

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 118 (2000)
Heft: 11

Artikel: Nachhaltige Haustechniklösung: Minergie-Standard für ein Mehrfamilienhaus mit Wohnungslüftung
Autor: Hässig, Werner / Graf, Andreas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79886>

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: 14.05.2025

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

Werner Hässig, Zürich, Andreas Graf, Brugg

Nachhaltige Haustechniklösung

Minergie-Standard für ein Mehrfamilienhaus mit Wohnungslüftung

Dieser Bericht zeigt am Beispiel des Mehrfamilienhauses Focus, wie Haustechnik bei einem – was Nachhaltigkeit betrifft – anspruchsvollen Gebäude gelöst werden kann. Der Bau wurde im Herbst 1997 in Uster fertiggestellt. Nach zwei Jahren Betrieb kann nun über Erfahrungen und Messungen Rechenschaft abgelegt werden. Festzustellen ist, dass sich das einfache Lüftungskonzept bewährt und ein hoher Komfortstandard bei einem tiefem Energieverbrauch erreicht worden ist.

Die junge Wohnbaugenossenschaft Focus hatte klare Vorstellungen für den zu realisierenden Wohnraum. Die zehn geplanten Eigentumswohnungen sollten gemeinschaftliche wie auch individuelle Bedürfnisse abdecken und trotz knappem Kostenrahmen weitgehend ökologische Postulate erfüllen. Der erste Schritt bestand in der Standortwahl. In Uster konnte in einem schönen Wohnumfeld ein verkehrsgünstig gelegenes Grundstück erworben werden. Die Anforderungen an das Projekt lauteten:

- gesundes Wohnklima durch ökologische Materialien
- tiefer Energie- und Wasserverbrauch
- viel Tageslicht
- zeitgemässe Architektur

In enger Zusammenarbeit des Architekten, der Energieplaner und der stets grösser werdenden Baukommission (pro verkauft-

te Wohnung eine Vertretung) ging man daran, die Vorstellungen untereinander abzustimmen, ein Gesamtkonzept zu erarbeiten und in konkrete Pläne umzusetzen. Die reine Planungszeit betrug ein knappes Jahr. Im Oktober 1996 war Baubeginn, allerdings durch einen Rekurs verspätet. Alle Wohnungen verkauften sich schnell und mit minimalem Werbeaufwand. Vor zwei Jahren (im Herbst 1997) konnte das Gebäude bezogen werden.

Vom Energiekonzept zum Nachhaltigkeitskonzept

Werden die Grundrisse und Einrichtungen befriedigen? Ist die Wohnungslüftung wirklich so angenehm wie immer gesagt wird? Wird der angestrebte, tiefe Energieverbrauch (Minergie-Standard) wirklich erreicht und werden sich die Techniken bewähren? Solche und ähnliche Fragen beschäftigten die Bewohner beim Bezug der Wohnungen. Nach zwei Jahren Betrieb soll nun eine erste kritische Bilanz gezogen werden. Dabei kommen sowohl die Planenden als auch die Bewohnerinnen und Bewohner des Hauses zu Wort.

Das Gebäude wurde durch das Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamtes für Energie (BFE) finanziell unterstützt und nach den Kriterien von «Energie 2000 Nachhaltiges Bauen» in allen nötigen Belangen (Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft) optimiert. So spielten etwa die Standortwahl, drastisch reduzierter Energie- und Wasserverbrauch, effizien-

ter Flächeneinsatz sowie reduzierte Stoff- und Materialflüsse bei kostengünstiger Bauweise und einem umfassenden Einbezug der Nutzerbedürfnisse eine wichtige Rolle. Fachwissen, Ideen und eine kooperative Zusammenarbeit zwischen Architekt, Energieberater und Bauherrschaft waren die Grundlagen bei der Planung und Realisierung des Focus-Hauses (Bild 1).

Der Erfolg dieses Gebäudes spiegelt sich heute in zufriedenen Bewohnern, tiefen Kosten und vielen erfüllten Nachhaltigkeits-Postulaten wider. Als Beispiel: Die gesamten Kosten für Erdgas (Heizen und Warmwasser) betrugen im ersten Jahr 2080 Franken und im zweiten Jahr 2380 Franken. Dies ergibt pro Wohnung und pro Monat im Durchschnitt nur noch Fr. 18.60. Für den Stromverbrauch der Lüftung kommen monatlich Fr. 8.65 dazu. Der Energieverbrauch beträgt etwa einen Drittel eines gewöhnlichen Neubaus oder etwa 20% des heutigen üblichen Gebäudebestandes.

Gebäude

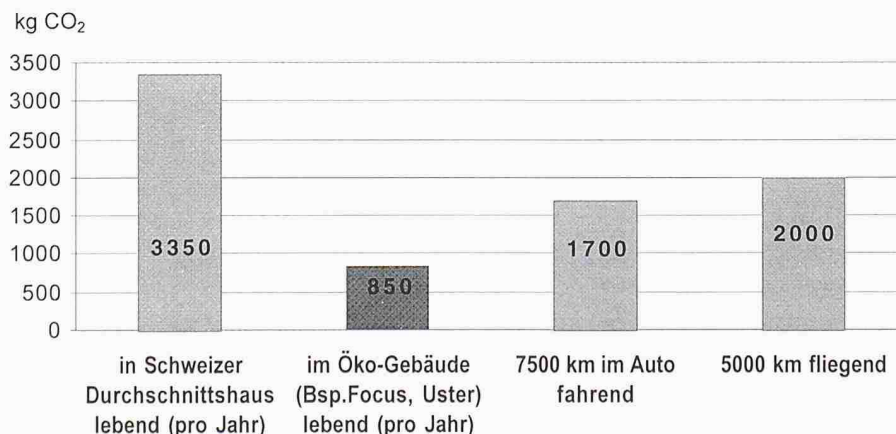
Das Haus strahlt durch seine klare äussere kubische Erscheinung und die auf wenige Elemente reduzierten Fassaden Zurückhaltung und Einheitlichkeit aus, während sich im Innern die vielfältigen Vorstellungen zeitgemässen Wohnens von zehn verschiedenen Familien verwirklicht haben. Der einfache Aufbau, der sich in einen grauen Hauptkörper, einen darauf auflagernden holzverkleideten Attikakörper und einen markanten, mit grünem Kupferblech verkleideten dreieckigen Treppenaufgang auf die Dachterrasse gliedert, verleiht dem Haus seine Zeichenhaftigkeit (Bilder 2 und 3).

Als Kontrast zu den naturbelassenen Fassadenmaterialien wurden in den Innenräumen die natürlichen Oberflächen von Holz, Kalksandstein und Sichtbeton durch farbige Lasuren und Anstriche verfeinert.

Vierzehn Quadratmeter grosse Zimmer, Raumtrennungen durch Schiebewände, wahlweiser Einbau von Schrankfronten oder Trennwänden sowie separat vom Treppenhaus zugängliche Zimmer erlauben unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten. Ein Gemeinschaftsraum im Erdgeschoss, Aufenthaltsbereiche im Treppenhaus und eine Dachterrasse erweitern die individuellen Wohnbereiche.

Haustechnik und Energieeinsparung

Grosses Gewicht wurde auf die Reduktion von Energie- und Wasserverbrauch gelegt. Die Wärmeverluste des Hauses konnten dank der kompakten Gebäudeform sowie der Verwendung von



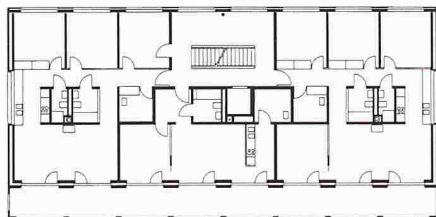
1

Der CO₂-Ausstoss einer Person bedingt durch den Energieverbrauch: Der Vergleich zeigt die grossen Reduktionen dank nachhaltiger Bauweise. Die CO₂-Emissionen, verursacht durch die Mobilität, spielen eine immer grössere Rolle. Deshalb wurden beim Focus-Haus auch verkehrsplanerische Massnahmen getroffen



2

Haus Focus: Ansicht von Nordosten



3

Grundriss Obergeschoss

hochwertigen Fenstern und einer überdurchschnittlichen Isolation der Gebäudehülle minimiert werden, was den Einsatz einer Luftheizung mit Wärmerückgewinnung ermöglichte. Das Zusammenspiel verschiedener Massnahmen führt dazu, dass das Haus nur noch einen Drittel der Energie eines konventionellen Neubaus verbraucht. Aber auch der Wasserverbrauch wurde mehr als halbiert. Die Kosten erfüllen die Vorgaben des Wohneigentumsförderungsgesetzes für Eigentumswohnungen.

Aufgrund der Mehrkosten im Bereich der Gebäudehülle, hervorgerufen durch die sehr guten Verglasungen und Wärmedämmung, mussten für die Haustechnik nach günstigen Lösungen gesucht werden. Eine kondensierende Gas-Wandtherme mit 25 kW Heizleistung war eine erste kostensenkende Massnahme. In dieser Leistungsklasse sind wegen hoher Stückzahlen sehr günstige Heizungen erhältlich. Eine elektrische Direktheizung in jeder Wohnung (à 2,5 kW) wurde geprüft, aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen jedoch wieder fallengelassen. Aus energetischen und Komfortgründen

wurde von Anfang an eine kontrollierte Wohnungslüftung in Erwägung gezogen. Um weitere Einsparungen zu erzielen, beschloss man, das Kanalsystem der Frischluftversorgung der Räume auch für die Heizverteilung zu verwenden. Ferner sollte nach Möglichkeiten gesucht werden, passive Sonnenenergie sowie die Wärme eines allenfalls vorhandenen Holzofens auch in die Nordzimmer zu verteilen. Für die Warmwasservorwärmung sollte eine Solaranlage zuständig sein.

Das Lüftungs- und Heizkonzept funktioniert folgendermassen (Bild 4): Die Aussenluft wird zentral angesaugt, durch erdverlegte Rohre vorgewärmt und im zentralen Lüftungsgerät gefiltert und mit rückgewonnener Abluftwärme auf Solltemperatur gebracht. Nun wird die vorgewärmte Frischluft in jede Wohnung verteilt (Bild 5). Die Luftmenge ist konstant und abhängig von der Wohnungsgrösse.

In der Übergangszeit strömt die Zuluft (ohne Nachheizung) mit annähernder Raumtemperatur durch den Bodendurchlass im Fensterbereich jedes Zimmers. Falls nötig wird im Reduit jeder Wohnung die Luft individuell und vollautomatisch nachgeheizt. Die Heizwärme wird über zwei hydraulische Heizregister an die Zuluft abgegeben. Bei tiefen Aussentemperaturen (unter null Grad) und zur Nutzung passiver Sonnenenergie und Holzofenwärme wird zusätzlich in jeder Wohnung ein Umluftventilator in Betrieb genommen. Dazu wird im Bereich des Wohnungskorridors Luft angesaugt und über die Zuluftkanäle zusammen mit der Frischluft in die Räume geführt. Auch dies geschieht automatisch. Die Bewohner

wählen einzig die gewünschte Raumtemperatur an zwei Raumthermostaten.

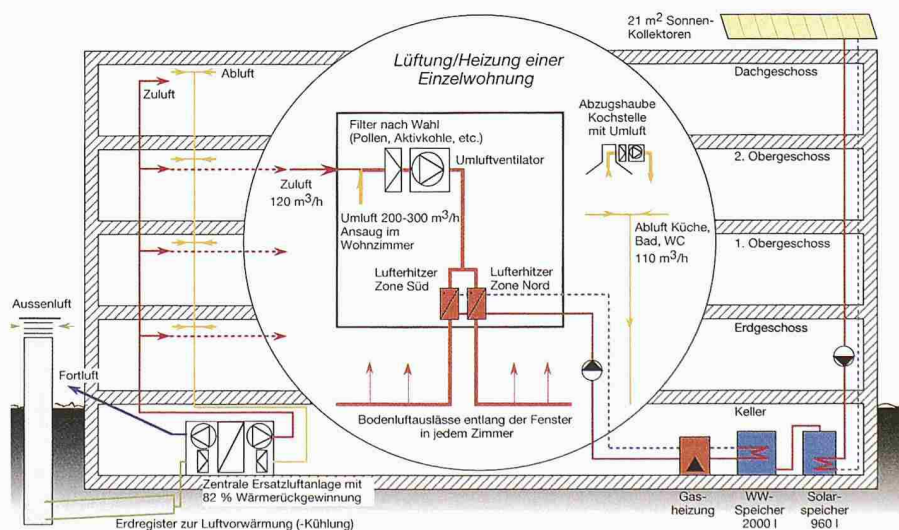
Betriebserfahrung und Lehren mit dem Lüftungs- und Heizkonzept

Die Kombination von Lüftung und Luftheizung hat sich bewährt. Im Falle dieser Pilotanlage musste mit Anfangsschwierigkeiten gerechnet werden. Probleme machten Schall, Heizleistung und die Dichtigkeit des Kanalnetzes.

Zu kleine Schalldämpfer und ungenügende Schalldämmleistungen, der die Technik abtrennenden Wände und Türen führten anfänglich zu Reklamationen. Zudem wurden vom Unternehmer nicht die verlangte Qualität der Heizregister eingebaut, was zu ungenügender Heizleistung und zu hohen Heiztemperaturen führte. Ein weiterer Ausführungsmangel zeigte sich in den ungenügend abgedichteten Rohren der Luftleitungen. Diese Mängel wurden im ersten Betriebsjahr behoben. Insgesamt können folgende Lehren gezogen werden:

- Eine kleine spezifische Heizleistung von weniger als 15-20 W/m² ist wichtig, was eine hervorragende Wärmedämmung unabdingbar macht. Nur so sind kleine Luftmengen realisierbar.

- Die Schalldämmung ist sorgfältig zu planen. Dies betrifft Geräte, Luftleitungen und die bauliche Abtrennung der technischen Räume (keine Lüftungsgeräte in den Wohnräumen). Die Schalldämmung muss im Wohnbereich die erhöhten Anforderungen der Norm SIA 181 erfüllen. Die zentral im Untergeschoss in-



4

Das Schema zur Luftheizung des Focus-Hauses: Zentrale Luftaufbereitung und Wärmeerzeugung. Dezentrale Umluftgeräte und Heizregister ermöglichen individuelle Heiz- und Lüftungsregulierungen sowie einfache Heizkostenabrechnungen. Die Wohnungen sind frei von wasserführenden Heizleitungen

Am Bau Beteiligte

Bauherrschaft:
Wohnbaugenossenschaft Focus, Uster
Architektur:
Liechti Graf Zumsteg Architekten, Brugg
Bauingenieure:
Peter Brem, Schuol
Energiekonzept/Ökologie:
Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Zürich
Elektroingenieure:
Stöcklin und Partner AG, Zürich
Bauakustik:
Wichser, Akustik+Bauphysik, Dübendorf
Geologe:
Wyssling AG, Pfaffhausen
Lüftung:
DSD Lufttechnik+Anlagenbau, Schlieren
Sanitärinstallationen:
Gebrüder Günthard, Sanitäre Anlagen und Heizungen, Uster
Wasser, Beratung:
Ökag AG, Luzern

Mehrfamilienhaus Focus

Mehrfamilienhaus mit zehn Eigentumswohnungen, Gemeinschaftsraum mit WC und Küche, gemeinschaftliche Dachterrasse. Zentrale Lage neben einer Bushaltestelle, 8 Parkplätze, davon sind drei fest belegt, einer davon mit einem Mobility-Fahrzeug, 50 Veloparkplätze. Fertigstellung: September 1997. Die Wohnungen sind mit WEG finanzierbar. Das Projekt Focus wurde im Rahmen des Pilot- und Demonstrationsprogrammes vom Bund (BFE) finanziell unterstützt.

Allgemeine Angaben:

Kosten: Fr. 505.-/m² SIA inkl. MWST, Gebäudevolumen: 5605 m³, Energiebezugsfläche: 1450 m²

Energie:

Wärmedämmung Dach: 30 cm expandiertes Polystyrol (Recyklat), U-Wert 0,13 W/m²K

Nordfassade und Attikageschoss:

Holzrahmenkonstruktion Zellulosedämmstoff: 18 cm, 6 cm Pavatherm, U-Wert: 0,13 W/m²K

Stirnfassaden und Südfassade:

zweischaliges Recycling-KS Mauerwerk, 20 cm Mineralwolle, U-Wert 0,18 W/m²K, Fenster: U-Wert mittel 0,9 W/m²K (Glas 0,5 W/m²K)

Sonnenenergienutzung:

Passiv: über die Fensterflächen der Südfassade Aktiv: für Warmwasser mit 20,8 m² Kollektoren auf dem Dach (Anlage im Contracting), Heizenergiebedarf: 75 MJ/m²a

Heizung:

25 kW kondensierende Gasheizung, fakultativ: fünf Holzöfen in Wohnräumen

Wärme- und Frischluftverteilung:

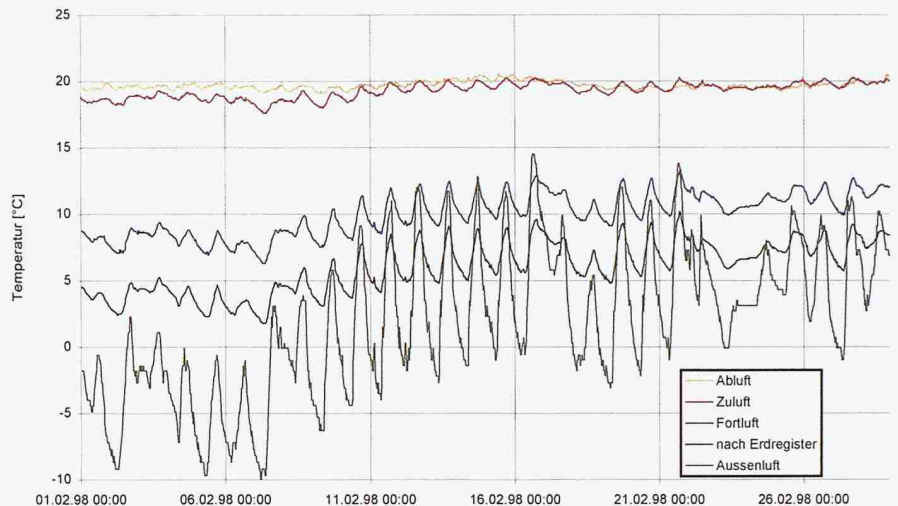
Zentrale Ersatzluftanlage mit 80% WRG; pro Wohnung ein Lüftungsgerät mit 2 hydraulischen Heizregistern, Wärme- und Frischluftverteilung mit Bodenkanälen im Unterlagsboden

Trinkwasser:

Durchflussbegrenzer bei Armaturen, 3,5 l Spar-WC, fakultativ Komposttoilette, individuelle Abrechnung für Kalt- und Warmwasser.

Schlussbericht

Der Schlussbericht zur Erfolgskontrolle kann bezogen werden bei Empa-Zen, 8600 Dübendorf, Tel.: 01/823 55 11



5
Messungen der Luft-Temperaturen: Deutlich sichtbar ist der grosse Temperaturhub des Erdregisters (Differenz «nach Erdregister» zu Aussenluft) sowie der Wärmerückgewinnung (Differenz Zuluft zu «nach Erdregister»)

stallierte Hauptlüftung des Focus-Hauses hat sich bezüglich Schall, Wartung und Kosten bewährt. Einzig die in den Wohnungen eingebauten Umluftgeräte verursachten Schallprobleme. Die teilweise befürchteten Geruchprobleme infolge der Umluftgeräte traten nicht auf.

Alle Anlagen müssen dicht und gut wärmedämmend ausgeführt werden. Die Luftmengen sind mit 120 m³/h Aussenluft für eine 5-Zimmer-Wohnung (120 m²) tief angesetzt. Trotzdem wurde die Luft im Winter als zu trocken empfunden. Feuchtigkeit unter 30% traten allerdings nur selten bei sehr kaltem Wetter auf. Kleine Aussenluftstraten sind für die kalte Jahreszeit wichtig. Hier ist die Umluft ein Vorteil, da der Aussenluftanteil tief gehalten werden kann.

Der Stromverbrauch ist sorgfältig zu optimieren (Gerätewahl, kurze Luftleitungen, grosse Querschnitte). Trotz planerischen Massnahmen (wie grosser Anströmungs-Querschnitt des Lüftungsgerätes, kurze und runde Luftleitungen) ist der Elektrizitätsverbrauch etwas höher als erwartet. Das Verhältnis von Wärmerückgewinn zu Stromeinsatz ist mit 5,4 trotzdem gut.

Die Luftheizregister müssen grosszügig dimensioniert sein, um auch mit tiefen Vorlauftemperaturen betrieben werden zu können (wichtig bei Wärmepumpen oder Abgaskondensation).

Lufterneuerungsanlagen und Luftheizungen sind in der Planung und Ausführung anspruchsvoll. Entsprechende Sorgfalt ist deshalb nötig. Während Lufterneuerungsanlagen heute bereits sehr häufig mit Erfolg realisiert werden, sind

Luftheizungen anspruchsvoller und entsprechend seltener anzutreffen. Leider sind einfache, zuverlässige Planungsunterlagen nur dürftig vorhanden oder zu wenig bekannt. Das Angebot an leistungsfähigen, guten Geräten und Komponenten ist ebenfalls begrenzt.

Nach den allgemein sehr positiven Erfahrungen mit Wohnungslüftungen ist mit einer steigenden Akzeptanz zu rechnen. Im Gegensatz zu anderen Systemen mit erneuerbaren Energien (wie Solaranlagen, Holzheizungen und Wärmepumpen) erleben Bewohner mit der kontrollierten Wohnungslüftung einen unmittelbar spürbaren Nutzen durch die konstant angenehme Frischluft. Der fühlbare Komfortvorteil dieser Technik wird der Hauptgrund für eine stark wachsende Nachfrage in Zukunft sein.

Wasserverbrauch

Wasserverbrauch senken bedeutet gleichzeitig Nebenkosten senken. Im Haus Focus sind verschiedene wassersparende Massnahmen realisiert worden:

- Wasserverbrauchsabrechnung pro Wohnung
- Einbau von wassersparsamen Geräten (Waschmaschine, Geschirrwasschmaschine)
- Wasserbegrenzung in Armaturen
- teilweise Regenwasserfassung für die Gartenbewässerung
- Wasserspartoiletten mit nur 3,5 l Spülmenge sowie in einer Wohnung eine Komposttoilette (Trockenklosett)

Beim gewählten Komposttoiletten-System fliesst der Urin in die Kanalisation, während Fäkalien und Papier in einem grossen Plastiksack gesammelt werden. Statt sie mit Wasser wegzuspülen wird eine

Hand voll Holzspäne darüber geworfen. Da die Abluft direkt in der Toilette abgesaugt wird, ist das ganze absolut geruchsfrei. Wöchentlich wird der Sack auf den Kompost geleert, wo das Material in wenigen Monaten zu guter Komposterde verrottet.

Der Wasserverbrauch betrug mit täglich 70 Litern pro Person weniger als 50% des schweizerischen Durchschnittsverbrauchs von 154 Litern.

Solare Warmwassererwärmung

Die Solaranlage (bestehend aus 20,8 m² selektiven Flachkollektoren, südorientiert, 30 Grad), welche im Contracting erstellt und betrieben wird, hat in der ersten Messperiode September 1997 bis September 1998 einen deutlich höheren Ertrag geliefert, als erwartet. Mit 10 918 kWh betrug der aufgerechnete Deckungsbeitrag 56% und im zweiten Jahr mit 9683 kWh 43% (Planungswert: 45%). Diese guten Werte haben primär mit guten meteorologischen Verhältnissen 1997/98 zu tun, aber auch mit den folgenden Massnahmen:

- Das Warmwasser wird nur ein- bis zweimal pro 24 Stunden auf die Soll-Temperatur von 60 °C nachgeheizt.
- Generell etwas tiefere Warmwassertemperatur (zwischen 45 und 60 °C schwankend).
- Waschmaschinen und Geschirrspüler sind am Warmwasser angeschlossen.
- Zirkulationsumschaltung machte zwischen 18 und 25% des gesamten Solarertrages aus (die Zirkulationsleitung wird immer dann wenn die Temperatur im Solarspeicher höher ist als im Bereitschaftsboiler direkt auf den Solarspeicher geleitet). Der auf diese Art gewonnene Solarertrag wird separat gemessen.

Der Betrieb der Anlage im Contracting hat sich bewährt. Die leistungsbezogenen Bestimmungen im Contracting-Vertrag sind Garant, dass sich der Contractor um eine einwandfreie Funktion bemüht.

Heizen mit warmen Abwässern

Die in den beiden Trocknungsräumen installierten Grauwassertanks dienen der Wärmenutzung von (warmen) Abwässern aus Duschen und Badewannen. Durch die verzögerte Ableitung in die Kanalisation gibt das im Tank lagernde Abwasser seine Wärme an den Trocknungsraum ab. Temperatur und Wärmeflussmessungen der Empa am Tank im Trocknungsraum «West» haben Aufschluss über die Wärmeabgabe eines Tanks gegeben. Die durchschnittliche Leistung betrug im Mai 1998 bei rund 17 °C Trocknungsraum-Temperatur im Mittel

190 Watt. Damit wird zwar nur ein kleiner aber spürbarer Beitrag der Trocknungsleistung erbracht. Die Empa kommt zum Schluss, dass für eine gute Trocknungsleistung die umschliessenden Aussenwände gut wärmegeklämt sein müssen. Der Tank dürfte auch wesentlich kleiner ausgeführt, ungefähr dieselben Ergebnisse liefern. Als grober Richtwert kann etwa mit 100 Liter Tankinhalt pro angeschlossene Wohnung gerechnet werden (zurzeit sind es 1100 Liter für vier Wohnungen).

Laut Umfrage unter den Bewohnern wird die Trocknungsleistung mehrheitlich lediglich als «genügend» beurteilt. Aber 17 von 18 Antwortenden wollen keinen zusätzlichen Raumtrockner oder Tumbler. Besser fällt das Urteil im zweiten Trocknungsraum aus. Dort sind neben einem Abwassertank zwei Warmwasser-Boiler als zusätzliche (Ab-)Wärmequelle aufgestellt.

Die Investitionskosten betrugen rund Fr. 4000.- pro Tank oder etwa Fr. 800.- pro angeschlossene Wohnung. Dieses Konzept wurde kürzlich mit dem «prix eta» ausgezeichnet.

Meinungsumfrage unter Bewohnerinnen und Bewohnern

Von einer unabhängigen Architektin wurde nach knapp zwei Jahren eine schriftliche, anonyme Befragung durchgeführt, an der sich alle 18 Erwachsenen des Hauses beteiligten (die 17 Kinder waren ausgeschlossen). Einige Ergebnisse kamen überraschend deutlich zu Tage. Alle 18 Antwortenden finden es gut die Waschmaschine mit anderen zu teilen und 17 von 18 möchten den Gemeinschaftsraum nicht missen und alle Bewohner finden die grosse Zahl Velo-Parkplätze (über 50!) nötig. Im Bereich von Architektur/Wärmedämmung/Materialien gibt es keine nennenswerten Beanstandungen. Selbst die Parkettböden, die nicht versiegelt

wurden (nur geölt), finden eine breite Zustimmung (17 von 18).

Das Raumklima wird bis auf die Luftfeuchtigkeit mehrheitlich als angenehm empfunden. Die Feuchtigkeit wird von zwei Drittel der Bewohnenden als zu trocken empfunden. Ein Drittel setzt zeitweise einen Befeuchter ein (Bild 6). Die Raumtemperaturen wurden mehrheitlich als angenehm bezeichnet. Die sehr ausgeglichenen Temperaturen in der ganzen Wohnung haben zur Folge, dass auch die Schlafräume angenehm warm sind (höchstens ein bis zwei Grad tiefer). 5 von 18 Personen empfinden die Schlafräume als zu warm.

Die Kochstellen werden mit Umluft abgelüftet: 9 Personen empfinden die Wirkung als gut oder genügend, 5 als zu knapp oder ungenügend.

Die Bewohner bestätigen die allgemeine Zufriedenheit und das gute Preis-Leistungsverhältnis. 14 Personen (80%) möchten auch in der nächsten Wohnung nicht auf die Wohnungslüftung verzichten müssen und 14 Menschen würden wieder die Lösung mit Luftheizung wählen (2 würden keine Luftheizung mehr wählen). Das Preis-/Leistungsverhältnis erachten 12 als gut und 6 Personen als «mittel». Die Frage ob eine mechanische Lüftung den Preis von etwa 10000 Franken wert sei beantworteten 12 mit ja, 2 mit «knapp» und 2 mit «nein, zu teuer» (4 Enthaltungen). Dies zeigt doch deutlich, dass einer Wohnungslüftung für die Bewohner ein beträchtlicher Nutzen gegenüber steht.

Adresse der Verfasser:

Werner Hässig, Dr., dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich, Andreas Graf, dipl. Arch. ETH/SIA, Liechti Graf Zumsteg Architekten, Stapferstrasse 2, 5201 Brugg

6
Häufigkeitsverteilung der Luftfeuchtigkeits-Messwerte während der Heizperiode (monatliche Momentanwerte aller Wohnungen). Legende: blau 97/98; rot 98/99

