Modell verwendet (Bild 1). Die Isolation ist dabei zwecks einfacherer Darstellung auf der Aussenseite der Wand angeordnet.

Bild 1. Wandmodell



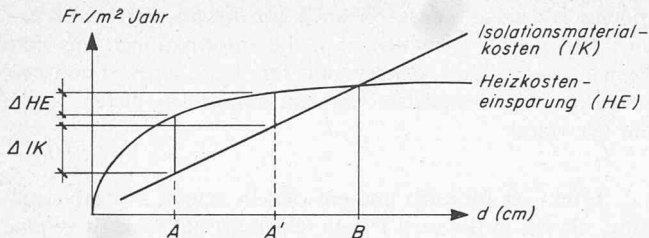


Bild 2. Isolationsmaterialkosten und Heizkosteneinsparung in Abhängigkeit der Isolationsdicke

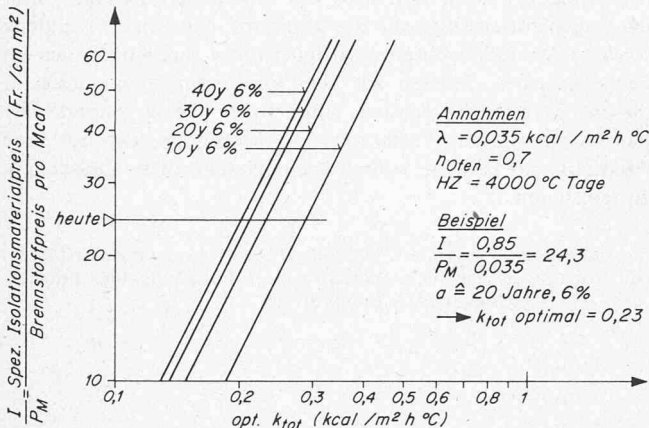


Bild 3. Optimale Wärmedurchgangszahlen bei verschiedenen Parametern

Die durch die Wand entweichende Wärme ist

$$Q_v = k \cdot \Delta t \text{ (kcal/h} \cdot \text{m}^2)$$

k = Wärmedurchgangszahl (kcal/h · m² · °C)
 Δt = Temperaturunterschied in °C

Durch Verstärkung der Isolation kann der k -Wert und damit der Wärmeverlust verkleinert werden. Es ist nun ohne weiteres einzusehen, dass bei einer weiteren schrittweisen Verstärkung der Isolation einmal jene Dicke erreicht wird, wo die Heizkosteneinsparungen pro Schritt kleiner werden als die entsprechenden Aufwendungen für Isolationsmaterial (Bild 2).

Der optimale Wert A ist gegeben durch den maximalen positiven Abstand der Kurve für die Heizkosteneinsparung von der Kurve der Isolationsmaterialkosten, was gleichbedeutend ist mit dem Auftreten der gleichen Steigung beider Kurven.

Die weitere Erhöhung der Isolationsstärke vom optimalen Wert A auf A' bringt zwar eine weitere Einsparung (ΔHE) von Heizkosten; diese ist jedoch kleiner als die zusätzlich aufzuwendenden Kosten (ΔIK) für die Isolation.

Der Wert B repräsentiert jene Isolationsstärke, die durch die Heizkosteneinsparung während y Jahren abbezahlt (amortisiert) werden kann. Der Wert A bedeutet nichts anderes, als dass bei dieser Isolationsstärke die jährlich aufzubringenden Kosten, bestehend aus Heizkosten und Rückzahlungskosten der Isolation, minimal werden.

Die jährlichen Heizkosten (HK , je m²) betragen:

$$(1) \quad HK = \frac{24}{1000} \cdot \frac{HZ \cdot k_{tot} \cdot P_M}{n_{Kessel}}$$

HZ : Heizgradtage pro Jahr

P_M : Brennstoffpreis je Mcal

n_{Kessel} : Kesselwirkungsgrad

k_{tot} : Wärmedurchgangszahl (Mauer + Isolation)

Die jährlich aufzubringenden Kosten (Rückzahlung) für das Isolationsmaterial (IK , pro m²) betragen:

$$(2) \quad IK = d \cdot I \cdot a$$

d : Isolationsdicke in cm

I : Spezifischer Isolationsmaterialpreis pro cm und m²

a : Jährlich gleichbleibender Rückzahlungsfaktor bei $x\%$ Zins und einer Laufzeit von y Jahren

$$(3) \quad d = 100 \cdot \frac{\lambda}{k_I}$$

Die Kombination dieser beiden Gleichungen ergibt:

$$(4) \quad IK = 100 \cdot \frac{\lambda \cdot I \cdot a}{k_I}$$

λ : Wärmeleitzahl des Isolationsmaterials (kcal/m · h · °C)

k_I : Wärmedurchgangszahl des Isolationsmaterials (kcal/m² · h · °C)

Die totale Wärmedurchgangszahl k_{tot} (Mauer + Isolation) kann aus folgendem Ansatz berechnet werden:

$$(5) \quad \frac{1}{k_{tot}} = \frac{1}{k_M} + \frac{1}{k_I}$$

k_M : Wärmedurchgangszahl der Mauer

Die Substitution von k_I in Gleichung (4) führt zu:

$$(6) \quad IK = 100 \cdot \lambda \cdot I \cdot a \cdot \left(\frac{1}{k_{tot}} - \frac{1}{k_M} \right)$$

Die jährlich aufzubringenden Gesamtkosten GK sind:

$$GK = HK + IK$$

$$(7) \quad GK = \frac{24}{1000} \cdot \frac{HZ \cdot k_{tot} \cdot P_M}{n_{Kessel}} + 100 \cdot \lambda \cdot I \cdot a \cdot \left(\frac{1}{k_{tot}} - \frac{1}{k_M} \right)$$

Die Ermittlung des k_{tot} -Wertes, der die minimalsten jährlichen Gesamtkosten ergibt, führt über das Differenzieren und Nullsetzen der Ableitung von Gleichung (7)

$$(8) \quad \frac{dGK}{dk_{tot}} = 0 = \frac{24}{1000} \cdot \frac{HZ \cdot P_M}{n_{Kessel}} - 100 \cdot \frac{\lambda \cdot I \cdot a}{k_{tot}^2}$$

und umgewandelt

$$(9) \quad k_{tot} \text{ optimal} = \sqrt{4170 \cdot \frac{\lambda \cdot I \cdot a \cdot n_{Kessel}}{HZ \cdot P_M}}$$

Interessanterweise ist die Berechnung von k_{tot} optimal nach Gleichung (9) unabhängig von der Wärmedurchgangszahl k_M der Mauer. Die Erklärung ist in dem Umstand zu suchen, dass der Grenzfall der Isolationsstärkezunahme gesucht wird, der «mehr bringt als kostet»; für diesen Fall ist es bedeutungslos, ob der Wandaufbau nur aus Isoliermaterial besteht oder ob ein Teil der Wärmedämmung von der Mauer übernommen wird. Die Abhängigkeit des optimalen k_{tot} -Wertes vom Verhältnis spezifischer Isolationsmaterialpreis/Brennstoffpreis pro Mcal bei verschiedenen Laufzeiten geht aus Bild 3 hervor. Mit Hilfe von Gleichung (7) können die jährlich aufzubringenden Kosten, bestehend aus Brennstoffkosten und Rückzahlungsraten, berechnet werden. In Abhängigkeit vom k_{tot} -Wert sind

diese Werte bei verschiedenen Laufzeiten in Bild 4 aufgetragen. Eine Erhöhung des Brennstoffpreises (und damit ist in Zukunft zu rechnen!) führt zu einem noch deutlicheren Kostenminimum und damit zu grösseren Einsparungsmöglichkeiten; es ist deshalb selbstverständlich, die ausgerechnete Isolationsstärke auf die nächste handelsübliche Stärke aufzurunden.

Durch Modifikation der Gleichung (9) können selbstverständlich auch die optimalen Isolationsstärken von Böden, Decken bzw. Dächern, Wärmespeichern oder Sonnenkollektoren berechnet werden. Bei Böden auf dem Erdreich oder über unbeheizten, in der Erde liegenden Kellerräumen kann mit genügender Genauigkeit die optimale Isolationsstärke ausgerechnet werden, indem der halbe Wert der entsprechenden Heizgradzahl, bei an geheizten Räumen angrenzenden Dächern jedoch etwa das 1,2fache der entsprechenden Heizgradzahl eingesetzt wird. Diese Optimierungsrechnungen sind auch bei Altbautsanierungen sehr zu empfehlen.

Berechnung der günstigsten Verglasung von Fenstern usw.

Die Berechnung ist hier insofern erschwert, als verschiedene Fenster mit:

- unterschiedlichen k -Werten bei gleicher Scheibenzahl
- verschiedenen Rahmenmaterialien
- verschiedenen Preisen, die zudem nicht linear mit der Anzahl Scheiben zunehmen

auf dem Markt erhältlich sind. Es soll daher im folgenden eine mögliche Art der Berechnung mit z. Z. wirklichkeitsnahen Werten aufgeführt werden, die auch bei Neuverglasungen von Altbauten angewendet werden sollte.

Die jährlichen Heizkosten pro m^2 betragen nach Gleichung (1)

$$HK = \frac{24}{1000} \cdot \frac{HZ \cdot k \cdot P_M}{n_{Kessel}}$$

Die jährlich aufzubringenden Kosten (Rückzahlung) FK pro m^2 betragen:

$$FK_i = F_i \cdot a$$

F_i : m^2 -Preis des Fensters mit i -Scheiben

Der Fensterlieferant offeriert Holzfenster in nachstehenden m^2 -Preisen und k -Werten:

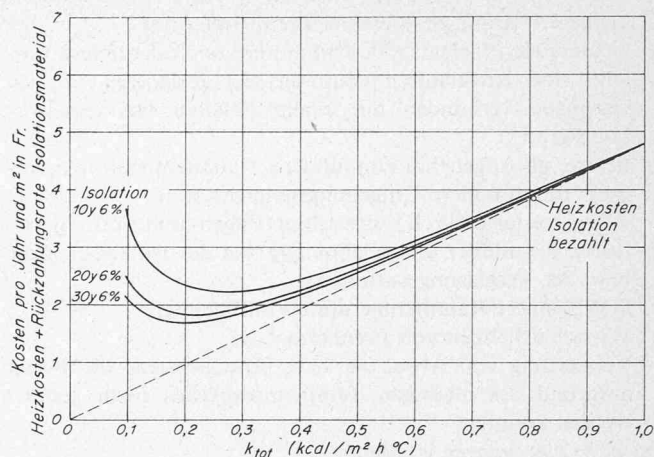
	m^2 -Preis (Fr.) mit Rahmen	k -Wert $kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$
1fach-Verglasung	215.—	6,0
2fach-Verglasung	250.—	2,7
3fach-Verglasung	330.—	1,8
4fach-Verglasung	406.—	1,3

Die jährlich aufzubringenden Gesamtkosten (GK_i) sind:

$$GK_i = HK_i + FK_i$$

oder in Tabellenform ($HZ = 4000 \text{ }^\circ C$ -Tage, $P_M = 0,035 \text{ Fr./Mcal}$, $n_{Kessel} = 0,7$, Laufzeit 20 Jahre, 6% Zins)

	FK_i (Fr.)	HK_i (Fr.)	GK_i (Fr.)
1fach-Verglasung	18.70	28.80	47.50
2fach-Verglasung	21.70	13.—	34.70
3fach-Verglasung	28.70	8.65	37.35
4fach-Verglasung	35.30	6.25	41.55



Annahmen

$K_M = 1,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ C$	$n_{Kessel} = 0,7$
$P_M = 0,035 \text{ Fr./Mcal}$	$\lambda = 0,035 \text{ kcal/m h } ^\circ C$
$HZ = 4000 \text{ }^\circ C$ Tage	$I = 0,85 \text{ Fr./m}^2 \text{ cm}$

Beispiel:

$K_{tot} = 0,64$ (Mauer + 2 cm Isolation) → in 20 Jahren
Fr. 3,2/Jahr m^2

opt. $K_{tot} = 0,23$ (Mauer + 11,6 cm Isolation) → in 20 Jahren
Fr. 1,8/Jahr m^2

Ersparnis in 20 Jahren Fr. 1,4/Jahr m^2 (44%)

Heizkosten nach Abzahlung Isolation Fr. 3,05 bzw. Fr. 1,10/Jahr m^2 , was einer Einsparung von 64 Prozent entspricht

Bild 4. Jährliche Gesamtkosten in Funktion der Wärmedurchgangszahl

Wie der Aufstellung entnommen werden kann, liegt die optimale Glaszahl bei diesem Beispiel zwischen zwei und drei (daran ändert auch eine wesentlich höhere Laufzeit wenig). Überlegungen im Blick auf die Raumbehaglichkeit (Oberflächentemperatur der Raumumschliessungsflächen) lassen es jedoch mehr als ratsam erscheinen, bei diesem Beispiel auf die 3fach-Verglasung zurückzugreifen. Die Tabelle offenbart auch im Vergleich mit Bild 4, wieviel mal teurer die jährlichen m^2 -Heizkosten bei Fensterflächen unter Vernachlässigung der bei Südfenstern teilweise nutzbaren Wärme durch Sonneneinstrahlung (in Zürich liegt der Anteil an Sonnenscheinstunden in den Monaten November bis Februar im Mittel bei 7%) zu stehen kommen als bei einer entsprechenden Wand. Dazu kommen noch Wärmeverluste durch nicht hermetisch dicht schliessende Fenster (Fugendurchlässigkeit), die den Gesamt-wärmeverlust eines Gebäudes massgebend beeinflussen können. Der Verminderung der Fugenverluste ist deshalb grösste Aufmerksamkeit zu schenken; besondere Falzdichtungen sind, auch wenn sie teuer sind, Investitionen, die sich in kurzer Zeit bezahlt machen. Denkbar und auch billiger wäre eine teilweise Festverglasung, weil ja zum Lüften sowieso nicht alle Fenster benötigt werden. Die Möglichkeiten zur Verminderung der Wärmeverluste an Fenstern (z. B. durch Isolierläden oder durch Fenster, die mit einem Gas von besonders niedriger Wärmeleitfähigkeit gefüllt sind) sind noch keineswegs voll ausgeschöpft und sollten m. E. auch noch intensiver studiert werden.

Zusammenfassung

Die unnütze Energieverschwendung lässt sich durch die Ausrüstung von Neubauten mit wirtschaftlich optimalen Isolationen vermindern. Die Kosteneinsparungen sind, bezogen auf die Transmissionsverluste, beträchtlich. Auf Sekundäreffekte wie:

- kleinere Heizanlage, kleinerer Brennstoffvorrat
 - kleinere Heizflächen (z. B. Radiatoren) und/oder tiefere Vorlauf- und Rücklauftemperaturen, bei geeigneten Voraussetzungen verbunden mit einem höheren Heizkesselwirkungsgrad
 - tiefere, als angenehm empfundene Raumtemperaturen, bedingt durch höhere Umgebungstemperaturen
 - Wärmeverluste durch Luftwechsel (Fugen- und Lüftungsverluste), die additiv und unabhängig von der Isolationsstärke bzw. der Verglasung auftreten
 - angenehmere Raumtemperaturen im Sommer
 - Wirtschaftlichkeit von Fernheiznetzen
 - Verwertung von Abwärme bzw. Energiearten, die bisher aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus nicht genutzt werden konnten,
- ist *nicht eingegangen* worden.

Die Betrachtung der einzelnen Hausteile allein (ausgenommen Gebäudeform und Fensterflächen) ist wegen der besseren Übersichtlichkeit und den einfacheren Optimierungsansätzen zu bevorzugen, da die Heizverluste sowieso praktisch voneinander unabhängig und additiv auftreten. Der Wärmever-

lust durch eine isolierte Wand ist gleich gross, ob nun in dem betreffenden Raum ein besonderes Wärmeschutzfenster oder ein undichtes bzw. halb offenes Fenster mit Einfach-Verglasung vorhanden ist, sofern die Innentemperatur aus Behaglichkeitsgründen (Zuglufteinflüsse) nicht erhöht wird.

Leider gibt es bis heute keine Möglichkeiten, Hauseigentümer *in ihrem eigenen Interesse* davon abzuhalten, *Halbheiten* durchzuführen. Diese Verkennung des Wärmeschutzes sollte schon aus Gründen diverser Auslandabhängigkeiten endgültig der Vergangenheit angehören, was bei der heutigen Skepsis gegen Empfehlungen nur durch eine entsprechend dem optimalen Nutzen-/Kostenverhältnis angepassten Baugesetzgebung und nicht durch eine *unnötige Subventionspolitik* erreicht werden kann. Der Hinweis auf die geringe Zahl der jährlichen Neubauten und damit der teilweisen Erneuerung des Gebäudebestandes berechtigt nicht zu einem weiteren Hinausschieben von Massnahmen, die nicht nur ergriffen werden sollten, sondern *ergriffen werden müssen*.

Adresse des Verfassers: René Weiersmüller, Industriestrasse 11, 8952 Schlieren

Auszeichnung für gute Bauten in Zürich

Die Stadt Zürich verleiht seit 1947 in ungefähr dreijährigem Zyklus Auszeichnungen für gute Bauten. Massgebend hierfür ist die Tatsache, dass architektonisch gute Bauten für das Stadtbild von grösster Wichtigkeit sind, wird das Gesicht der Stadt doch auf Generationen hinaus von den baulichen Leistungen geprägt.

Mit Genugtuung kann festgestellt werden, dass in der Bevölkerung das Verständnis für eine gute bauliche Leistung heute stark zugenommen hat. Doch gilt es nach wie vor, eine anständige Baugesinnung gegenüber einem rein spekulativen Denken zu fördern. Die «Auszeichnung für gute Bauten» will deshalb eine Baugesinnung des Bauherrn und Architekten ehren, die ein Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Gegenwart und der Zukunft gezeigt hat.

Aus verschiedenen Gründen umfasste die vorliegende Periode einen Zeitraum von vier statt drei Jahren. Dementsprechend war eine bedeutend grössere Zahl von Bauten zu beurteilen. Von den rund 800 (letztmals 600) in der Zeit von Januar 1972 bis März 1976 erstellten Bauten hat das Hoch-

bauamt 137 Objekte zur Besichtigung und Prüfung ausgewählt. Die Jury tagte unter dem Vorsitz von Stadtpräsident Dr. S. Widmer. Ihr gehörten ferner an: Stadtrat Edwin Frech, die Architekten Frédéric Brugger, Paul Biegger, Prof. Franz Oswald, Florian Vischer, Stadtbaumeister Adolf Wasserfallen sowie als Sekretär Dr. R. v. Tschärner. Wie gewohnt wurde das Urteil nicht nach einem «Punktverfahren» gefällt, sondern auf Grund eines differenzierten Abwägens am einzelnen Objekt. Des weiteren erfolgte keine absolute Beurteilung, sondern eine Beurteilung in den verschiedenen Gebäudekategorien. So wurden die Geschäftshäuser, Wohnüberbauungen, Kirchen usw. innerhalb ihrer Kategorie verglichen und bewertet. Primär wurde die Qualität der Bauten, daneben aber auch die Baugesinnung des Bauherrn berücksichtigt. Bei verschiedenen Objekten war man sich durchaus bewusst, dass den positiven Werten negative Faktoren gegenüberstanden. Den Bauherren und Architekten der prämierten Objekte wird wie bis anhin eine Urkunde überreicht, in der das mit der Auszeichnung bedachte Objekt genannt ist und zudem

Überbauung Haldenstrasse 166, 168, 170, Goldbrunnenstrasse 123, 127, 131, Gertrudstrasse, Bauherr: ABZ, Allgemeine Baugenossenschaft Zürich, Gertrudstrasse 103, 8055 Zürich, Architekt: Jakob Frei, Zürich



Gewerbeschulhaus Niklausstrasse 16/Gallusstrasse 29, Bauherr: Stadt Zürich, Architekt: Rudolf und Esther Guyer, Zürich