

Zeitschrift:	Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	102 (1984)
Heft:	12
Artikel:	Wohnkolonie Limmatstrasse, Zürich: Ergebnisse der energetischen Sanierung: Raumlufttemperaturen und Wärmeverbrauch der drei Testhäuser
Autor:	Gass, Jürg
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-75433

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>

schiedlichen Sollwerten der einzelnen Räume (z.B. Schlafzimmer 16 °C, Wohnraum 20 °C) mit dem Regelgerät ein stationäres Temperaturgefälle besser einzuhalten.

Die Steuerung der Vorlauftemperatur erfolgte nach Bild 2 und liegt erfreulicherweise im Tagesmittel besonders im milder Teil der Heizperiode deutlich unter der theoretischen Heizgeraden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei Anfall freier Wärme (Sonneninstrahlung durch die Fenster, elektrische Apparate, Personenabwärme usw. im Raum) die Magnetventile der Wohnungen schliessen und damit – auf der Basis einer statistischen Vorgabe in der Zentraleinheit – die Vorlauftemperatur reduziert wird. Diese *super-gleitende Regelung* kommt vor allem dem Betrieb von Wärmepumpen entgegen, die dank der tieferen Vorlauftemperatur bei diesem Regelsystem bessere Heizzahlen erreichen.

Die Unterschiede der von den Bewohnern «bestellten Raumwärme» lagen im Bereich von $\pm 20\%$ des Mittelwertes. Durch eine im zweiten Winter durchgeführte Orientierung der Bewohner konnte die Streuung auf etwa $\pm 15\%$ reduziert werden, ohne dass bisher in den beobachteten Häusern eine Abrechnung der Wärme nach diesen Bestellungen erfolgt wäre. In den beiden untersuchten Heizperioden (1980/81 und 1981/82) wurden lediglich die beiden sparsamsten Bewohner belohnt, die übrigen Mieter aber nicht am Erfolg (Mehr- oder Minderverbrauch) beteiligt. Aufgrund der Untersuchungen des Wärmeverbrauches in den 3 unterschiedlich ausgerüsteten Häusern

kommt die EMPA im folgenden Beitrag zum Schluss, dass in der Wohnsiedlung Limmatstrasse eine *Einsparung an Raumwärme von etwa 30%* durch das programmierbare Einzelraum-Regelsystem erzielt werden konnte. Dieser Wert ist grösser als ursprünglich erwartet und den Berechnungen zugrundegelegt wurde. Wenn die Bewohner durch eine Abrechnung der Heizkosten nach diesem System noch mehr für die Ausschöpfung der Sparmöglichkeiten mit dem Temperatur-Programm motiviert werden, sollten sie tatsächlich dieses Niveau halten oder noch übertreffen. Bereits hier konnte beobachtet werden, dass die Bewohner mit dem modularen Regelsystem deutlich *weniger unnötige Fensterlüftung* betreiben als die Mieter ohne dieses System.

Die damaligen Kosten des als Pilotanlage gebauten Regelsystems von etwa 5000 Fr./Wohnung (Zentraleinheit, programmierbare Wohnungseinheit, Magnetventile und Fühler pro Raum, inkl. hydraulische und elektrische Anschlüsse) konnten durch Serienfertigung bis heute noch deutlich gesenkt werden. Der Zusammenschluss von 20–60 Wohnungen wird zudem den Kostenanteil der Zentraleinheit reduzieren. In der Zwischenzeit ist mit einer neuen Generation der Seriengeräte auch der Einbezug des Warmwasseranteils möglich geworden. Damit kann der ganze Wärmeaushalt über diese moderne Art der Heizungsregelung abgerechnet werden. Etwa die Hälfte der Investitionskosten geht auf das Konto einer gerechteren Verteilung der Kosten, die andere Hälfte ist durch die Energieeinsparung gedeckt.

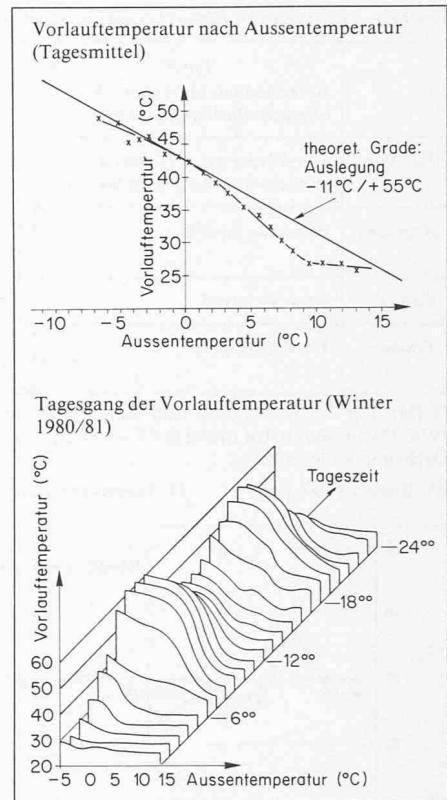


Bild 2. Vorlauftemperaturen im Haus mit dem modularen Regelsystem

Literatur

- [1] Becker, H.H.: Heizkostenverteiler nach dem Raumtemperaturverfahren, in Geräte und Verfahren für die verbrauchsabhängige Heizkostenverteilung, Sonderdruck aus Schweizerische Blätter für Heizung und Lüftung, Zürich 1983

Raumlufptemperaturen und Wärmeverbrauch der drei Testhäuser

Von Jürg Gass, Dübendorf

Raumlufptemperaturen in den Testhäusern

In den 3 Testhäusern wurden je in mindestens zwei Wohnungen in allen Räumen die Raumlufptemperaturen gemessen. Die Fühler sind jeweilen etwa 50 cm unter der Zimmerdecke angebracht und sind mit einem Aluminiummantel als Strahlungsschutz versehen. Das Hauptziel dieser Temperaturnmessungen war festzustellen, ob sich zwischen den verschiedenen Haustypen 0, 1 und 2 mit unterschiedlichen energetischen Sanierungsstufen (Tab. 1) im

Sommer ein durch die Gebäudehülle bedingter Temperaturunterschied ergibt und ob im Winter das modulare Regelsystem mit individueller Programmiermöglichkeit der Temperatur in jedem Raum im Haus Typ 2A zu tieferen mittleren Raumtemperaturen führt.

Die Zusammenstellung der Monatsmittelwerte der gemessenen Raumlufptemperaturen zeigt *keine wesentlichen Differenzen zwischen den verschiedenen Haustypen* (Bild 1).

Im Februar 1981 wurden die Häuser Typ 0' und 1 ohne Nachtabsenkung be-

trieben, was signifikant höhere Temperaturen bewirkte. Im Winter 1981/82 (Mitte November bis Ende Januar) wurde die Temperatur in der Messwohnung auf 15 °C eingestellt. In der Auswertung sind alle Messungen gleichermaßen berücksichtigt, wodurch der Mittelwert für das Haus Typ 2 signifikant tiefer liegt. Ab Februar 1982 wurde die Temperatur in der Messwohnung in allen Räumen tagsüber auf 21 °C und nachts auf 15 °C eingestellt. Obwohl diese Einstellung etwa derjenigen in den bewohnten Wohnungen entspricht, werden die Messwerte höher, da die unbewohnte Wohnung praktisch nie gelüftet wurde.

Anstelle eines Einflusses der Gebäudehülle oder des Regelsystems auf die Temperaturmittelwerte findet man, dass die Temperaturen stärker durch das Benutzerverhalten beeinflusst werden. Im Winter ist die Verteilung der

Tabelle 1. Die vorgenommenen energetischen Sanierungsmassnahmen der drei verschiedenen Testhäuser

	Typ 0' Referenzhaus ohne spezielle energetische Massnahmen *)	Typ 1 Normalhaus	Typ 2 Testhäuser mit Sonnenkollektoren und Wärmepumpenanlage
Heizung	Heizkörper unter Fenster an Aussenwand, Auslegung 90°/70 °C	wie Typ 0'	Plattenheizkörper an Innenwand, Auslegung auf 55°/40 °C
Regelung	manuelle Ventile	Thermostat- ventile überall	Elektronisches System mit Einzel- raumregelung
Fassade	keine Isolation	Teilisolation	umfängliche Isolation
Fenster	EV + Vorfenster	2fach IV und EV	wie Typ 1

*) Der Typ 0' unterscheidet sich vom Urzustand Typ 0 (vor Sanierung, erfasst mit Messprogramm 1976/77) nur durch den Ersatz der Einzelofen durch den Anschluss an die Zentralheizung und durch die Dach- und Kellerisolation

EV: Einfachverglasung

IV: Isolierverglasung

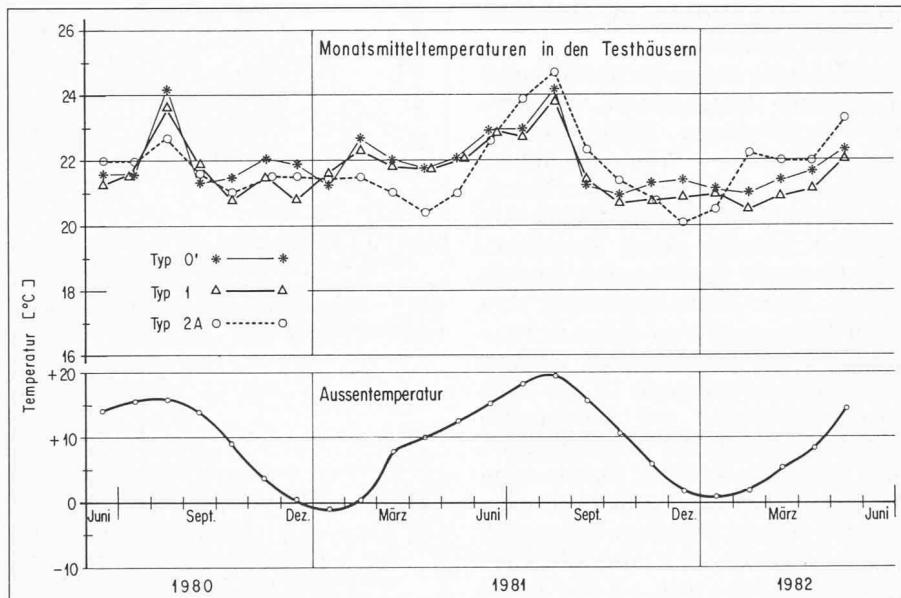
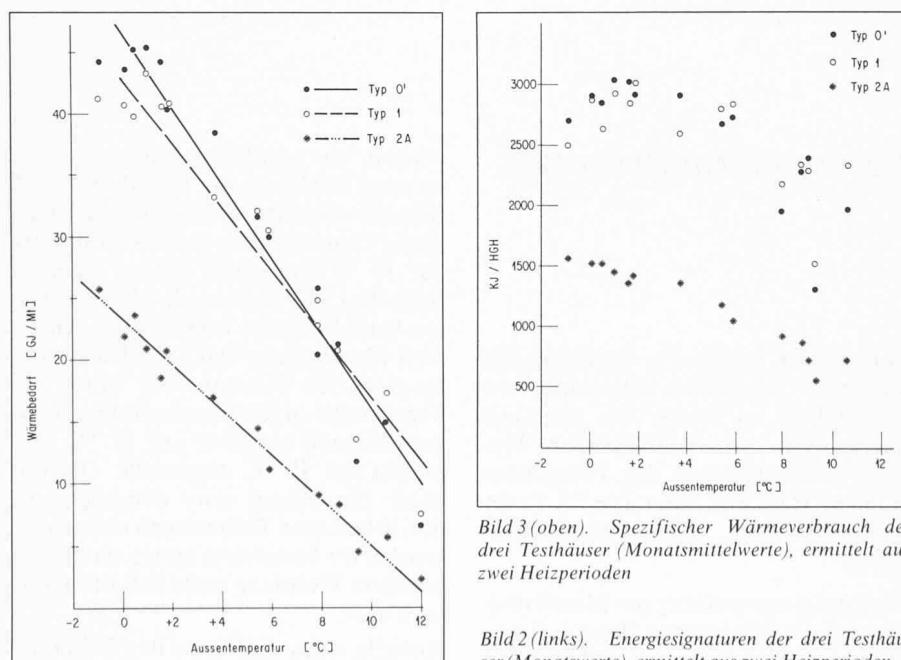


Bild 1. Monatsmittel der Raumlufttemperaturen in den Wohnungen der 3 Testhäuser in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur



Temperaturen in allen bewohnten Wohnungen dieselbe. Das deutet darauf hin, dass das Regelsystem im Haus

Typ 2A nicht zu tieferen Raumtemperaturen führte. Dies heisst nun allerdings nicht, dass das Regelsystem wir-

Tabelle 2. Temperaturen in unbeheizten Räumen

	[°C]	Typ 0'	Typ 1	Typ 2A
Treppenhaus	17,2	17,9	17,4	
Estrich	8,2	8,4	9,0	
Keller	16,4	16,0	-	

Aussentemperatur für die gleiche Periode: 5,0 °C

kungslos wäre, denn die gleiche Temperatur kann einmal durch eine angepasste Regelung und einmal durch Ablüften von Überschusswärme mit offenen Fenstern erreicht werden. Die Beobachtungen bestätigten auch, dass in den Wohnungen mit dem modularen Regelsystem deutlich weniger oft gelüftet wurde als in den anderen Wohnungen.

Temperaturen in unbeheizten Räumen

Bei Wärmebedarfsberechnungen treten immer wieder die Probleme auf, welche Temperaturen in den unbeheizten Nebenräumen herrschen. Zu diesem Zweck sind einige Temperaturwerte aus Estrich, Treppenhaus und Keller für die Heizmonate des Jahres 1981 in Tab. 2 zusammengestellt. Diese Messwerte sind natürlich nicht generell übertragbar, doch stellen sie Richtwerte für ähnliche Situationen dar.

Im Haus Typ 2A befinden sich die Dachabsorber der Wärmepumpenanlage. Im Estrich im Haus Typ 2A ist die Temperatur erstaunlicherweise höher als in den Häusern Typ 0 und 1. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die Dachkonstruktion durch den Einbau des Unterdachabsorbers an Dicke zugenommen hat, und dass der verringerte Wärmeverlust durch das Dach den Wärmebezug des Absorbers mehr als aufwiegt.

Gebäudehülle und Wärmeverbrauch

Für den Wärmeverbrauch eines Hauses ist der Zustand der Gebäudehülle eine massgebende Größe. Am Referenzhaus Typ 0' wurde die Gebäudehülle praktisch nicht verändert. Speziell isoliert wurde nur die Kellerdecke, weil dies wegen dem Einbau von Leitungen später nicht mehr möglich war, die Estrichdecke und die im Dachgeschoss neu eingebauten Zusatzwohnungen. Das normal sanierte Haus (Typ 1) wurde mit neuen dreifach verglasten Fenstern ausgerüstet und im Wohnbereich an der Nordwestfassade im 3. und 4. Obergeschoss zusätzlich isoliert. Beim

Testhaus Typ 2A wurde eine möglichst vollständige und gegenüber dem «Normalhaus» noch leicht verstärkte Isolation verwirklicht. Nur in den Stockwerken, in denen eine Innenisolation angebracht wurde, liess man diese im Bereich der Badezimmer aus Platzgründen weg (vgl. auch Bild 1).

Der Vergleich über den Wärmeverbrauch der verschiedenen Testhäuser wird auf der Stufe der Nutzenergie gezogen. Der durch die verschiedenen Wärmeerzeugungsanlagen bedingte Unterschied im Endenergiebedarf wird hier nicht betrachtet (Tab. 3). Anstelle einer Abstufung von 100% : 89% : 79%, wie sie der ursprünglich beim Projekt berechnete spezifische Wärmebedarf für die Typen 0', 1 und 2 ergab, findet man, dass der gemessene Wärmebedarf bei den normal sanierten Häusern (Typ 1) nur wenig tiefer liegt als beim Typ 0' ohne spezielle energetische Massnahmen. Das Haus Typ 2A mit der Wärmequelle und dem modularen Regelsystem hingegen verbraucht weniger als die Hälfte der Wärme der beiden anderen Häuser.

Analyse des Wärmeverbrauchs

Anfänglich scheint es kaum glaubhaft, dass das Haus Typ 2A weniger als die Hälfte der Heizwärme der beiden anderen Häuser benötigt. Wenn man die Werte aber in Relation zu den Werten des Rechenprogrammes JAENV [1] für 1981 bei gleichen Randbedingungen und gleichem Benutzerverhalten stellt, findet man folgende Abweichungen des Messwertes vom Rechenwert:

Haus Typ 0'	+ 15%
Haus Typ 1	+ 35%
Haus Typ 2A	- 24%

Diese Abweichungen können vorwiegend als Benutzerverhalten taxiert werden, das vor allem in der Wahl der InnenTemperaturen und den Fensteröffnungsdauern besteht. Eine Untersuchung an gleichartigen Einfamilienhäusern [2] hat gezeigt, dass das Benutzerverhalten im Bereich - 50% bis + 50% liegt, die gefundenen Werte damit sehr wohl möglich sind. Damit kann der Einfluss der verbesserten Isolation des Hauses Typ 1 gegenüber dem Haus Typ 0' zwar rechnerisch ermittelt werden, der experimentelle Nachweis jedoch gelingt wegen der viel grösseren Streuung des Benutzerverhaltens nicht.

Weitere Erkenntnisse können aus der *Energie-Signatur*, d.h. des Wärmebedarfs als Funktion der Aussentemperatur oder des spezifischen Wärmebedarfs pro Heizgradstunde ebenfalls als

Tabelle 3. Gemessener Wärmeverbrauch der 3 Testhäuser

	Typ 0' [GJ]	Typ 1 [%]	Typ 2A [GJ]	Typ 2A [%]
Periode 80/81	235	100	222	94,7
Periode 81/82	235	100	232	98,9

Funktion der Aussentemperatur gewonnen werden (Bild 2). Für das Haus Typ 2A ergibt sich für beide Darstellungen (gesamter Wärmebedarf und spezifischer Wärmebedarf) nahezu eine Gerade. Die für tiefere Aussentemperaturen ansteigende Gerade des spezifischen Wärmebedarfs zeigt den stetig kleiner werdenden Anteil der freien Wärme. – Ganz anders ist die Situation bei den Häusern Typ 0' und 1. Bei Aussentemperaturen unterhalb von +2 °C steigt der Wärmebedarf plötzlich nicht mehr weiter an. Der spezifische Wärmebedarf wird plötzlich kleiner. Dieser Effekt lässt sich nur durch eine Änderung des Benutzerverhaltens bei tiefen Aussentemperaturen erklären. Wenn die Luft draussen sehr kalt ist, werden die unnötigen Fensteröffnungszeiten vermieden. In dieser kalten Situation ist auch der spezifische Wärmebedarf des besser isolierten Hauses Typ 1 tiefer als derjenige des Hauses Typ 0'. In wärmeren Situationen überwiegt dann sofort der Benutzereinfluss, und die Werte streuen stark.

Sparpotential des Regelsystems

Der Wärmeverbrauch des Hauses Typ 2A liegt 54% unterhalb demjenigen des Hauses Typ 0'. 21% der Einsparung gehen gemäss detaillierten Berechnungen auf das Konto der verbesserten Isolation. Die innenliegenden Heizkörper beeinflussen den Wärmeverbrauch auf zwei Arten. Einerseits verursachen die aussenliegenden Heizkörper wärmere Zonen an der Aussenwand, die hier weggelassen. Zweitens wird die Thermikströmung über die Fensterscheiben langsamer sein, wenn kein Heizkörper darunter ist. In der Summe dürfte der innenliegende Heizkörper höchstens eine Ersparnis von 3–4% bringen.

Die übrigen 30% Einsparung gehen auf das Konto des Regelsystems und des Benutzerverhaltens. Ebenfalls in das Benutzerverhalten einzuschliessen ist ein eventueller Einfluss des Temperaturniveaus des Heizsystems, denn außer den Verteilverlusten im Keller (die hier nicht ins Gewicht fallen), hat dieses nur via das Komfortempfinden des Benutzers und dessen Reaktion einen Einfluss auf den Wärmebedarf. Die Energieeinsparung durch Regelsystem und

Benutzerverhalten lässt sich nicht mehr weiter aufschlüsseln, da sich beide auf die Ausnutzbarkeit der freien Wärme auswirken.

Das Regelsystem selbst hat die folgenden Vorteile, die zu Energieeinsparungen führen:

- Die vom Bewohner digital vorgeählte Temperatur wird relativ genau eingehalten.
- Die Vorlauftemperatur der Heizung wird so geregelt, dass die Heizkörperventile im Mittel etwa $\frac{1}{3}$ geöffnet sind. Damit wird erreicht, dass das ganze Verteilnetz von der Innentemperatur geregelt wird. Bei einer üblichen Regelung mit Thermostatventilen wird nur der Heizkörper geregelt, nicht aber die Wärmeabgabe der Leitungen.

Von der Benutzerseite her kann selbst auch ein Unterschied im Verhalten erwartet werden. Die Bewohner der Häuser Typ 0' und 1 sind im Mittel etwa 50 Jahre alt, währenddem die Bewohner im Haus Typ 2 im Mittel etwa 38 Jahre alt sind. Das könnte bedeuten, dass diese von sich aus ein energiebewusstes Verhalten an den Tag gelegt haben. Dieser Einfluss kann nicht weiter quantifiziert werden. Ein grosser Anteil der Energieeinsparung geht wahrscheinlich auf eine Koppelung zwischen dem Benutzerverhalten und dem Regelsystem zurück. Als solche Koppelungsvorgänge kann man sich vorstellen:

- Das digitale Eingeben einer Solltemperatur erzeugt bei Benutzer trotz elektronischem Gerät eine deutlichere Vorstellung einer Thermostatfunktion als die Benützung eines Thermostatventils.
- Die mit dem Regelsystem verbundene individuelle Heizkostenabrechnung fördert den Sparwillen (es wurde zwar keine eigentliche individuelle Abrechnung durchgeführt, doch wurden an besonders sparsame Bewohner Prämien ausbezahlt).
- Die bessere Regelung der gesamten Wärmeabgabe verhindert Übertemperaturen, die zu einem übermässigen Öffnen der Fenster und damit doch wieder zu einem zusätzlichen Energieverbrauch führen.

Die hier vorgebrachten Erklärungen über den Problemkreis Regelsystem und Benutzerverhalten sind eher Ver-

mutungen als Tatsachen. Die Vermutungen liegen nahe, dass damit eine Energieeinsparung von etwa 30% in Verbindung gebracht werden muss. Es ist deshalb sinnvoll, dass dieses Problem in Zukunft Gegenstand weiterer Untersuchungen sein wird.

Literatur

- [1] Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt: «Heizenergieverbrauch von Wohnbauten, Theoretische Untersuchung anhand von Modellrechnungen». EMPA-Bericht Nr. 39 200, Dübendorf 1980
- [2] Mühlbach, H.; Baumgartner, T.; Hartmann, P.: «Messprojekt Maugwil, Messprogramm und Resultat-Übersicht». Wärmeschutzforschung im Hochbau, 2. Schweizerisches Status-Seminar, EMPA, Dübendorf 1982

Messwerte des Warmwasserverbrauchs als Planungsgrundlagen

Von Jürg Gass, Dübendorf

In der gesamten Wohnkolonie Limmatstrasse wurden jährlich rund 12 000 m³ Warmwasser oder täglich rund 52 l pro Person bzw. 129 l pro Wohnung verbraucht. In den zwei Häusern Typ 2A und 2B wurde zusätzlich während 2 Jahren der stündliche Warmwasserverbrauch gemessen. Diese Daten sind des-

halb interessant, da in der nächsten Zeit viele ähnliche Wohnsiedlungen mit einer ähnlichen Bewohnerstruktur saniert werden müssen. Die vorliegenden Warmwasser-Verbrauchsdaten der zwei Testhäuser Typ 2A und 2B können auch auf neue Projekte übertragen werden. Damit dieser Bezug hergestellt werden kann, seien hier die notwendigen Angaben über die Anzahl der Bewohner zusammengestellt:

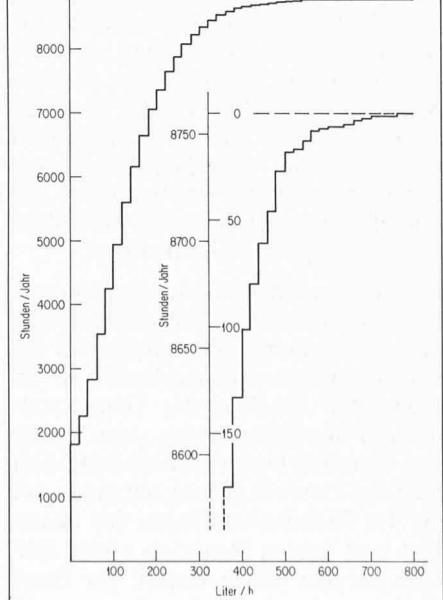
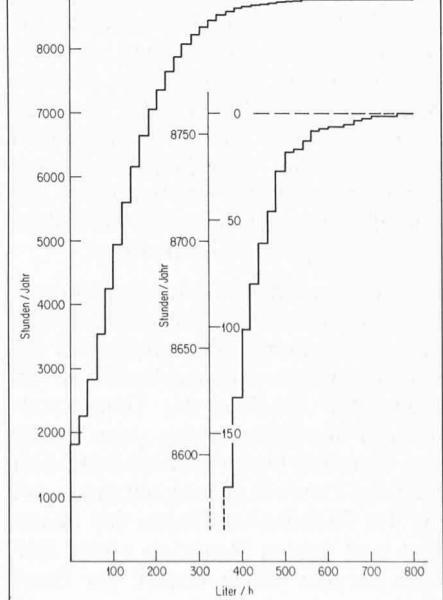
Motorenstrasse 3: 9 bewohnte Wohnungen, 1 Messwohnung unbewohnt. 18 Erwachsene, 3 Kinder.

Motorenstrasse 5: 10 bewohnte Wohnungen. 18 Erwachsene, 4 Kinder.

Total: 19 bewohnte Wohnungen, 1 unbewohnte Wohnung. 36 Erwachsene, 7 Kinder.

Bild 1. Wochenprofil des Tagesmittelwertes des Warmwasserverbrauchs

Bild 2. Tagesverlauf des stündlichen Warmwasserverbrauches (Messwerte an 19 Wohnungen über das Winterhalbjahr)



Die zahlreichen Daten können auch verwendet werden, um statistische Angaben über die *Verbrauchsgewohnheiten für Warmwasser* zu liefern. Solche Angaben können für die richtige Dimensionierung von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen verwendet werden. Bild 1 zeigt ein *wöchentliches Verbrauchsprofil* für Sommer und Winter. Der wöchentliche Verbrauch für diese beiden Häuser liegt im Winter mit 13 936 l/Woche fast 20% über dem sommerlichen Verbrauch von 11 791 l/Woche. Auch die einzelnen Wochentage unterscheiden sich deutlich voneinander. Über das Wochenende steigt der Verbrauch stark an, insbesondere im Winter.

Die Verbrauchsprofile in Bild 2 sind auch für die *Planung von solaren Wasserwärmungsanlagen* wichtig, da die Speicherdimensionierung im wesentlichen vom Zusammenspiel zwischen dem Anfall an Sonnenenergie und dem Verlauf des Bedarfes an Warmwasser abhängt. Die Analyse dieser Verbrauchsprofile zeigt in allen vier Fällen *drei Spitzen*, nämlich eine Morgen-, eine Mittags- und eine Abendspitze. – Die extremste Morgenspitze findet man am Sonntagmorgen zwischen 9 und 10 Uhr, und zwar praktisch identisch für Sommer und Winter. Im Sommer geht dann der Verbrauch gegen Mittag viel rascher zurück als im Winter, so dass die Mittagsspitze fast verschwindet. Der Sonntagnachmittag im Sommer zeigt im Gegensatz zum Winter ein ausgeprägtes Tal. Der Verlauf am Abend ist dann wieder ähnlich wie an den Wochentagen.

Für die *Dimensionierung von Trinkwasser-Erwärmungsanlagen* (Größe des Speichers und notwendige Wärmeleistung) ist die Information über die auftretenden Bezugsspitzen und deren Häufigkeit notwendig. Diese Information kann direkt aus der *Summenhäufigkeitskurve* (Bild 3) abgelesen werden. Wird die Anlage z. B. auf etwa $\frac{1}{3}$ des mittleren Tagesbedarfes pro Stunde dimensioniert, so wird sie nur während knapp 7 h pro Jahr den Anforderungen nicht genügen.