Wohnkolonie Limmatstrasse, Zürich: Ergebnisse der energetischen Sanierung: Umbauplanung, Energiekonzept und Erkenntnisse für energetische Sanierungen

Autor(en): **Brunner, Conrad U.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 12

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75427

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

gramm zur energetischen Sanierung der Gebäudebestand der Stadt Zürich untersucht, um systematisch den Energiehaushalt zu verbessern, mit dem Ziel, innerhalb von etwa 20 Jahren 30% an Heizenergie und 20% an Elektrizität einzusparen. Um die Kontinuität zu gewährleisten, werden jährlich Investitionen von 4–5 Mio Franken erforderlich.

Die Aufwendungen für Energiekosten der Stadt Zürich betragen heute pro Jahr fast 30 Mio Franken für die öffentlichen Gebäude. Diese Kosten sind kontinuierlich gestiegen – als Folge der veränderten Ölpreise. Der Stadtrat von Zürich ist deshalb der festen Überzeugung, dass *sinnvolle Energiesparinvestitionen sich lohnen* und einen wesentlichen und vor allem raschen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt leisten.

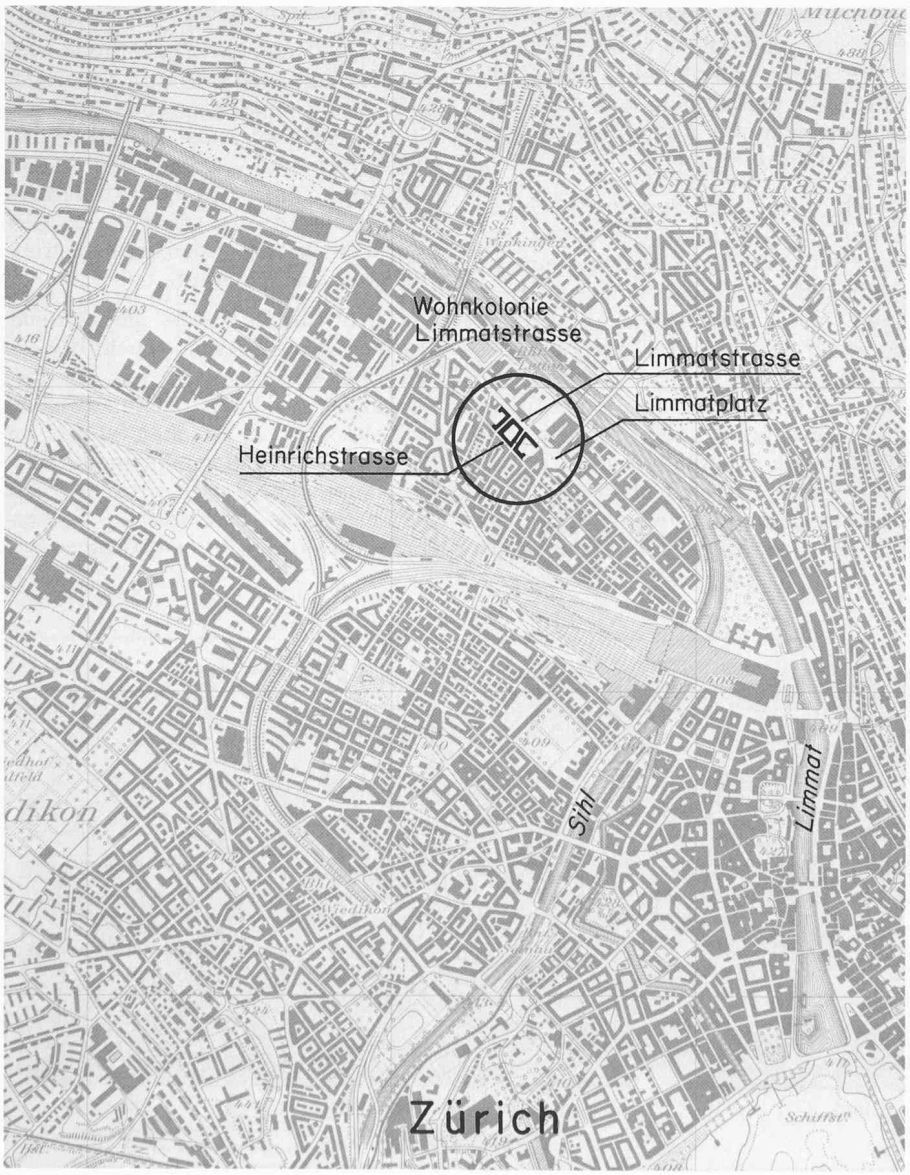
Umbauplanung, Energiekonzept und Erkenntnisse für energetische Sanierungen

Von Conrad U. Brunner, Zürich

Umbauplanung

Die städtische Wohnkolonie Limmatstrasse liegt im Industriequartier (Kreis 4) in der Stadt Zürich (Bild 1 bis 3). Die 1908 erbaute Siedlung mit ursprünglich 224 Wohnungen (Bild 4) war *zur Renovation fällig:* Die Ofenheizung galt als nicht mehr zeitgemäss (obwohl sie für Raumwärme sehr sparsam ist) und musste durch eine Zentralheizung ersetzt werden, die Toiletten waren durch ein Bad zu ergänzen, warmes Wasser sollte zur Verfügung gestellt werden, und die vorwiegend älteren Mieter sollten vom alljährlichen Ein- und Aushängen der Winterfenster entlastet werden. Dies war – neben den klassischen Erneuerungsarbeiten im Bereich Küche und Bad und dem zusätzlichen Einbau von 25 Dach- und 19 Alterswohnungen – die Aufgabe der Architektengemeinschaft Bolliger, Hönger, Dubach und Hertig, Hertig, Schoch, Zürich.

Bild 1. Lage der Wohnkolonie Limmatstrasse in Zürich (Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 27.1.1984)



Den Bauarbeiten gingen im Jahr 1974 *sorgfältige Grundlagenarbeiten* voraus, worin die städtebauliche Situation untersucht wurde. Erst diese Untersuchungen [1] führten zum Umbauentschluss und nicht zum vorher ins Auge gefassten Abriss der Siedlung. Eine aufschlussreiche Mieterbefragung setzte 1975 den Schlusspunkt des Sanierungsprogrammes. Mit den Bauarbeiten wurde 1978 begonnen und so einzelgebäudeweise bis 1980 alle Häuser saniert. Die alten Mieter wurden in bereits sanierte Wohnungen umgesiedelt, ausser in Fällen, wo die Mieter wieder ihre alte Wohnung beziehen wollten. Über 40% der Mieter haben die Sanierung mitgemacht und wohnen weiterhin zur Zufriedenheit in der Wohnsiedlung Limmatstrasse. Zu diesen ehemaligen Mietern gesellen sich nun auch zahlreiche Familien mit Kindern, welche für eine neue Belebung der Siedlung sorgen.

Energiekonzept

Für die Energieplaner stellte sich 1975 die Aufgabe, die mit kärglichem Komfort ausgestatteten, aber solid gebauten Häuser energetisch so zu behandeln, dass eine angemessene Verbesserung des Wohnkomforts nicht gleichzeitig eine starke Erhöhung des Energieverbrauches bedeute, wie das bis anhin sehr häufig der Fall war. Das Sanierungsprogramm umfasste denn auch zwei Kategorien von Massnahmen:

- die *normale Wärmedämmung* aller Wohnungen im Bereich Dach, Kellerdecke, Fenster und auf Teilen der Fassade (Bild 5), ohne Veränderung der äusseren Ansicht der Gebäude.
- die *versuchsweise Einführung* einer

totalen Wärmedämmung der Gebäudehülle wie auch die Erprobung von drei technischen Anlagen zur Verbesserung der Energienutzung: Gasmotorgetriebene Wärmepumpe mit Abwärmenutzung, Sonnenkollektoranlage und ein modulares Regelsystem, mit dem die Temperaturen in jedem Raum im voraus programmiert werden können und mit dieser Wärmebestellung eine Heizkostenverteilung erfolgt.

Ziel dieser parallel laufenden Versuche war es, einerseits die *Wirkung eines klassischen Energiesparprogrammes* in der Praxis zu prüfen und daneben mit weitergehenden technischen Massnahmen die *Grenzen heutiger Energienutzung*, die sich ohne Beanspruchung umliegender Liegenschaften machen lassen, aufzuzeigen. Im lufthygienisch in der Stadt Zürich am stärksten mit Schadstoffen belasteten Industriequartier müssen Energieverbrauchseinsparungen auch besonders unter dem Aspekt der Verminderung der Luftverschmutzung beurteilt werden. Versuchsobjekte waren einzelne Häuser innerhalb der Siedlung, die – in verschiedener Ausrüstung gebaut – während fast 3 Jahren im bewohnten Zustand untersucht wurden.

Die *Randbedingungen des Projektes* waren von Anfang an klar definiert: Die Ökonomie der Normalsanierung sollte für die Mieter vorteilhaft sein, die Mieter sollten durch den experimentellen Einsatz neuer Geräte nicht gestört werden, und die Wartung der neuen technischen Geräte sollte vom Hauswart selbst erfolgen können.

Bereits 1975 war aufgrund des vorgelegten Energiekonzeptes der Ablauf des Forschungsprogrammes in vier Schritten aufgezeigt worden:

- Messprogramm I (Ist-Zustand) im Winter 1976/77
- Sanierungsplanung 1977/78
- Bau und Inbetriebnahme der Anlagen 1979/80
- Messprogramm II (neuer Zustand) zur Erfolgskontrolle im Winter 1980/81 und 1981/82 [2, 3, 4].

Es muss an dieser Stelle betont werden, dass es einer ausgesprochen günstigen Konstellation bedurfte, um bereits 1975 ein inzwischen im In- und Ausland weit beachtetes Versuchsprogramm im Bereich Gebäudesanierung durchführen zu können. Weitsichtige Stadtbehörden, innovative Planer, Architekten und Ingenieure, verständnisvolle Mieter und engagierte Hausverwalter wie auch erfahrene Messspezialisten der Empa haben *zum erfolgreichen Abschluss der Arbeiten Ende 1982* wesentlich beigetragen.

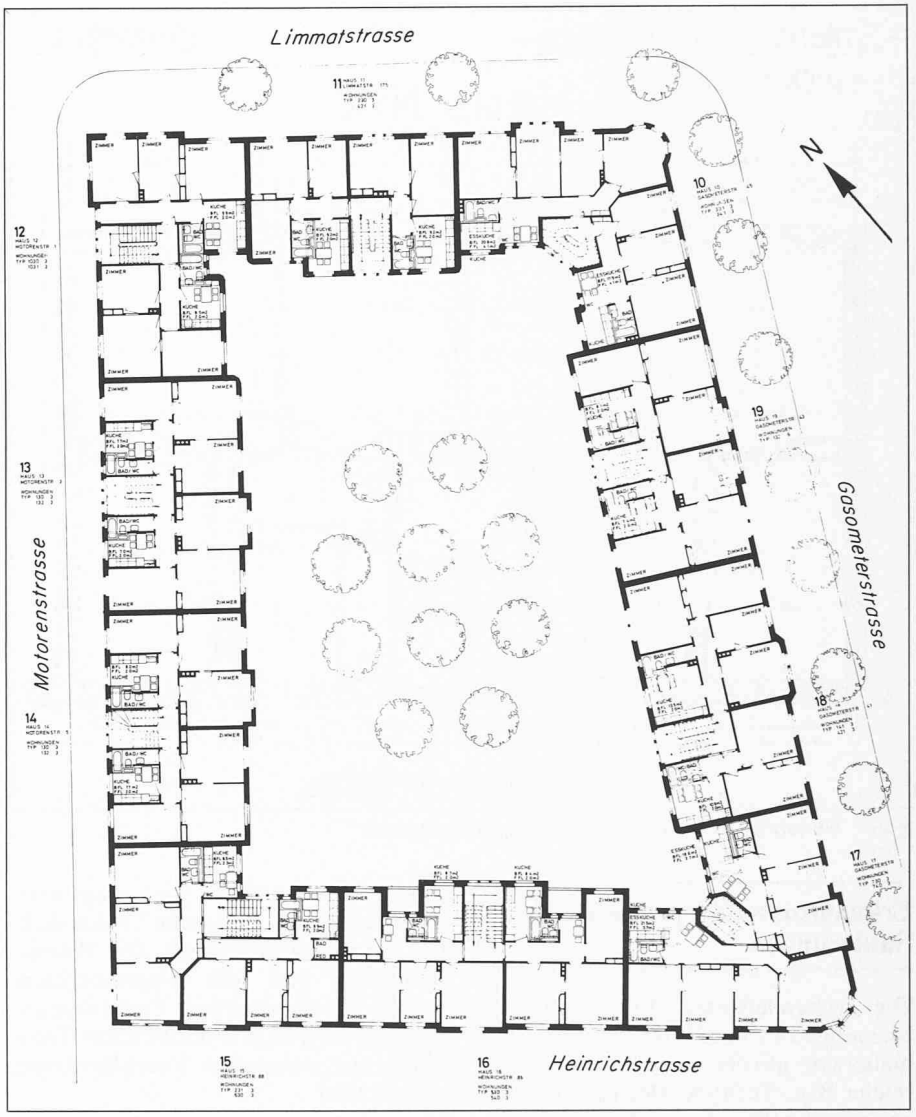
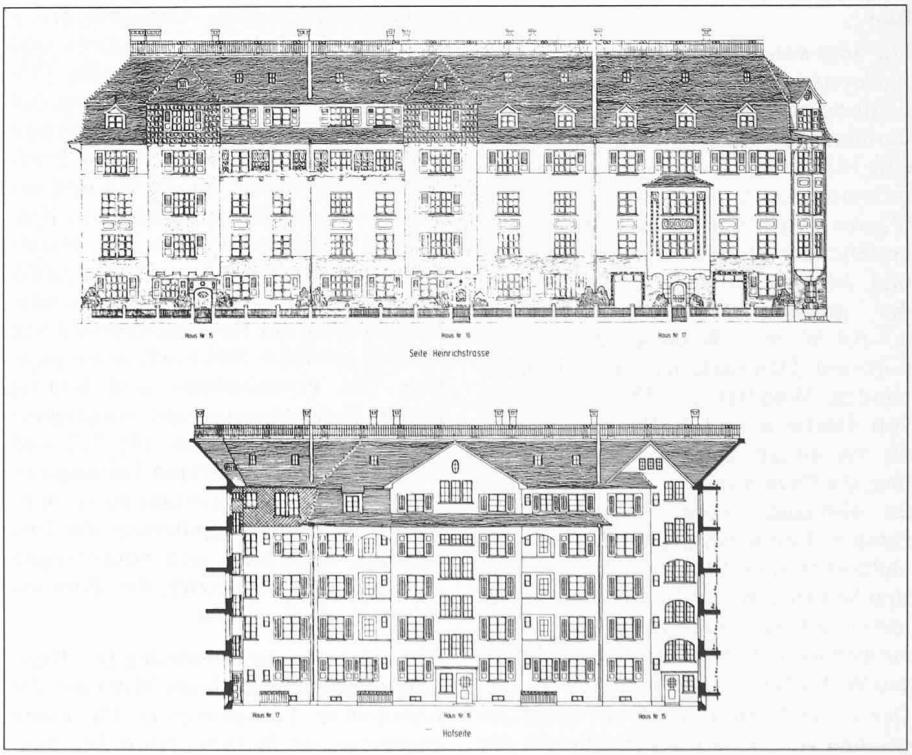


Bild 2. Situation des mittleren Blockes

Bild 3. Fassade gegen Strasse und Hof. Mittlerer Block an der Heinrichstrasse



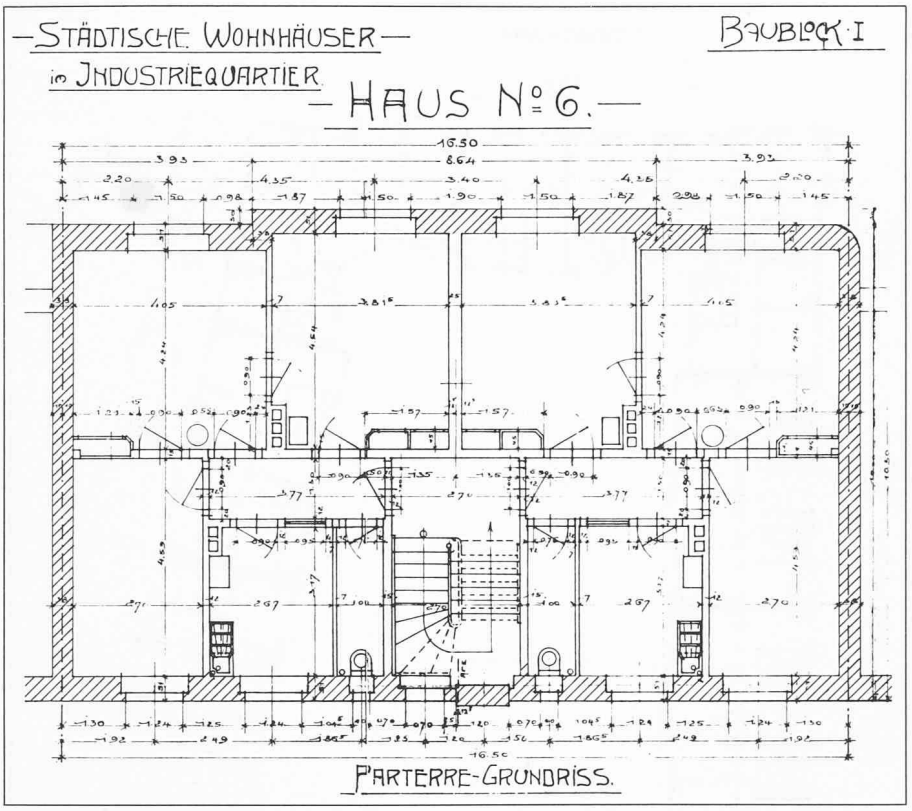


Bild 4. Grundriss von zwei normalen Wohnungen (alter Zustand)

Erkenntnisse für energetische Sanierungen

Die weitgefächerten Ergebnisse der Messungen in der Wohnsiedlung Limmatstrasse gliedern sich in die Teilbereiche Bau, Technik, Betrieb und Planung und sollen die wichtigsten, nunmehr geklärten Erkenntnisse für künftige Sanierungen und teilweise auch für neue Wohnbauten zusammenfassen:

Bau

Die angewendeten *differenzierten Wärmedämmungen,* die nur besonders exponierte oder gut zugängliche Flächen umfassen, haben sich bewährt: Sowohl eine Innendämmung als auch die Hohlraumdämmung der Fassadenteile erscheinen unter der Voraussetzung guter bestehender Backsteinmauern wirksam und kostengünstig. Die Ziel-*k*-Werte der gedämmten Flächen betragen 0,3–0,4 W/m² · K entsprechend etwa 6–10 cm Dämmaterial auf der bestehenden Wandfläche. Die Dämmung von Dächern und Kellerdecken wird als vorteilhaft und zwingend angesehen, die Dämmung der Fassade nur unter günstigen Voraussetzungen. Der Einsatz dreifachverglaster Fenster mit Holzrahmen und Fugendichtungen hat sich bewährt und sollte auch aus Komfort- und Schallüberlegungen bei einem notwendigen Fensterersatz zum heutigen Wohnstandard gehören.

Der *kontrollierte Luftwechsel* bleibt abgesehen von der baulichen Qualität der Fugen bei Fenstern, Wohnungstüren und Dachkonstruktionen hauptsächlich ein Benützerproblem. Die *Wärmedämmung* und die Fugendichtung schafft die notwendigen Voraussetzungen, um bei gutem Wohnkomfort Techniken zur rationellen Energienutzung einzusetzen.

Technik

Die *verwendete Gasheizung* hat die klassischen Mängel der Überdimensionierung gezeigt: zu hohe Abgastemperaturen, zu hohe Verteiltemperaturen und zu hohe Bereitschaftsverluste. Die präzise, d.h. knappe Dimensionierung mit etwa 40 bis 50 W pro m² Energiebezugsfläche (entsprechend der neuen Empfehlung SIA 384/2 bei −8 °C) und die bessere Leistungsregulierung von Kessel und Brenner im Heiz- und Warmwasserbereich bleibt das zentrale Anliegen für bessere Brennstoffausnutzung. Die Nutzung der Kondensationswärme im Gas erscheint technisch heute gegeben. Die *Verteilverluste* sind künftig durch Heizungsnetze auf niedrigerer Temperatur (60 °C statt 105 °C) und mit wesentlich verstärkten Leitungsisolationen (5–10 statt 2–4 cm) zu vermindern. Die *Mengenregulierung der Umwälzung* vermindert den notwendigen Aufwand für Elektrizität der Pumpen um mehr als die Hälfte.

Die *raumtemperaturabhängige Regelung* ermöglicht auch im Miethaus die notwendige Voraussetzung für einen angemessenen Wohnkomfort bei bestmöglicher Nutzung der Wärme. Die thermostatische Regulierung der Heizkörper ohne Verbrauchsabrechnung und ohne Verbesserung der Hauptregulierung hat in dieser Richtung erst einen Teilerfolg gebracht. Die Koppelung einer temperaturabhängigen Regelung in den einzelnen Räumen mit einer gerechten verbrauchsabhängigen Heizkostenverteilung, wie es das versuchsweise eingesetzte Regelsystem möglich macht, gibt dem Benützer den entsprechenden Feedback, der sein Verhalten positiv verändert. Dadurch werden im Bereich Raumwärme Einsparungen von etwa 30% gemessen.

Die *neue Technik* hat im Altbau in städtischen Verhältnissen für kleinere Häuser nicht ihre grosse Chance: Die Sonnenkollektoranlage ist durch die feste Orientierung und Neigung des Daches im Ertrag um etwa 20% gegenüber einer optimalen Plazierung beeinträchtigt. Die Gaswärmepumpe erfordert aus Platzgründen (Speicher) und für den notwendigen Lärmschutz im Altbau grosse Zusatzaufwendungen, die sich in dieser Form für kleinere Gebäudeeinheiten (10-Familienhaus) auf die Wirtschaftlichkeit ungünstig ausgewirkt haben. Immerhin hat der Wärmepumpenbetrieb samt Wärmerückgewinnung aus dem Abwasser und Absorber auf dem Dach keinen Zweifel an der Funktionstüchtigkeit der Anlage gelassen und auch in bezug auf regelmässige Wartung durch den Hauswart keine Anwendungsgrenze gezeigt. Der künftige Einsatz von Gasmotoren für Wärmepumpen wird bei etwa 60–100 kW Heizleistung, also bei etwa 3 Limmatstrasse-Häusern (etwa 30 Wohnungen), beginnen. Es ist vorgesehen, die bestehende Wärmepumpe nun nach Abschluss des Messprogrammes so zu modifizieren, dass sie im Sommerbetrieb 10 Häusern mit 100 Wohnungen Warmwasser liefern kann. Zudem wird die neue, benachbarte Siedlung Limmatstrasse II mit 150 Wohnungen in diesem Jahr eine für den Normalbetrieb vorgesehene Gaswärmepumpe erhalten.

Die *Wäschetrocknung* im gut isolierten Haus mit kühlen Kellern hat sich als besonders energieintensiv herausgestellt und sollte in Zukunft mit Entfeuchtern und nicht mit Heizlüftern gelöst werden.

Betrieb

Die zwei entscheidenden Gruppen im betrieblichen Bereich des Energiesparens sind *der Hauswart* und *die Bewohner* selbst. Dem Hauswart kommt eine wichtige Überwachungsfunktion zu: Jährliche Energiekosten von über Fr. 200 000 gehen hier durch seine Hände;

er muss ausgebildet sein, um die entsprechenden Regelorgane bedienen und den Wirkungsgrad der Anlage aufgrund von Messwerten ständig überwachen zu können. Eine reine Betriebsüberwachung genügt heute bei mittleren und grossen Anlagen nicht mehr.

Der Bewohner nimmt auf den Energieverbrauch bewusst und unbewusst Einfluss: Wie der unterschiedliche Elektrizitätsverbrauch der 3-Zimmer-Wohnungen von etwa 1:5 zeigt, sind *grosse Verhaltensunterschiede* zu beobachten. Die Ergebnisse des Testhauses mit programmierbaren Raumlufttemperaturen zeigen einen Unterschied von 40% vom höchsten zum tiefsten Verbraucher im gleichen Haus. Das beobachtete Fensterlüftungsverhalten der Bewohner reicht von zu sparsamen Lüftern bis zu einer beträchtlichen Zahl von Dauerlüftern, welche deutlich mehr lüften, als aus Komfort- und Energiegründen sinnvoll wäre. Bessere Regulierеigenschaften der Heizung unterstützen den sparsamen Mieter.

Die *verbrauchsabhängige Verrechnung der Energiekosten* ist heute erst beim individuellen Elektrizitätsverbrauch in den einzelnen Wohnungen gewährleistet. Dies ist an der Limmatstrasse nur etwa die Hälfte des gesamten elektrischen Verbrauchs, der übrige Teil wird für Waschen, Treppenhausbeleuchtung und Umwälzpumpen gebraucht. Das ist weniger als 10% des gesamten Energieverbrauches. Ein Weg zur Abrechnung des Heizenergieverbrauches wird mit modernen Mitteln im Testhaus gezeigt, damit wären etwa 60% des Energieverbrauches individuell erfasst. Die neueste Version dieser Geräte, die unter anderem auch in der neuen Siedlung Limmatstrasse II in 50 Wohnungen eingesetzt wird, schliesst den in seinem Anteil grösser gewordenen Warmwasserverbrauch mit ein: Dies ergäbe nun etwa 85%. Als letzte Grösse fehlen der allgemeine Elektrizitätsverbrauch in den Waschküchen und der bisher nur pauschal abgerechnete Kochgasverbrauch. In beiden Fällen sind technisch einfache Möglichkeiten gegeben, um die Sparsamen zu belohnen. Als *Zielsetzung* sind gerade auch beim energiegerechten Bau mittelfristig *alle Energien nach Verbrauch abzurechnen,* weil hier der Benutzereinfluss einen noch grösseren Stellenwert als bei «normalen» Wohnungen hat.

Planung

Die koordinierte Energieplanung erfordert eine *Zusammenfassung der Verantwortung* einer energetischen Optimierung über die Aufgaben im Bereich Bau, Heizung, Sanitär, Lüftung und Elektro in eine Hand, um integrierte

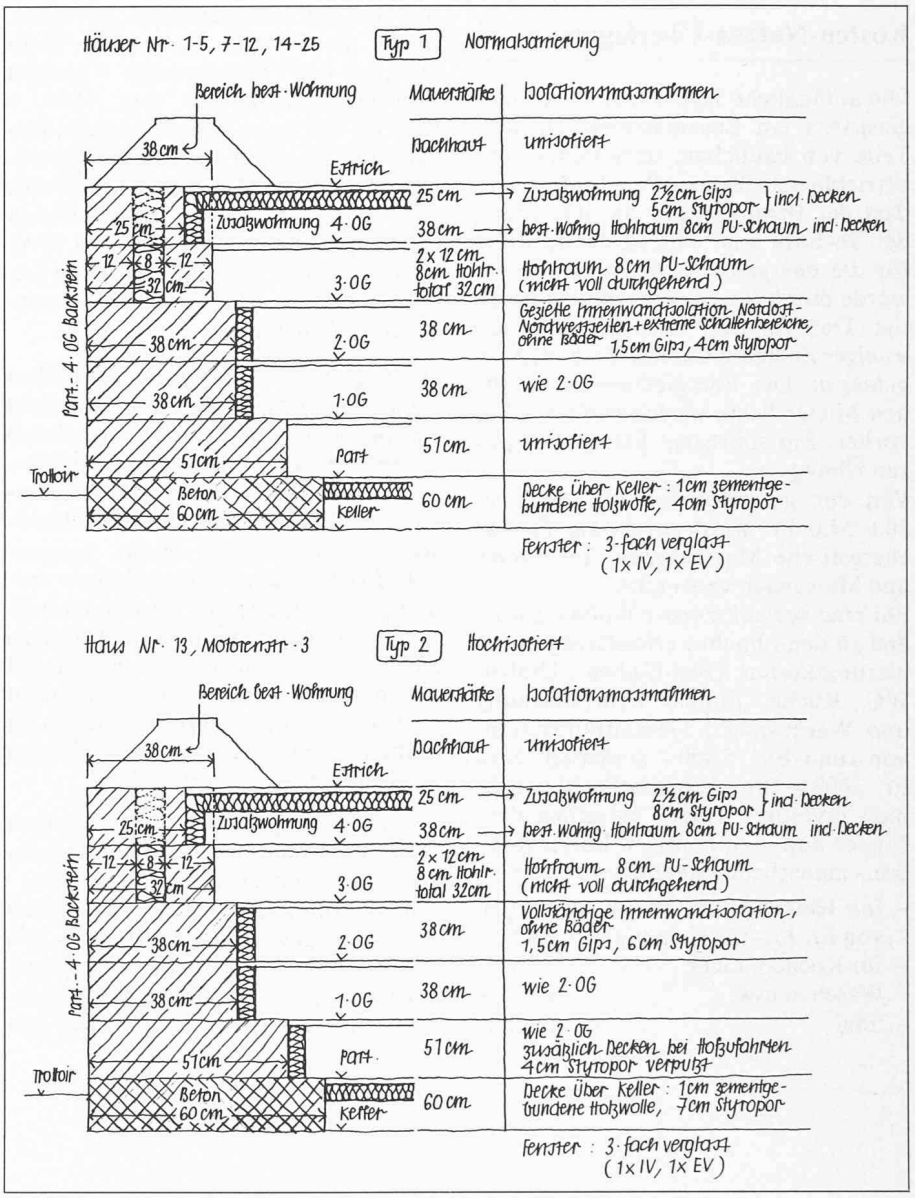


Bild 5. Schematische Darstellung der Wärmedämm-Massnahmen beim normal sanierten Haus (Typ 1) und beim hochisolierten Haus (Typ 2)

Lösungen zu erzielen, die für Eigentümer, Benützer und Umwelt optimal sind. Neue Verbrauchsnormen wie die künftige Empfehlung SIA 380/1 «Energie im Hochbau» [5], die Ende 1984 erscheinen wird, verlangen einen gesamthaften Nachweis als integrale Energiebilanz.

Die Lieferung aller energieverbrauchenden *Geräte* muss im Werkvertrag in bezug auf Wirkungsgrad, nicht nur auf Leistung, genau spezifiziert sein, und die entsprechenden Vertragswerte müssen bei der Abnahme im Beisein des Fachingenieurs gemessen und geprüft werden. Nur so lassen sich unerwünschte Abweichungen von den energetischen Anforderungen vermeiden.

Zusammengefasst heissen diese Erkenntnisse aus den Bereichen Bau, Technik, Betrieb und Planung,

- dass integrierte Planung notwendig ist,
- dass benützermotivierende Regulier- und Abrechnungsmethoden eingesetzt werden müssen,
- dass Dämmung und Dichtung differenziert nach den gegebenen Voraussetzungen eingesetzt werden sollen, sicher in Dach und Keller, wenn möglich auch bei Fenster und Fassade,
- dass der konventionellen Wärmeerzeugung mit Kesseln und Brennern sowie insbesondere der Wärmeverteilung spezielle Beachtung geschenkt werden soll und
- dass bei mittleren und grösseren Anlagen immer auch die Möglichkeit der Nutzung von Umweltwärme oder Abwärme mittels Wärmepumpen geprüft werden muss.

Damit lassen sich selbst alte Bauten mit Einzelofenfeuerungen auf ein zeitgemässes Komfortniveau anheben, ohne dass dazu ein Mehrverbrauch an Energie erforderlich ist.

Kosten-Nutzen-Überlegungen

Die anfängliche Hypothese, dass Energiesparen ein Zusammenwirken aller Teile von baulichen, technischen und betrieblichen Elementen erfordere und dass der Benützer und die Bedienung der Technik eine entscheidende Rolle für die energetische Wirkung spielen, wurde durch die Messergebnisse bestätigt. Der Versuch, *mehr Komfort mit weniger Energie* als vorher zu bieten, *ist gelungen*. Die Energiekosten sind für den Mieter heute niedriger als 8 Jahre vorher: Ein spürbarer Erfolg der ganzen Übung.

Von den gesamten Investitionen von 20,6 Mio Fr. wurden 1,5 Mio Fr. für energetische Massnahmen, Testhäuser und Messungen verwendet.

Für eine *normal sanierte Wohnung* wurden zu den ohnehin erforderlichen Sanierungskosten (Bad-Einbau, Umbau WC, Küche, Einbau Zentralheizung und Warmwasser, Gesamtrenovation) von rund Fr. 75 000.- zusätzlich etwa Fr. 2600.- für energetische Massnahmen investiert. Damit entstehen dem Mieter nun - zu heutigen Energiepreisen - monatliche Energiekosten von

- für Heizung und Warmwasser (davon Fr. 35.- für Heizung)	Fr. 52.-
- für Kochen, Licht, Waschen usw.	Fr. 43.-
- total	Fr. 95.-

Mit heutigen Energiepreisen gerechnet, würde die Energie einer alten Wohnung an der Limmatstrasse - gemäss Verbrauchserhebungen von 1974 - über Fr. 153.- pro Monat für Holz, Briquet, Öl, Gas und Elektrizität kosten. Der Mieter hat also damit im Schnitt gut Fr. 58.- pro Monat gespart. Die in der Normalsanierung gemachten Investitionen haben bei relativ geringen Kosten markante und lohnende Einsparungen gebracht.

Die detaillierte Analyse der Ergebnisse zeigt aber, dass der Sparerfolg bislang *fast ausschliesslich auf die verminderten Wärmeverluste des Gebäudes* zurückzuführen ist und dass die Warmwasserenergie und die Verteil- und Bereitschaftsverluste noch nicht entsprechend vermindert wurden. Zudem wurde festgestellt, dass die Verbrauchswerte für Wäschetrocknung und Hilfsenergie der Heizung noch zu hoch sind und mit heutigen Mitteln zu vermindern sind. Der erzielte Energieverbrauch ist deshalb noch nicht als untere Grenze zu verstehen, weil insbesondere

- Verbesserungen des Verteilsystems zur Verminderung der Wärmeverluste noch nicht ausgeschöpft wurden,
- die Wohnungstemperaturen durch die schlechte Regulierbarkeit - mit Ausnahme des versuchsweise eingesetzten programmierbaren Reglers im Testhaus - immer noch zu hoch sind und das Fensterlüftungsverhalten noch verbesserungsfähig ist und weil
- die systematische Verbesserung des Heizungsbetriebes weitere Einsparungen von etwa 10% im Wärmebereich erwarten lässt.

Literatur

[1] *Dubach, H.; Kicherer, G.; Kohlbrenner U.:* Planung Limmat Zürich, Bewohnerbefragung, Zürich 1974 (nicht veröffentlicht)

[2] *Clausen, H.:* Plenar Limmatstrasse, Dokumente einer energetischen Gebäudesanierung, Zürich 1981

[3] *Brunner, C. U.:* «Sanierung von Altbauten unter energetischen Gesichtspunkten (Fallstudie Limmatstrasse, Zürich)». Bauphysik Heft 1/1980, Berlin 1980

[4] *Brunner, C.U.; Gass, J.; Stachura, P.:* Wohnkolonie Limmatstrasse, Messprogramm II: Zwischenbericht der Messperiode 1980/81. Zürich 1980

[5] Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein: Empfehlung SIA 380/1 «Energie im Hochbau». Entwurf und ergänzender Bericht: *Brunner C.U., Garnier A., Kiss M., Moser R.*, Zürich, November 1983 (nicht veröffentlicht)

[6] *Brunner, C.U.; Müller, E.A.:* Strukturelle Verminderung des Energieverbrauches in Gebäuden (SVEG). Laufende Studie im Rahmen des Schweizerischen Nationalfonds (unveröffentlicht)

[7] *Peters, M.:* Experimentelle Steuerung des Energieverbrauchsverhaltens privater Haushalte. Laufende Studie im Rahmen des Schweizerischen Nationalfonds (unveröffentlicht)

Konzept und Ziele des Messprogrammes

Von Jürg Gass, Dübendorf

Messkonzept

Die Gesamtanlage des Experimentes kann mit zwei Begriffen umschrieben werden.

Erstens ist es eine typische *Vorher-Nachher-Studie*. Im Winter 76/77 wurden durch kontinuierliche Messungen der thermische Komfort und der Energieverbrauch in einem der Häuser (10 Wohnungen) im unsanierten Zustand erhoben. Die im Frühjahr 1980 begonnene Messreihe liefert neben weiteren Angaben die gleichen Informationen für den sanierten Zustand.

Zweitens ist es eine sogenannte *Test-Referenz-Studie*. In der jetzigen Phase stehen drei Testhäuser mit unterschiedlicher Ausrüstung zur Verfügung, die unter identischen klimatischen Bedingungen ausgemessen und gegeneinander verglichen werden konnten. Bei einem Testhaus handelt es sich um ein Referenzhaus (Typ Null), an dem mit Ausnahme des Anschlusses an die Zentralheizung keine speziellen energetischen Massnahmen vorgenommen wurden; das Haus Typ 1 steht stellvertretend für die restlichen Häuser der Wohnkolonie Limmatstrasse mit den vollzogenen Massnahmen der normalen energetischen Sanierung. In den 2 Testhäusern wurden die Sonnenkollektoren (Typ 2B) und die Wärmepumpe und das modulare Regelsystem (Typ 2A) installiert (Bilder 1 und 2).

Als zentrale Einheit für die Messeinrichtungen diente eine *mikroprozessorgesteuerte Datenerfassungsanlage*, die über eine Bildschirmkonsole programmiert und bedient werden konnte. Der Mikroprozessor übernimmt gleichzeitig auch die Aufgabe des Rechenwerkes für die Wärmezähleinheiten. Für die Datenaufzeichnung steht ein Magnetband-Kassettengerät mit einer Speicherkapazität von 1,8 MBytes pro Kassette zur Verfügung. Diese Anlage steht in einer als Messlabor freigehaltenen Wohnung des Testhauses Typ 2 A. Aus dieser Wohnung führen Kabelstränge durch das Kamin in den Keller und von dort entlang den Heizleitungen zu den übrigen Messhäusern und zur Wetterstation.

Messfühler

Im folgenden soll eine *Übersicht* über die Gesamtheit der installierten Fühler gegeben werden.