

# Mehrfamilienhaus FOCUS in Uster, Erfolgskontrolle

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Ausgangslage</b>	<b>1</b>
<b>2. Ziele des Projektes</b>	<b>3</b>
<b>3. Gebäude</b>	<b>4</b>
3.1 Komfortsituation	4
3.2 Gebäudehülle	6
<b>4. Energieverbrauch</b>	<b>8</b>
<b>5. Wohnungslüftung und Luftheizung</b>	<b>10</b>
5.1 Beschrieb der Anlage	10
5.2 Umluftbetrieb	12
5.3 Luftmengenmessungen (mit Flow-Finder)	15
5.4 Die Lüftungszentrale	16
5.5 Das Luft-Erdregister	16
5.6 Probleme mit der Lüftung/Luftheizung und Folgerungen	18
<b>6. Abwasserwärmenutzung</b>	<b>20</b>
<b>7. Wasserverbrauch</b>	<b>21</b>
7.1 Toilette ohne Wasseranschluss	22
<b>8. Solare Warmwassererwärmung</b>	<b>23</b>
<b>9. Was sagen die Bewohnerinnen und Bewohner? - Eine Umfrage</b>	<b>25</b>
<b>10. Gesamteindruck/Schlussfolgerungen</b>	<b>28</b>
10.1 Zur Multiplikation empfohlen	28
10.2 Noch verbesserungswürdig	29

**ANHANG A: Gebäudebeschrieb und Plankopien**

**ANHANG B: Besucherliste Haus Focus**

**ANHANG C: Energiekennwerte und Messschema**

**ANHANG D: Messwerte der Luftmengenmessungen**

**ANHANG E: Messbericht der Prüfstelle HLK zur Lüftung**

**ANHANG F: Messbericht der EMPA zur Abwassernutzung**

**ANHANG G: Umfrage-Ergebnisse von Anne-Lise Diserens**

## 1. Ausgangslage

Im September 1997 wurde das Mehrfamilienhaus am Talweg 165 in Uster fertiggestellt. Für die Wohnbaugenossenschaft FOCUS wurde damit ein wichtiges Ziel erreicht: Ein ökologisch, sozial und wirtschaftlich optimiertes Gebäude konnte seiner Bestimmung übergeben werden. Die von Fredi und Katrin Schmid, einigen jungen Familien und Einzelpersonen gegründete Genossenschaft realisiert gemäss Statuten zukunftsorientierte Wohnformen unter Berücksichtigung ökologischer Vorgaben.

Das Architekturbüro Liechti Graf Zumsteg aus Brugg ging 1995 als Sieger aus einem kleinen Studienwettbewerb hervor. Die klare, einfache und kompakte Struktur, verbunden mit zweckmässigen und attraktiven Grundrissen überzeugte die Bauherrschaft.

Für das Energie- und Ökologiekonzept und später auch für die Projektierung der Heizung und Lüftung wurde das Ingenieurbüro Basler & Hofmann zugezogen.

Von Anfang an war klar, dass die Kostenlimiten des Wohneigentumförderungsgesetzes (WEG) des Bundes eingehalten werden müssen. Trotz dieser engen Kostenlimiten ein Maximum an attraktivem Wohnraum und ökologischen Qualitäten zu realisieren war denn auch die zentrale Herausforderung dieses Projektes.

Ein erster Erfolg zeigte sich bereits in der Planungs- und Bauphase: Alle zehn Wohnungen waren sehr schnell verkauft.

Als Musterprojekt von Energie 2000 Öko-Bau wurde das Gebäude auch im Rahmen einer Erfahrungsaustausch Gruppe diskutiert.

Das Bundesamt für Energie (BFE) akzeptierte das Projekt als Pilot- und Demonstrationsprojekt und leistete einen finanziellen Beitrag an die nicht amortisierbaren Mehrkosten sowie für die Erfolgskontrolle. Für diese wertvolle Unterstützung möchten wir hier den Verantwortlichen beim Bund Dr. Peter Burkhardt und Hanspeter Nützi sowie den Herren Mark Zimmermann und Hans Bertschinger ganz herzlich danken.

Im Sommer 1998 erhielt das Gebäude zudem die MINERGIE-Zertifizierung vom Kanton Zürich zuerkannt.

In den ersten beiden Betriebsjahren (September 1997 bis 1999) wurde das Gebäude im Rahmen einer Erfolgskontrolle analysiert und ausgemessen.

Diese ersten zwei Jahre wurden zudem intensiv für die Öffentlichkeitsarbeit genutzt. Neben unzähligen Presseartikeln über die ganze Deutschschweiz verteilt, machten sich über 500 Besucherinnen und Besucher (vgl. Liste im Anhang B) ein eigenes Bild von diesem neuartigen Bau. Mit einer einprägsamen Tonbildschau und später einem Video konnten die Aspekte des nachhaltigen Bauens dokumentiert werden. Mit dem gleichen Ziel wurden auch Internet-Seiten ([www.home.inuco.ch/focus](http://www.home.inuco.ch/focus)) zum Haus gestaltet.

Der vorliegende Bericht bildet den Abschluss der Erfolgskontrolle, welche in einer zweijährigen Mess-, Optimierungs- und Umsetzungsphase bestand.

Die Leitung und die Hauptbearbeitung lag bei FOCUS Wohnbaugenossenschaft (Werner Hässig). Wesentliche Teilbearbeitungen wurden von der EMPA Abteilung Haustechnik (Untersuchung Abwasser-Wärmerückgewinnung) und der Hochschule Technik+Architektur Luzern (Untersuchung Lüftungszentrale) durchgeführt.

## 2. Ziele des Projektes

Nachhaltiges Bauen soll eine Selbstverständlichkeit werden. Um dies zu erreichen müssen Häuser ökologisch, komfortabel **und** kostengünstig sein. Das Ziel des FOCUS-Hauses war im unteren Preissegment für Wohneigentum attraktive Wohnungen anzubieten. Mit dem FOCUS-Haus wurde wohl eines der ersten grösseren Gebäude mit MINERGIE-Standard, verschiedenen speziellen ökologischen Massnahmen und trotzdem sehr moderaten Kosten erstellt.

Technisch betrachtet bestehen die Innovationen an diesem Gebäude vor allem in einer konsequenten, systematischen Anwendung guter, bekannter Lösungen. Technisches "Neuland" wurde vor allem mit der Luftheizung und der Abwasserwärmerückgewinnung beschritten.

Nachhaltigkeit ist umfassend zu verstehen. Deshalb suchte die Wohnbaugenossenschaft Focus lange nach einem guten Grundstück. Eine verkehrstechnisch und wohnlich attraktive Lage war eine erste Zielsetzung für das Projekt. Denn nur ein Gebäudestandort, welcher wenig Verkehrsbewegungen auslöst und den BewohnerInnen erfreuliche Entfaltungsmöglichkeiten bietet, entspricht den Postulaten der Nachhaltigkeit.

Wichtige Lehren und Erkenntnisse sollen aus diesem Projekt gezogen werden können und einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Die Erfolgskontrolle erlaubte es dem Planungsteam und der Bauherrschaft, wertvolle Erkenntnisse zu den eingesetzten Techniken und Konzepten zu gewinnen.

### 3. Gebäude

Die klaren Vorgaben der Wohnbaugenossenschaft Focus lauteten:

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

Die relevanten Objektdaten sind nachfolgend zusammengestellt.

**Bauobjekt:**

Mehrfamilienhaus mit zehn Eigentumswohnungen, Gemeinschaftsraum mit WC und Küche, gemeinschaftliche Dachterrasse, Wohnungen mit WEG finanzierbar

**Fertigstellung:**

September 1997

**Kosten:**

Fr. 505.-/m<sup>3</sup> SIA inkl. MWST

**Gebäudevolumen:**

5605 m<sup>3</sup>

**Energiebezugsfläche:**

1450 m<sup>2</sup>

**Energie:**

Wärmedämmung Dach: 30 cm expandiertes Polystyrol (Recyclat), U-Wert 0.13 W/m<sup>2</sup>K; Nordfassade und Attikageschoss: Holzrahmenkonstruktion 18 cm Zellulosedämmstoff und 6 cm Pavatherm, U-Wert 0.13 W/m<sup>2</sup>K; Stirnfassaden und Südfassade: Zweischalen Recycling-Kalksandstein Mauerwerk, 20 cm Mineralwolle, U-Wert 0.18 W/m<sup>2</sup>K; Fenster: U-Wert mittel 0.9 W/m<sup>2</sup>K (Glas 0.5 W/m<sup>2</sup>K)

**Sonnenenergienutzung:**

Passiv über die Fensterflächen der Südfassade. Aktiv für Warmwasser mit 20.8 m<sup>2</sup> Kollektoren auf dem Dach, ca. 50 % Deckungsgrad (Anlage im Contracting)

**Heizenergiebedarf:**

75 MJ/m<sup>2</sup>a

**Heizung:**

25 kW kondensierende Gasheizung, fakultativ Holzofen im Wohnraum

**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

**Verkehr:**

Zentrale Lage neben Bushaltestelle, 8 Parkplätze, davon sind drei fest belegt, einer davon mit einem Mobility-Fahrzeug

In Anhang A dieses Berichtes befindet sich ein weiterer Beschrieb zum Gebäude.

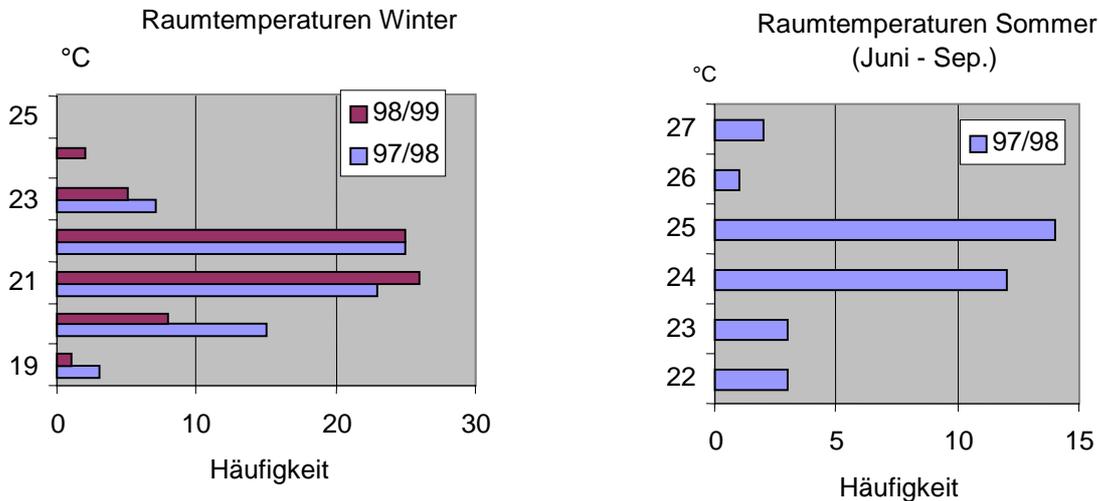
#### 3.1 Komfortsituation

Zur Auswertung der Komfortsituation wurde in jeder Wohnung ein digitales, kombiniertes Raumtemperatur-Feuchtigkeits-Messgerät installiert, welches allen BewohnerInnen zur eigenen Kontrolle dient und für jede Wohnung einmal pro Monat abgelesen wurde. Die Genauigkeit beträgt ca. +/- 1 °C.

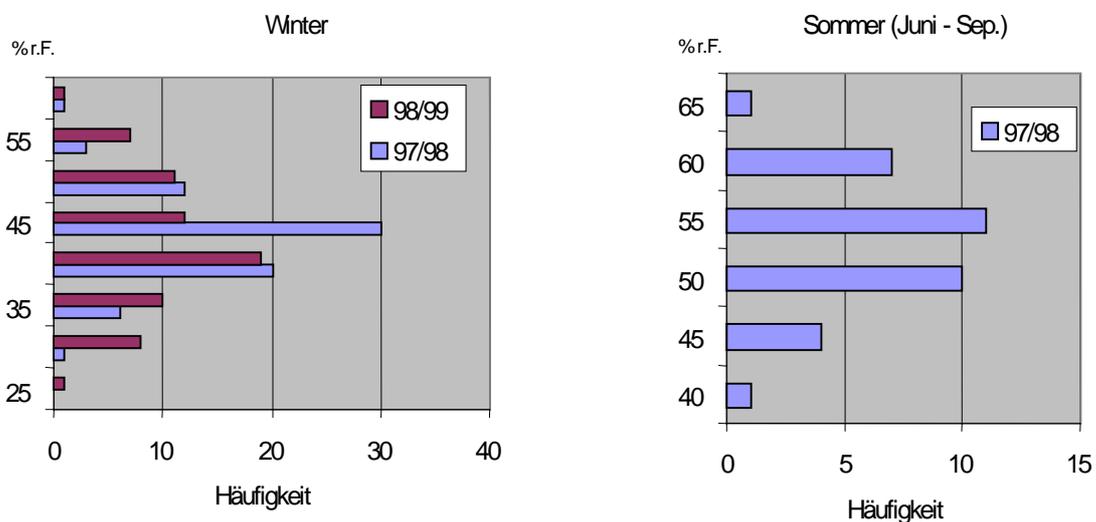
Die Temperaturen lagen im Winter klar über 20 °. Der Mittelwert lag bei 21.2 °C im 97/98 und 21.5 °C im 98/99. Typisch für ein Niedrigenergiehaus sind die sehr ausgewogenen Temperaturen in der gesamten Wohnung und sehr kleine Schwankungen.

Selbst wenn über die Weihnachtsferien nicht geheizt wurde, sanken die Temperaturen höchstens um 3 bis 4 °C ab.

Während der heißen Sommermonate des Sommers 1998 lag der Durchschnitt bei 24.3 °C. Die sehr gute Wärmedämmung hält das Gebäude auch im Sommer kühl. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn dank der Lüftung die Fenster geschlossen bleiben können. Das Luft-Erdregister (rund 60 m Rohr neben und unter dem Gebäude) leistet einen kleinen Kühlbeitrag (kein by-pass des Wärmetauschers). Der wesentliche kühlende Effekt während Hitzetagen entsteht, wenn die Fenster geschlossen bleiben können. Während Hitzeperioden steigt die Raumtemperatur nur gerade in den Dachgeschossen auf über 25 °C.



Figur 3.1 Die Häufigkeitsverteilungen der Raumtemperaturen. Die Temperaturen liegen im Winter klar über 20 °C (eine Ablesung pro Monat und pro Wohnung) Mittelwert liegt bei 21.2 °C im 97/98 und 21.5 °C im 98/99; während der Sommermonate liegt der Durchschnitt bei 24.3 °C



Figur 3.2 Die Häufigkeitsverteilungen der relativen Raumfeuchtigkeiten (eine Ablesung pro Monat und pro Wohnung) Mittelwert liegt bei 42 % im 97/98 und 41 % im 98/99; während der Sommermonate liegt der Durchschnitt bei 51 %

In den acht grösseren Wohnungen können Holz-Öfen eingebaut werden. In fünf Wohnungen wurde von dieser Möglichkeit Gebrauch gemacht. Somit kann individuell jede Wohnung alternativ zur Gasheizung mit Holz beheizt werden. Dank dem kleinen Wärmeleistungsbedarf (2 bis 3 kW, je nach Wohnung) können selbst kleine Öfen auch bei tiefen Aussentemperaturen die Heizleistung voll erbringen. Die offenen Grundrisse und die Umluft-Ventilation ermöglichen eine genügende Wärmeverteilung in alle Zimmer.

Der Holzverbrauch konnte nur grob erfasst werden. Für den ersten Winter dürften es etwa 400 kg gewesen sein, was einer Energiemenge von rund 1600 kWh (bzw. 1.1 kWh/m<sup>2</sup>a) entspricht.

### 3.2 Gebäudehülle

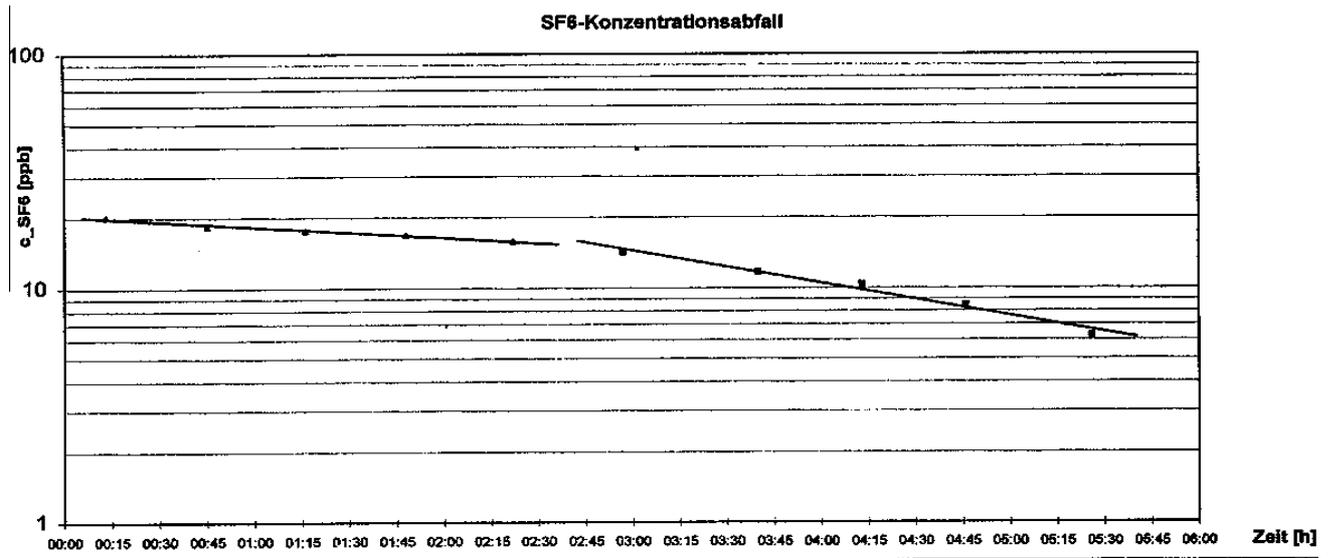
Die sehr gute Wärmedämmung (U-Wert Wände 0.18 W/m<sup>2</sup>K; bzw. Dach 0.13 W/m<sup>2</sup>K) haben sich vollumfänglich bewährt. Dank der Fassaden-Holzkonstruktion konnte auf der Nordseite trotz dieser guten Dämmung mit 36 cm eine schlanke Wandkonstruktion realisiert werden. Für alle BewohnerInnen spürbar ist die bessere Behaglichkeit der wärmetechnisch sehr guten Fenster (U-Wert der Verglasung von 0.5 W/m<sup>2</sup>K). Auch bei tiefen Aussentemperaturen kann man sich direkt vor diesen Fenstern aufhalten ohne eine kalte Strahlung zu spüren. Somit entsteht eine bessere Raumausnutzung. Etwas Befremden löste einzig das gelegentliche Beschlagen der Scheiben (von Aussen!) aus. Durch die sehr gute Wärmedämmung wird die Scheibe aussen kälter und lässt Tauwasser früher kondensieren. Dieses Phänomen tritt jedoch nur an wenigen Wintertagen während der Morgenstunden auf. Kleine Vordächer oder tiefe Leibungen verhindern das Beschlagen weitgehend.



Figur 3.4 Die Holzfassadenkonstruktion (unten mit Zementfaserplatten verkleidet) ermöglicht eine schlanke Wand bei gleichzeitig sehr guter Wärmedämmung

Die Dichtigkeit der Gebäudehülle ist eine wesentliche Voraussetzung für einen kleinen Energieverbrauch und das optimale Funktionieren der Wohnungslüftung. Zur Überprüfung der Gebäudedichtigkeit wurde eine Luftwechselfmessung mit Hilfe eines Indikatorergases durchgeführt. Dazu wurde das Gas mit einer Spritze innerhalb einer Wohnung gleichmässig verteilt. In 30-Minuten-Abständen wurden jeweils Luftproben entnommen und in einem Labor die Konzentrationen ausgewertet. Entsprechend der Verdünnung über die Zeit betrachtet konnte so der jeweilige Luftwechsel bestimmt werden. Am 27. März 1999 ergaben sich folgende Luftwechsel-Werte (Aussenklima: 6 °C; windstill):

- a) bei ausgeschalteter Lüftung:  $n = 0.11 \pm 0.02 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
- b) bei Abluftbetrieb:  $n = 0.32 \pm 0.05 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
- c) bei Abluftbetrieb und Umluft:  $n = 0.45 \text{ [h}^{-1}\text{]}$



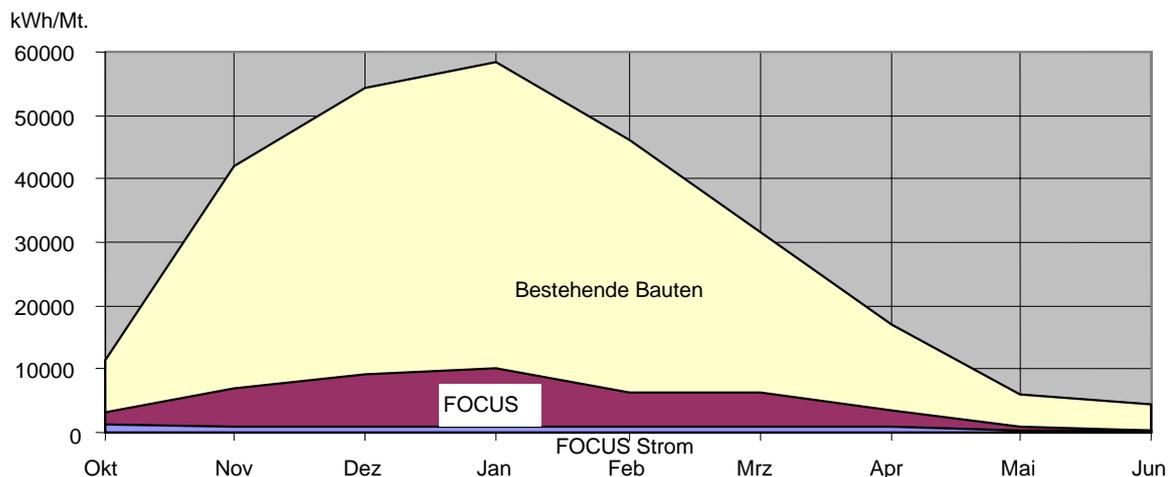
Figur 3.5 Die Auswertung der Luftproben. Das Gefälle der Regressionsgeraden entspricht dem Luftwechsel.



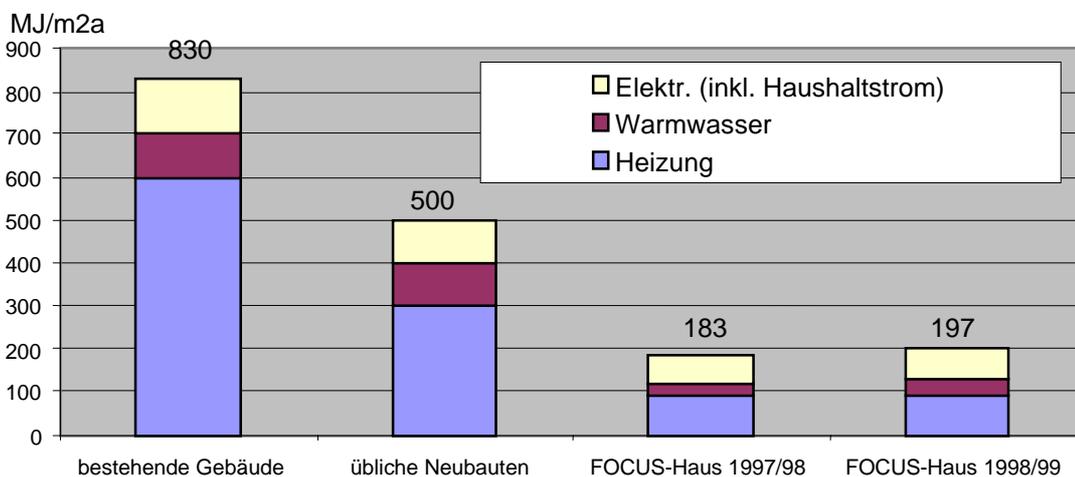
Figur 3.6 Das Spritzenet für die Luftproben und das Injektorgas

## 4. Energieverbrauch

Der Energieverbrauch wurden durch Zählerablesungen monatlich erfasst. Rund 50 Zähler wurden monatlich abgelesen. Das Messschema im Anhang C gibt Auskunft über die Messstellen. Die Messungen der ersten beiden Jahre entsprechen weitgehend den Berechnungen. Der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser beträgt noch rund 30% eines üblichen Neubaus. (Detaillierte Energiekennwerte im Anhang C)



Figur 4.1 Heizenergieverbrauch während des ersten Winters 97/98 im Vergleich zu durchschnittlichen Gebäuden (Neubauten und bestehende Gebäude); das eher milde Klima des gemessenen Winters wurde über die Heizgradtage (HGT) korrigiert.

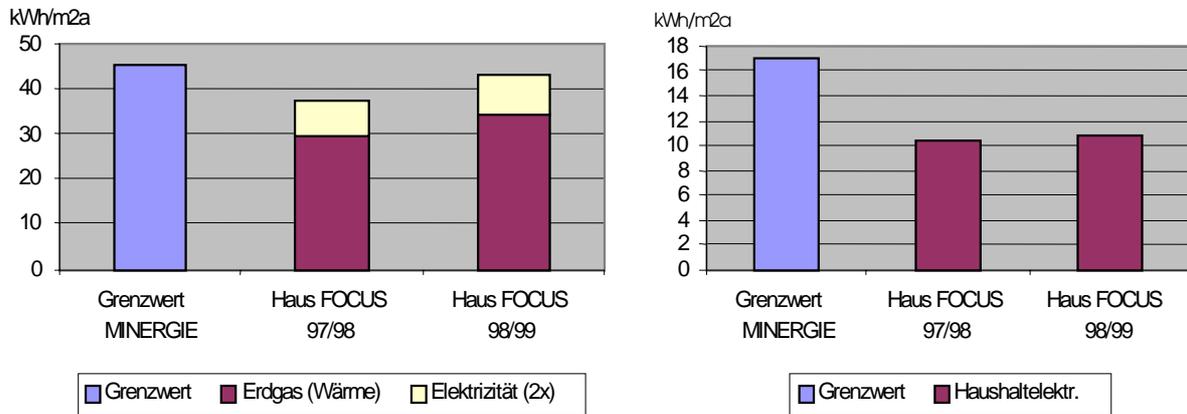


Figur 4.2 Energiekennzahlen (Endenergie; Heizgradtag-korrigiert) für Heizung und Warmwasser; der erhöhte Verbrauch im zweiten Winter ist auf etwas höhere Raumtemperaturen, mehr Warmwasserverbrauch und ein kleineres Solarangebot zurückzuführen

Der Vergleich mit den MINERGIE-Grenzwerten zeigt, dass das Focus-Haus diese anspruchsvollen Grenzwerte auch tatsächlich einhält. Dank verschiedener planerischer Massnahmen bei den Haushaltsgeräten (z.B. Geschirrspüler am Warmwasser angeschlossen; Energiesparleuchten in Korridoren) und gutem Benutzerverhalten liegt der Elektrizitätsverbrauch der Haushalte deutlich unter dem MINERGIE-Grenzwert.

MINERGIE-Kontrolle Haus Focus:	1997/98		1998/99
Total zugeführte Energie / benötigte Wärme	29.4	kWh/m <sup>2</sup>	34.2
Elektrizität für Wärme: mit Faktor 2 multipliziert	8.0	kWh/m <sup>2</sup>	8.8
<b>Energiekennzahl Wärme (nach MINERGIE berech.)</b>	<b>37.4</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>43.0</b>
Haushaltelektrizität	10.4	kWh/m <sup>2</sup>	10.7

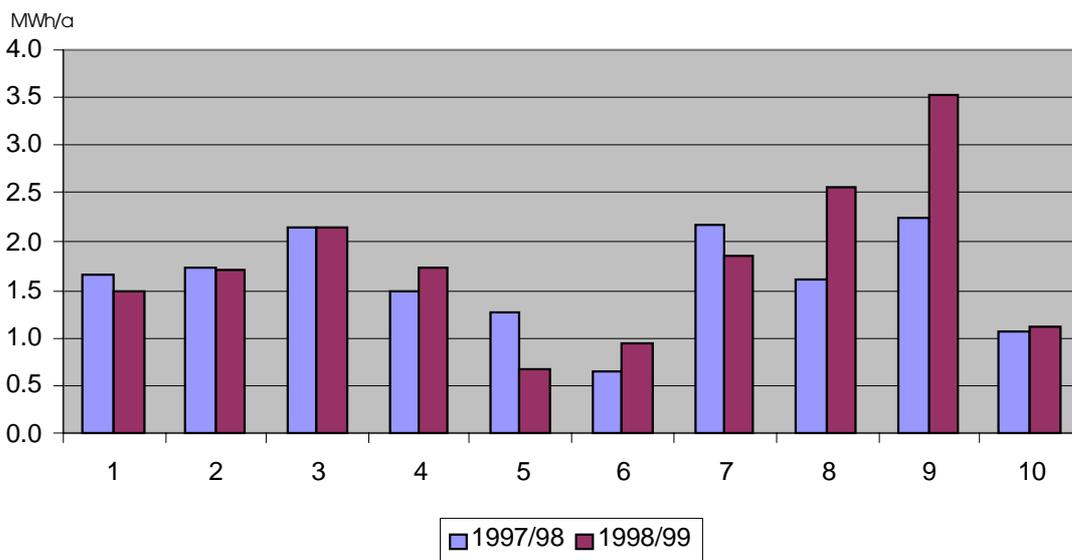
Tabelle 4.1 Vergleich der Focus-Energieverbrauchswerte mit den Minergie-Grenzwerten (45 kWh/m<sup>2</sup> für "Wärme und 17 kWh für Haushaltelektrizität; vgl. Figur 4.3)



Figur 4.3 Das Gebäude erfüllt die Minergiewerte nicht nur planerisch sondern auch praktisch (das in den 4 Holzöfen verbrannte Holz, dürfte nochmals 1 kWh/m<sup>2</sup> ausmachen)

Kosten: Die gesamten jährlichen Energiekosten für die Gasheizung betragen:  
 1997/98 (4005 m<sup>3</sup> Gas): Fr. 2082.40; pro Wohnung Fr. 208.40; pro BewohnerIn Fr. 59.50  
 1998/99 (4805 m<sup>3</sup> Gas): Fr. 2378.40; pro Wohnung Fr. 237.85; pro BewohnerIn Fr. 67.95

Der Heizenergieverbrauch jeder Wohnung wird mit je einem Wärmezähler gemessen. Auffallend ist, dass grosse Unterschiede bestehen. Ein eindeutiger Grund dafür konnte nicht gefunden werden. Weder mit der Lage im Haus, den Holzöfen noch der Besonnung konnte eine vernünftige Erklärung gefunden werden. Nicht einmal die beiden Kleinwohnungen Nr. 4 und 7 entsprechen den Erwartungen. Vermutlich sind es individuell leicht unterschiedlich hohe Raumtemperaturen, die zu diesem Ergebnis führen.



Figur 4.4 Die Wärmezähler der Wohnungen zeigen sehr unterschiedliche Verbräuche

## 5. Wohnungslüftung und Luftheizung

### 5.1 Beschreibung der Anlage

Mit der im Focus-Haus eingebauten Anlage wurden neue Wege zur kostengünstigen Beheizung und Belüftung von Mehrfamilienhäusern mit kleinem Energiebedarf gesucht. Die Frischluftversorgung mit etwa 0.4-fachem Luftwechsel erfolgt über eine zentrale Anlage, ist nicht hörbar und wird von den Bewohnenden sehr geschätzt. Die Luft wird über ein kleines Erdwärmeregister vorgewärmt, bevor sie im Wärmetauscher auf annähernd Raumtemperatur allein durch Wärmerückgewinn aus der Abluft nacherwärmt wird. Über einen Konstantvolumenstromregler erhält jede Wohnung einen fixen, von der Grösse abhängigen, Luftanteil. Dieser Luftstrom wird nun auf alle Räume (mit Ausnahme der Nasszellen) über Flachkanäle im Unterlagsboden verteilt. Dieses Kanalsystem wird über der Trittschalldämmung während der Ausbauphase verlegt. Der Unterlagsboden hat dadurch mit 9 cm eine grössere Stärke als üblich. Unterhalb der Fenster tritt die Luft via Bodendurchlässe in den Raum. Mit diesem System müssen während des Rohbaus noch keine Luftleitungen eingelegt werden. Die Abluft wird aus Küche, Bad und WC abgesaugt, der Wärmerückgewinnung (WRG) in der Zentrale zugeführt und ins Freie entlassen.

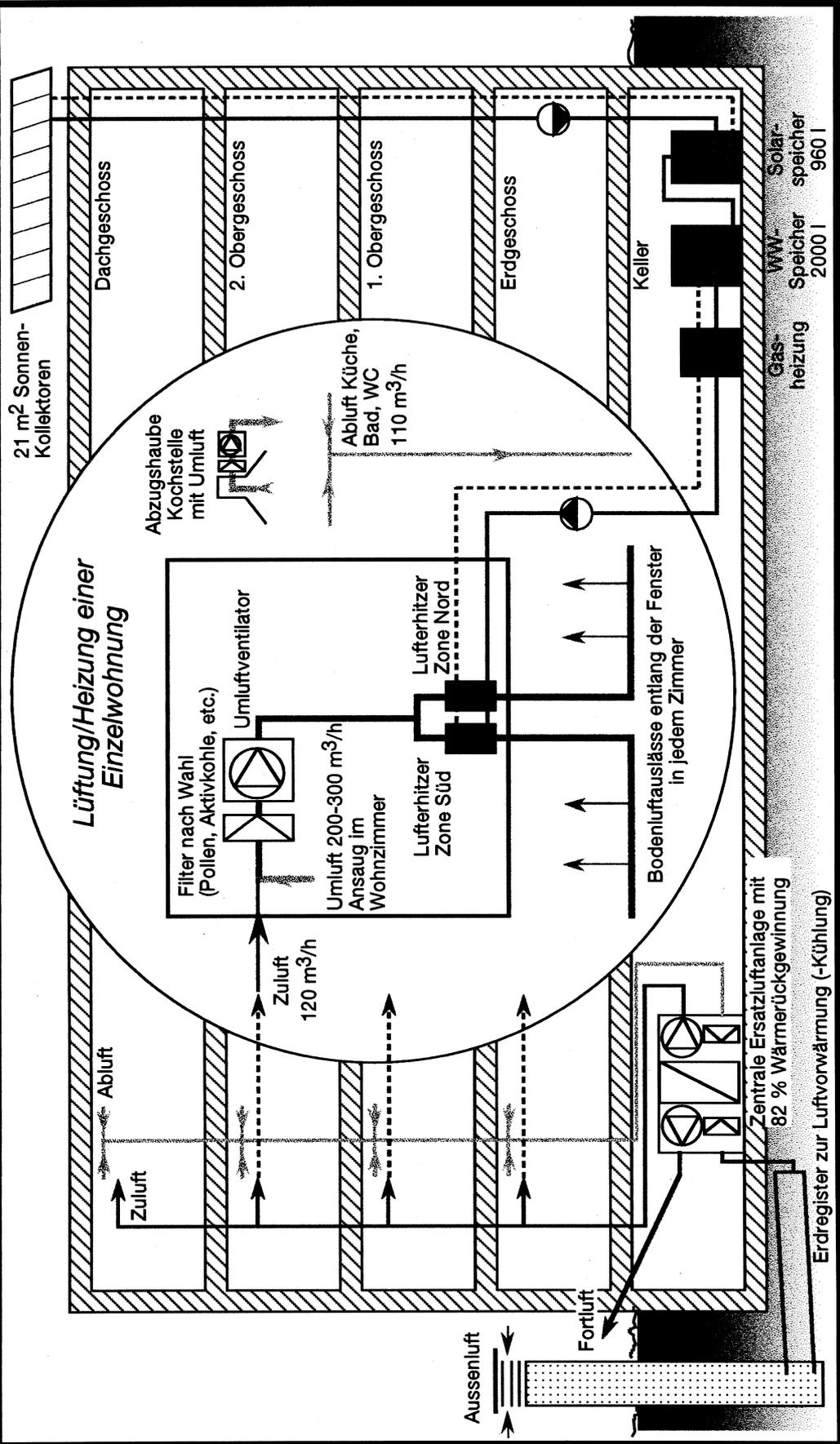
Mit dem Ziel, Kosten zu sparen, wurde das Kanalsystem der Frischluftversorgung der Räume auch für die Heizverteilung verwendet. Ferner wurde nach einer Möglichkeit gesucht, passive Sonnenenergie und die Wärme eines allenfalls vorhandenen Holzofens auch in die Nordzimmer zu verteilen. Ein individuelles Umluft-Lüftungsgerät pro Wohnung (im Reduit) sollte diese und weitere Funktionen gewährleisten. Dieses Umluftgerät kann wie folgt eingesetzt werden.

1. Bei tiefen Aussentemperaturen (ab ca. 0 °C und tiefer) wird die Luftmenge zur Deckung des Heizbedarfes erhöht, ohne dass die Lufttemperaturen zu stark angehoben werden müssen.
2. Internen Luftaustausch verstärken. Bei starker Luftbelastung einzelner Räume hilft die Umluft, die lufthygienische Situation dieser Räume zu verbessern, ohne die Aussenluft zu erhöhen zu müssen.
3. Luft die durch Holzofen oder Sonne in den südgerichteten Räumen erwärmt wurde, soll auch in die nordexponierten Räume verteilt werden können.

Über zwei Ansaugstellen - im Bereich des Wohnungskorridors und beim Holzofen - wird Luft angesaugt und über die Zuluftkanäle zusammen mit der Frischluft in die Räume geführt (vgl. Figur 5.1: Schema).

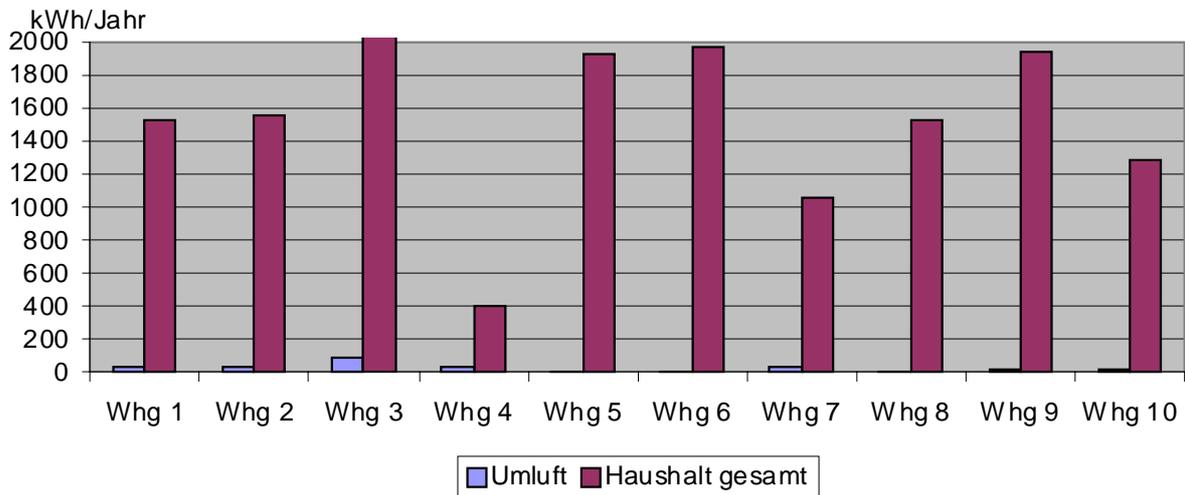
Die Raumluftqualität wird allgemein als angenehm geschätzt (vgl. Umfrageergebnisse Kapitel 9).

Die Radon-Werte wurden mit zwei Dosimetern in einem Wohnzimmer und im Luftansaug nach dem Erdregister vom 8.1. bis 11.1.1998 überprüft. Die Auswertung ergab: in beiden Fällen keine erhöhten Radon-Werte.



Figur 5.1 Schema der Luftführung: eine zentrale Frischluftversorgung überlagert mit individueller, dezentraler Umluft je nach Bedarf





Figur 5.3 Stromverbrauch der einzelnen Wohnungen und der Anteil der Umluft (separate Stromzähler). Der Stromverbrauch variiert von Wohnung zu Wohnung stark.

Im Zusammenhang mit Luftheizungen werden immer wieder die notwendigen hohen Zulufttemperaturen bemängelt. Am Focus-Haus wurden deshalb im Rahmen einer Messreihe die Zulufttemperaturen bei verschiedenen Zuständen aufgezeichnet. Es ist dabei zwischen reinem Frischluftbetrieb und Umluftbetrieb zu unterscheiden. Gemessen wurde jeweils bei einem Auslass; im ersten Fall mit reiner Frischluft von 16 m<sup>3</sup>/h und zweitens im Umluftbetrieb mit 50 m<sup>3</sup>/h.

Wie Tabelle 5.1 zeigt, gibt das Luftverteilsystem im Frischluftbetrieb über 60 % der Wärme direkt über den Boden ab (spürbar wie eine Bodenheizung). Damit ist die ursprünglich gut 50 °C warme Luft beim Eintritt in den Wohnraum noch angenehme 30 °C warm.

Im Falle einer grösseren Luftmenge wie beim Umluftbetrieb beträgt der über den Boden abgegebene Anteil noch etwa 40 % und die Zulufttemperatur beträgt beim Durchlass 37 °C.

Diese Temperaturverluste der Luftleitungen haben somit den Vorteil einer ausgeglichenen Wärmeverteilung. Zum andern stellen diese Verluste aber auch grosse Anforderungen an die Planung. Da pro Meter Leitungslänge zwischen 12 und 30 Watt Wärme abgegeben wird, ist die Leitungsführung sorgfältig zu planen. Im Focus-Haus wurden deshalb die Leitungen im Boden von Korridor und der Nasszellen geführt. Abgelegene Eckzimmer müssen meistens mit zusätzlicher Luft versorgt werden, damit die langen Transportverluste kompensiert werden können.

Datum	Aussen-temp. °C	Temperaturen			Heizleistung in Watt					Bemerk.
		n. Heizregister °C	Durchlass °C	im Raum °C	total W	via Luft W	via Boden W	via Boden in %	W/m	
7.3.99 9.00	5	57	42	21	179	105	75	<b>42%</b>	13	
7.3.99 21.00	5	55	34	21	169	65	105	<b>62%</b>	18	
11.3.99 23.00	7.4	47.5	31	21	132	50	82	<b>62%</b>	14	
22.3.99 21.00	5	49.1	26	20	145	30	115	<b>79%</b>	19	
23.3.99 7.30	4	53.4	32	20	166	60	107	<b>64%</b>	18	
23.3.99 19.30	4.1	53.5	33	21	162	60	102	<b>63%</b>	17	
23.3.99 19.30	4.1	53.5	32	21	162	55	107	<b>66%</b>	14	(7.6m)
28.03.99 11.30	7.3	51.6	32	21	152	55	98	<b>64%</b>	17	
28.03.99 11.30	7.3	51.6	31	21	152	50	103	<b>67%</b>	13	(7.6m)
Mit UMLUFT; d.h. Luftmenge 50 statt 16 m3/h										
22.3.99 22.45	4.6	44.8	37	20	386	264	121	<b>31%</b>	21	
23.3.99 7.45	4	47.9	36	20	434	249	185	<b>43%</b>	31	
23.3.99 20.15	4.1	48.7	38	21	431	264	166	<b>39%</b>	28	
23.3.99 20.15	4.1	48.7	37	21	431	249	182	<b>42%</b>	24	(7.6m)

*Tabelle 5.1: Die Zulufttemperaturen bei verschiedenen Zuständen. Es ist dabei zwischen reinem Frischluftbetrieb und Umluftbetrieb (untere Tabelle) zu unterscheiden. Gemessen wurde in der Parterre-Wohnung Nr.2 beim Durchlass Wohnzimmer (Leitungslänge 5.9 m); einige Messungen am weiter (7.6 m) entfernten Durchlass*

Es zeigten sich aber auch Nachteile, primär akustischer Art. In einzelnen Wohnungen ergaben sich Probleme mit den Geräuschen des Umluftventilators über die Ansaugrohre im Korridor. Es zeigte sich, dass die meisten Bewohner auch nicht zufrieden sind, wenn die gemäss SIA 181 erhöhten Werte von 30 dB (Dauergeräusche am Tag) eingehalten sind. Mit besseren Schalldämpfern und dem teilweisen Ersatz der Umluftventilatoren und Steuergeräte konnte diesen Problemen begegnet werden. Für die dritte Funktion, die Umlagerung der Wärme von Süden nach Norden, hat sich die Anlage weniger bewährt. Die offenen Grundrisse der Wohnungen und offene Zimmertüren, verbunden mit den durch BewohnerInnen ausgelösten Luftumwälzungen (thermische Auftriebe, Bewegungen), sind wesentlich effizienter als der Luftaustausch mittels Umluft. Die meisten BewohnerInnen haben deshalb die Umluftanlage so eingestellt, dass diese nur noch bei tiefen Aussentemperaturen (< 0 °C) aufschaltet.

Das Fazit für den Planer könnte also lauten: Bei Luftheizungen in Niedrigenergiehäusern ist Umluftbetrieb im allgemeinen eine geeignete Möglichkeit, die sehr wenigen Jahresbetriebsstunden mit hohem Heizenergiebedarf zu überbrücken. Die Umluftanlage muss jedoch akustisch gut gelöst sein. Schallpegelwerte von 25 dBA sollten nicht überschritten werden. Die Ansaugstelle für die Umluft wird sinnvollerweise im Korridor gewählt. Spezialfälle, wie Räume mit starker Luftbelastung z.B. durch starke Raucher müssen besonders beachtet werden.

### 5.3 Luftmengenmessungen (mit Flow-Finder)

Nachdem festgestellt werden musste, dass verschiedene in den Kanälen mit Flügelrad-Anemometer durchgeführte Luftmengenmessungen ungenügend genaue Ergebnisse lieferten, wurden auch sämtliche (zugängliche) Luftdurchlässe mit einem Flow-Finder-Gerät gemessen.

Messungen vom 12.3.98					Messungen vom 16.1.99					
Wohnung	mit Umluft		ohne Umluft		mit Umluft		ohne Umluft		Abw. zu Sollwert	
	Zuluft m3/h	Abluft m3/h	Zuluft m3/h	Abluft m3/h	Zuluft m3/h	Abluft m3/h	Zuluft m3/h	Abluft m3/h	Zuluft in %	Abluft in %
1 EG	350	119	79	117	0	0	111	130	-8%	15%
Gem.Raum EG	0	0	0	0	0	0	52	66	-74%	-21%
2 EG	365	119	88	120	403	135	124	119	3%	7%
3 1.OG	0	0	0	0	288	122	92	122	3%	34%
4 1.OG	0	0	0	0	234	78	58	78	-3%	23%
5 1.OG	279	113	91	112	234	95	129	95	7%	-16%
6 2.OG	0	0	0	0	376	77	92	77	3%	-4%
7 2.OG	0	0	0	0	268	70	69	70	13%	15%
8 2.OG	0	0	0	0	290	77	102	79	12%	-1%
9 DG	248	48	97	46	315	50	139	53	13%	-108%
10 DG	0	0	0	0	327	50	141	53	15%	-108%

Mit nicht messbaren Zuschlägen von 10%

ZUL-Gesamtluftmenge	1110	3%
ABL-Gesamtluftmenge	942	-5%

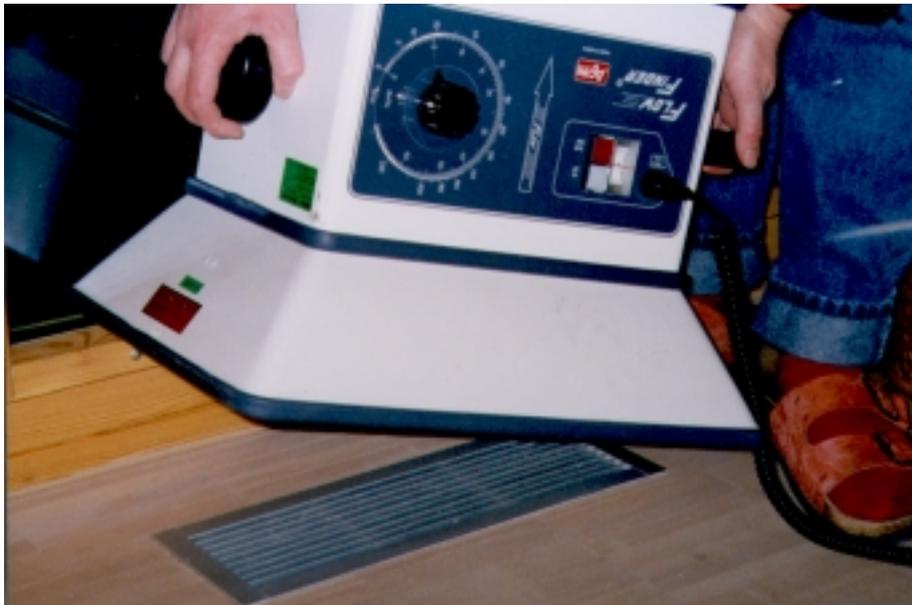
ZUL-Messung in Zentrale vom 3.12.98 (nach Erhöhung)

Ost	606
West	575
Total:	1181 m3/h 106%

Tabelle 5.2 Die mit Flow-Finder ermittelten und aufsummierten Luftmengen sind mit den prozentualen Abweichungen zu den Soll-Werten dargestellt. (Die "nichtmessbaren Luftmengen" sind approximativ aufgrund von Leckagen innerhalb der Wohnungen mit 10% zugeschlagen worden); Details dazu in Anhang D

Die Luftmengen-Werte vom 16.1.99 wurden erst nach Sanierungsarbeiten (Abkleben der Luft-Rohrleitungen) und Erhöhung der Luftmenge (ZUL) in der Zentralen erreicht. Die Messwerte sämtlicher Durchlässe sind im Anhang D angeführt. Die viel zu tiefen Abluftmengen der Dachwohnungen sind höchst wahrscheinlich auf undichte Abluftleitungen zurückzuführen. Gemäss Messungen (vgl. Kapitel 4.3) sind die Abluftmengen insgesamt in Ordnung. Da die Abluftleitungen in unzugänglichen Schächten geführt sind, konnte dieser Mangel nicht behoben werden. Es zeigt sich einmal mehr, wie wichtig es ist, ein dichtes Leitungssystem zu erzielen. Dazu sind primär qualitativ hochwertige Komponenten mit Gummieinlagen (v.a. Formstücke) und eine sorgfältige Ausführung nötig.

Vereinzelt wurde auch kritisiert, dass die Zuluftmengen einzelner Räume nur schwer den Bedürfnissen angepasst werden können. Dies liegt vor allem am hier verwendeten Schrag-Verteilsystem, welches nur ein umständliches Einstellen zulässt. Andererseits bietet die Umluft eine gute Möglichkeit die Luftmengen z.B. in einem Doppelschlafzimmer zu erhöhen, ohne dass die Aussenluftmenge (mit den entsprechenden Nachteilen) erhöht werden muss. Die nachts unverbrauchte Luft der Wohnzimmer wird so ebenfalls den Schlafräumen zugeführt.



Figur 5.4 Das Flow-Finder-Gerät ermöglicht eine sehr genaue Messung der Luftmengen an den Durchlässen.

#### 5.4 Die Lüftungszentrale

Die Prüfstelle HLK der Hochschule Technik+Architektur Luzern hat die Lüftungszentrale im ersten Winter (97/98) detailliert ausgemessen. Eine weitere Luftmessung wurde im zweiten Winter nach Erhöhung der Luftmenge (16.1.99) durchgeführt. Der vollständige Bericht findet sich im Anhang E. Bei den Luftmengen ergeben sich Unklarheiten. So kommt der HLK-Bericht zu einer Zuluftmenge von 1340 m<sup>3</sup>/h (Messung vom 30.3.99), während die über alle Durchlässe gemessene Zuluftmenge 1110 m<sup>3</sup>/h beträgt. Leckagen im Bereich der zentralen Verteilung wurden schon vorgängig abgedichtet. Folglich handelt es sich wohl primär um Messungenauigkeiten.

Der Stromverbrauch der Anlage ist höher als erwartet. Der elektrothermische Verstärkungsfaktor ist mit 5.4 entsprechend tiefer als erwartet. Im Vergleich zu einer Wärmepumpe ist die elektrische Effizienz dieser Lüftung aber immer noch sehr gut.

Die Analysen ergeben, dass primär der erhöhte Druckverlust durch den grossen Wärmetauscher, der Heizregister und des weitverzweigten Leitungssystems Grund dafür sind. Das Lüftungsgerät selbst hat einen Gesamtwirkungsgrad von 45% (dieser liegt im Bereich der Erwartungen für ein konventionelles Lüftungsgerät mit Keilriemenantrieb).

#### 5.5 Das Luft-Erdregister

Der Luftansaug erfolgt über einen vertikalen Schacht von 1 m Durchmesser (ca. 80 cm über Boden). Der Schachtboden ist abgedichtet, um nicht unerwünschtes Radon-Gas anzusaugen. Allfälliges Kondenswasser kann sich in der Schachtsohle sammeln und wieder verdunsten. Das Luft-Erdregister besteht aus 2 je ca. 30 m langen PE-Rohren mit 250 mm Durchmesser. Die Rohre liegen rund 2.5 m unter Terrain und sind mit 1% Steigung verlegt. Die Rohre verlaufen ausserhalb des Gebäudes knapp unter der Bodenplatte. Diese Verlegungsart hat den Vorteil, dass die Rohre im gleichen Arbeitsgang wie die Kanalisation installiert werden können. Die ganzen Arbeiten wurden durch den Baumeister ausgeführt. Ein alternativer Luftansaug existiert nicht.

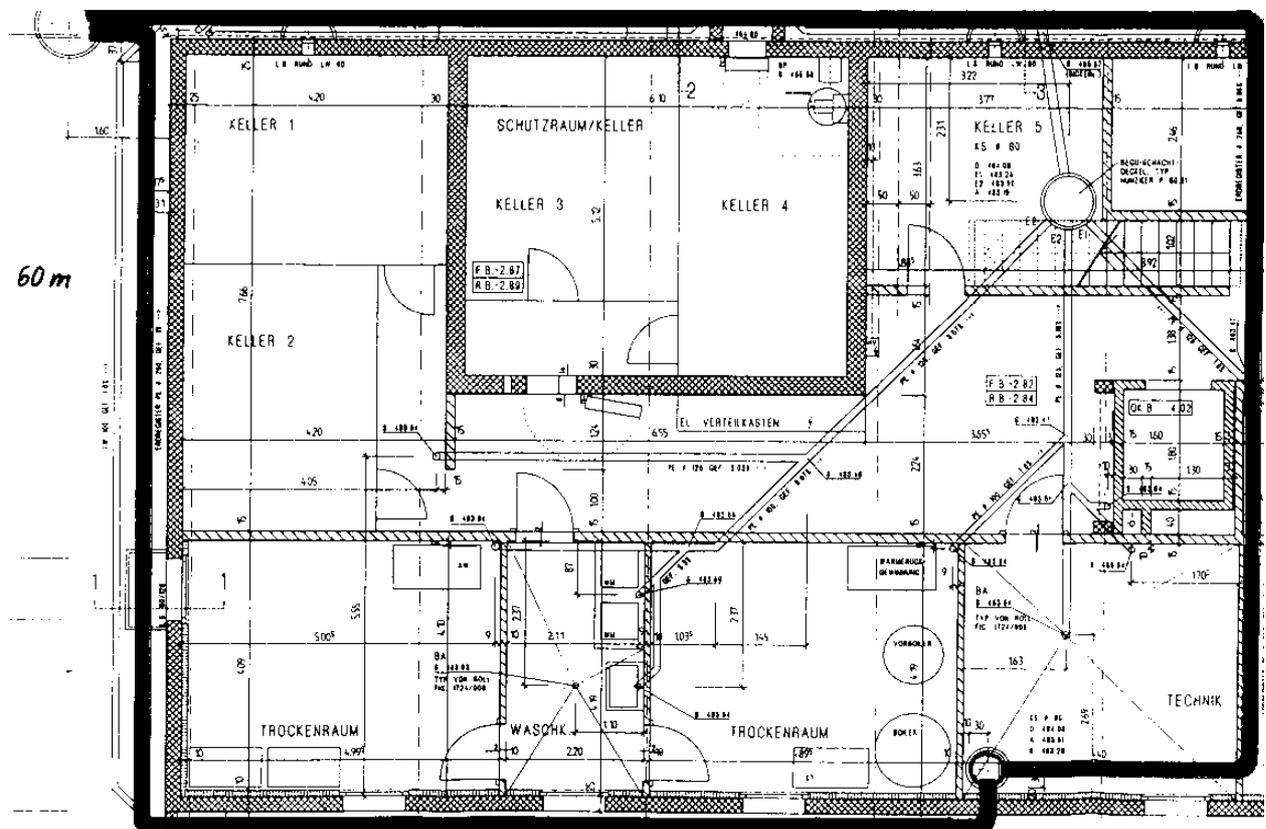
Filtrierung: Beim Ansaug zuoberst ist ein Lochblech angebracht. Unten im Schacht, vor Eintritt in die Rohre verhindert ein Maschengitter nochmals, dass Verunreinigungen ins Rohr gelangen. Um eine einfache Reinigung zu ermöglichen, sind die Rohre weitgehend geradlinig und auf beiden Seiten zugänglich verlegt.

Erfahrungen: Der Betrieb dieses einfachen Erdregisters hat sich gut bewährt. Das Hauptziel, die Zulufttemperatur beim Lüftungsgerät immer auf über 0 °C zu erwärmen wird erreicht (vgl. Messungen im Anhang E). Damit leistet diese Einrichtung gerade in sehr kalten Zeiten einen wertvollen Heizbeitrag und erübrigt weitere Frostschutzmassnahmen.

Im Sommer 1998 wurde die Lüftungsanlage während einer rund zweiwöchigen Hitzeperiode in Betrieb genommen (sonst ist die Anlage von Mitte Mai bis Mitte Oktober nur mit Abluft in Betrieb). Eine Messung am 21.7.98 um 15.30 Uhr zeigte folgendes Ergebnis:

Temperatur Aussen 31 °C  
 Temperatur nach Erdregister: 23 °C  
 Temperatur nach WRG (kein by-pass) 24 °C  
 Temperatur der Abluft = Raumtemp. 25 °C

Diese Messung zeigt, dass das Erdregister die Zuluft um etwa 8 Kelvin zu kühlen vermag. Die (ungewollte) Erwärmung in der WRG ist minimal. Die Zuluft und Abluft liegen somit auf etwa derselben Temperatur. Ein direkter Kühleffekt durch die Lüftung tritt somit nicht ein. Der kühlende Effekt der Lüftungsanlage besteht vor allem in der Tatsache, dass an Hitzetagen die Fenster geschlossen bleiben.



Figur 5.5 Das Lufterdregister

## 5.6 Probleme mit der Lüftung/Luftheizung und Folgerungen

Es liegt in der Charakteristik von Pilotanlagen, dass Probleme auftreten können. Die folgende Zusammenstellung fasst zusammen, was konkret eintrat und wie die Probleme angegangen wurden.

Datum	Was	Ursache	verantwortlich	Abhilfe
Sept. 97	Inbetriebnahme			
29.9.97	Schallmessungen ergeben zu hohe Werte der Umluftventilatoren in den meisten Wohnungen	Zu kleine Schalldämpfer installiert; "Brumm"-Geräusch des Drehzahlreglers	Installateur; Planer *)	Alle Schalldämpfer werden am 8.1.98 ersetzt; in 4 Wohnungen Umluftventilatoren ersetzt; am 5.10.98 werden in 5 Wohnungen die Drehzahlregler ersetzt.
22.10.97	Bei der Montage eines Kanalthermometers wird das Heizregister angebohrt; es entsteht ein erheblicher Wasserschaden	Unvorsichtigkeit des Lüftungsmonteurs; ungenügende Kenntnis der Anlage	Installateur	Luftheizregister ersetzt; Thermometer neu montiert
30.10.97	Ungenügende Heizleistung in einzelnen Wohnungen gerügt	Teilweise nicht funktionierende Thermostat-Ventile	Installateur	Richtig montiert; einzelne Thermostat-Ventile ersetzt
2.11.97 und 19.12.97	Ungenügende Heizleistung in einzelnen Wohnungen erneut gerügt	Zu kleine Heizregister eingebaut (nur 2-reihige anstelle von verlangter 6-reihiger)	Installateur	Vom 22.-24.6.98 wurden sämtliche 21 Register durch leistungsfähigere ersetzt. (ca. 6 Manntage-Arbeit, auf Kosten Installateur)
12.3.98	Zuluftmengen zu klein	Grosse Undichtigkeiten im Kanalnetz (Rauchtest)	Installateur	Abkleben der Übergänge zu Formstücken sowie der Filterkästen; am 3.12.98 wurde die Luftmenge des Lüftungsgeräts erhöht
2.1.99	Heizungspumpe defekt	Unbekannt	Installateur	Pumpe ersetzt (Garantie)
März 99	Heizungs-Abgasleitung leckt	Unsorgfältige Montage des Kamins	Installateur	Kamin korrekt mit Abgasleitung verbunden; Flachdach neu abgedichtet
Ganzer Winter	Verschiedene Störungen bei der Gasheizung	Vermutlich Nässe am Aussenfühler	Installateur	Einmal ersetzt; umplaziert

Dieses Protokoll dokumentiert, dass mit der Inbetriebnahme einer Anlage die Arbeiten noch nicht abgeschlossen sind. Im vorliegenden Fall hat die ausführende Installationsfirma, welcher auch die gesamte Ausführungsplanung und -verantwortung übertragen war, sich schlicht und einfach nicht an die Projektvorgaben gehalten. Am deutlichsten zeigte sich dies bei den Heizregistern. Die in der Ausschreibung geforderten Register wurden einfach durch kostengünstige, schwächere ersetzt. Hätte die Bauherrschaft und der nochmals beigezogene Planer nicht vehement auf dem Ersatz gepocht würde heute diese Anlagen völlig unbefriedigend laufen. Ähnlich lief es mit weiteren Dingen. Die Bauleitung war mit der Qualitätssicherung der Ausführungsarbeiten zu dieser Anlage auch eher überfordert.

Folgerung:

1. klare Vorgaben zu den Leistungsdaten sind absolut zwingend
2. Die Installationen sind nach der Ausführungsplanung noch vor dem Bau nochmals zu überprüfen (dies ist oft nicht möglich, da keine Zeit mehr bleibt oder der Unternehmer die Angaben nicht beibringt)

3. Falls Pt. 2 nicht möglich ist, kann auf zwei leider aufwändige Wege versucht werden, die Vorgaben zu kontrollieren und falls nötig durchzusetzen:

- a) laufende Kontrollen auf der Baustelle
- b) nach Fertigstellung als Garantearbeiten

Beide Wege sind mühsam, oft nervenzerrend und kostspielig

Rückblickend ist der Schreiber klar der Ansicht, dass vor allem P+D-Anlagen vom Projektplaner auch die Ausführungsplanung zu erbringen ist und die Bauausführung vermehrt zu überwachen ist.

Mit zunehmender Verbreitung von Wohnungslüftungen und Luftheizungen besteht aber auch der Bedarf, dass bessere Instrumente zur Qualitätssicherung vorhanden und bekannt sind.

## 6. Abwasserwärmenutzung

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. Die Lüftung erfolgt natürlich über Kippfenster. Neben dem Abwassertank wärmen die zwei Gefriertruhen mit 51 Watt Abwärme zusätzlich den Trocknungsraum "West".



*Figur 6.1 Über die warme Oberfläche heizt dieser Tank den Trocknungsraum kostengünstig und energiesparend*

Temperatur- und Wärmeflussmessungen am Tank im Trocknungsraum "West" haben Aufschluss über die Wärmeabgabe eines Tanks gegeben (Messungen durch EMPA, Abt. Haustechnik, Beat Lehmann; vgl. technischen Bericht im Anhang F). Diese betrug im Mai 1998 bei rund 17 °C Trocknungsraum-Temperatur im Mittel 190 Watt. Damit wird ein kleiner, aber spürbarer Beitrag zur Trocknungsleistung geschaffen. Die EMPA kommt zum Schluss, dass für eine gute Trocknungsleistung die umschliessenden Aussenwände gut wärmegeämmt sein müssen. (Im Haus Focus sind nur die Aussenwände gedämmt).

Der Tank dürfte, auch wesentlich kleiner ausgeführt, ungefähr dieselben Ergebnisse liefern. Als grober Richtwert kann etwa mit 150 Litern Tankinhalt pro angeschlossene Wohnung gerechnet werden (zur Zeit sind es 1100 Liter für 4 Wohnungen).

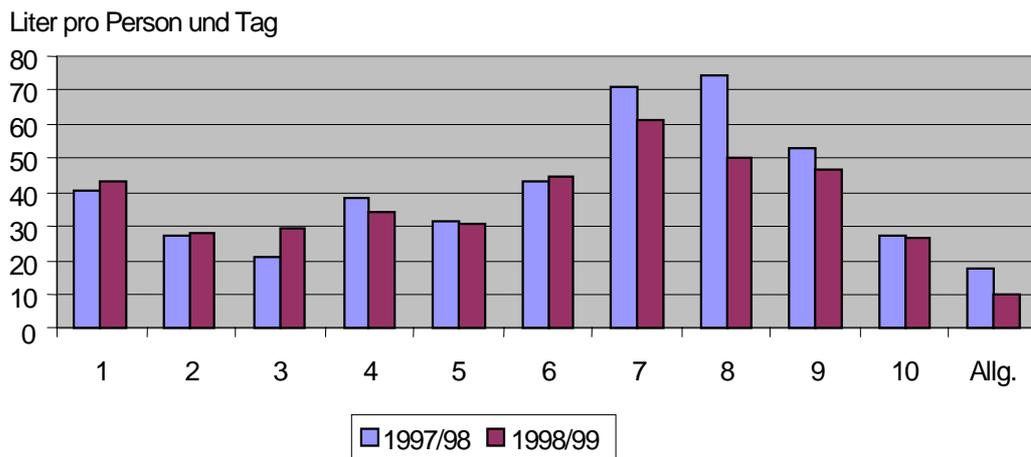
Laut Umfrage unter den Bewohnern wird die Trocknungsleistung mehrheitlich lediglich als "genügend" beurteilt (vgl. Kapitel 9). Aber 17 von 18 Antwortenden wollen keinen zusätzlichen Raumtrockner oder Tumbler. Besser fällt das Urteil im zweiten Trocknungsraum aus. Dort sind zwei Warmwasser-Boiler als zusätzliche (Ab-)Wärmequelle aufgestellt.

Die Investitionskosten betragen für alle separaten Ablaufleitungen und Tank rund Fr. 4000.- bzw. etwa Fr. 800.- pro angeschlossene Wohnung.

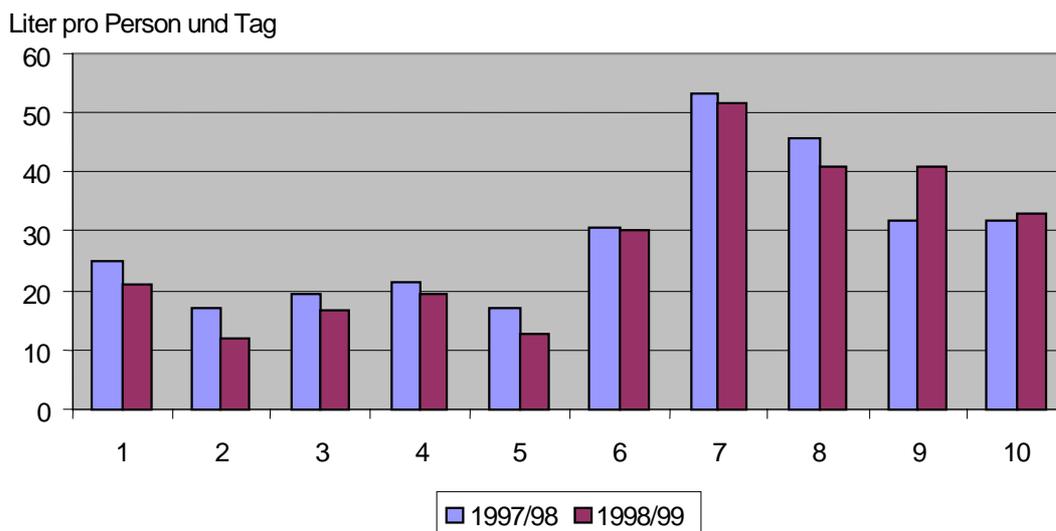
Eine renommierte Jury hat 1999 diese energieeffiziente Lösung mit grossem Energiesparpotential gewürdigt und den 2. Preis des prix eta verliehen.

## 7. Wasserverbrauch

Verschiedenste wassersparende Massnahmen wurden realisiert: Schwedische Wasserspar-WCs mit nur 3.5 l Spülmenge, Wasserbegrenzung in den Armaturen, Wasserverbrauchsabrechnung pro Wohnung, wassersparende Geräte (Waschmaschine, Geschirrwashmaschine) und in einer Wohnung ein Kompost-WC (Trockenklosett). Eine kleine Regenwasserfassung von einem benachbarten Schopf unterstützt die Gartenbewässerung. Der tiefe Verbrauch hat sich tatsächlich eingestellt wie die Figuren zeigen. Selbstverständlich ist der tiefe Verbrauch auch auf ein gutes Benutzerverhalten und den grossen Anteil kleiner Kinder zurückzuführen. Der schweizerische Durchschnitt liegt bei rund 154 Litern pro Person und Tag.



Figur 7.1 Kalt-Wasserverbrauch der 10 Wohnungen sowie allgemein (Garten, Waschma., etc.); der gesamte Kaltwasserverbrauch betrug 1997/98: 649 m<sup>3</sup> und 98/99: 600 m<sup>3</sup>



Figur 7.2 Warm- Wasserverbrauch der 10 Wohnungen; 1997/98: 337 m<sup>3</sup> und 98/99: 314 m<sup>3</sup>. Die Wassertemperatur betrug zwischen 45 und 60 °C.

### **7.1 Toilette ohne Wasseranschluss**

In einer Wohnung wurde eine Kompost-Toilette installiert. Beim gewählten System fließt der Urin in die Kanalisation, während Fäkalien und Papier zusammen mit eingestreutem Strukturmaterial (eine Mischung aus Hanfhäcksel, Kornspreu und Hobelspänen) in einem grossen Plastiksack gesammelt werden. Statt sie mit Wasser wegzu-spülen wird eine Hand voll Strukturmaterial 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. Die Erfahrungen sind gut. Der Arbeitsaufwand hält sich in Grenzen und die Komposterde ist von guter Qualität.



*Figur 7.3 Komposttoilette*

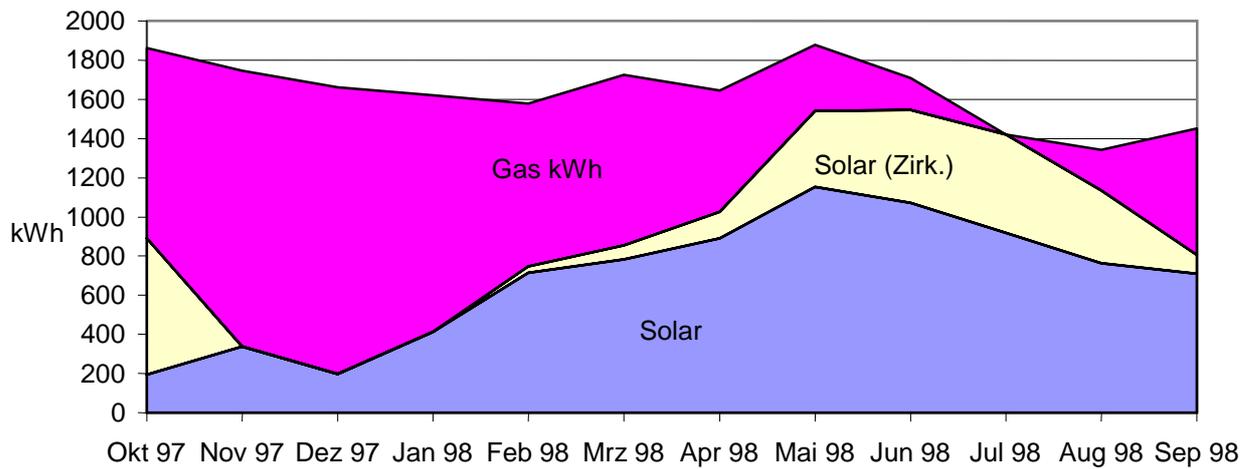
## 8. Solare Warmwassererwärmung



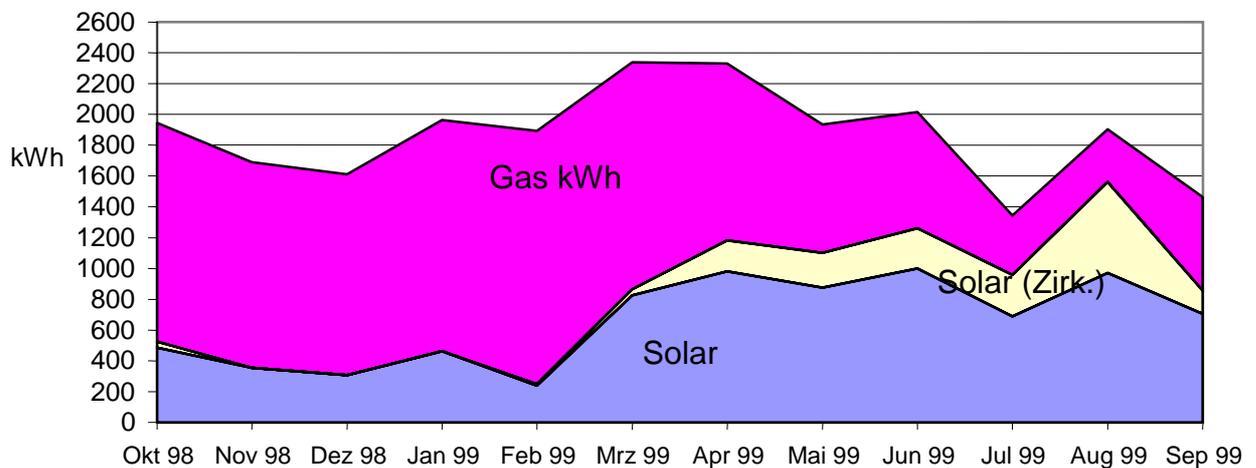
*Figur 8.1 Rund 21 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren erwärmen rund 50% des jährlichen Warmwasserbedarfes von 35 Menschen*

Die Solaranlage (20.8 m<sup>2</sup> selektive 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 10918 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 folgenden Massnahmen:

- Warmwasser wird nur ein- bis zweimal pro 24h 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.



Figur 8.2 Energieertrag der Solaranlage und Gasverbrauch für das Bereitstellen des Warmwassers 1997/98 (total: 330 m<sup>3</sup> Warmwasser)



Figur 8.3 Energieertrag und Gasverbrauch für das Bereitstellen des Warmwassers 1998/99 (total: 318 m<sup>3</sup> Warmwasser)

Der Betrieb der Anlage im Contracting, d.h. in diesem Fall, die Firma Ernst Schweizer AG besitzt und betreibt die Anlage und FOCUS bezieht die Wärme zu einem leistungsabhängigen Preis, hat sich insgesamt bewährt. Monatlich werden einmal Betriebsdaten gemäss Vorlage von einem Bewohner abgelesen und an die Firma Schweizer gefaxt. Bis dato lief die Anlage störungsfrei.

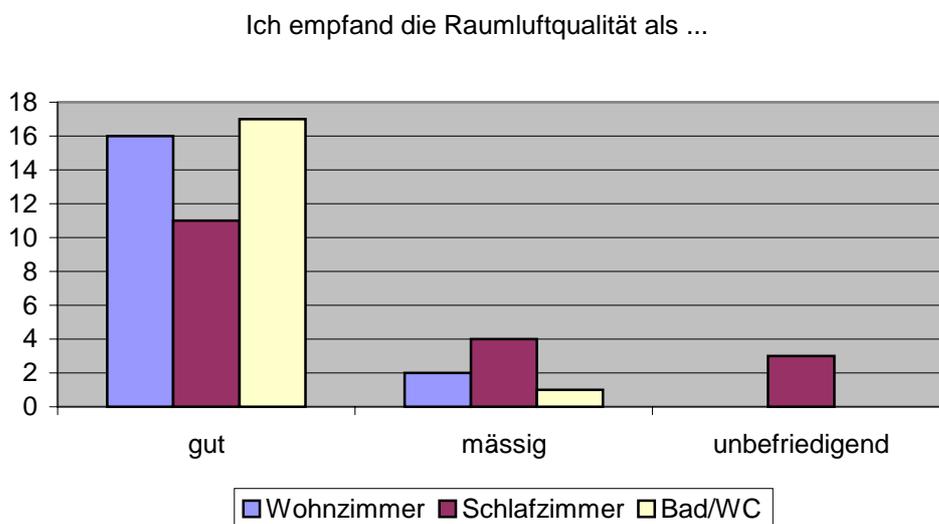
Kosten: Die gesamten Kosten für die Solaranlage (inkl. Kapital, Wartung) betragen:  
 1997/98 Fr. 2764.05 minus Fr. 545.90 eingesparte Gaskosten = Fr. 2218.15 oder  
**Fr. 5.30 pro Bewohner und Monat** (20.3 Rp./kWh netto)

1998/99 Fr. 2775.45 minus Fr. 484.15 eingesparte Gaskosten = Fr. 2291.30 oder  
**Fr. 5.45 pro Bewohner und Monat** (23.7 Rp./kWh netto)

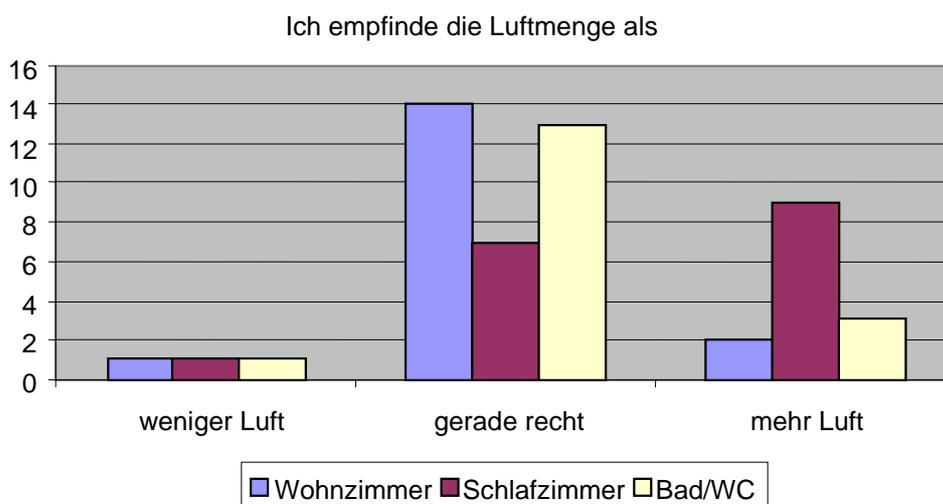
## 9. Was sagen die Bewohnerinnen und Bewohner? - Eine Umfrage

Von der unabhängigen Architektin Anne-Lise Diserens wurde nach knapp 2 Jahren eine schriftliche, anonyme Befragung durchgeführt, an der sich alle 18 Erwachsenen (die 17 Kinder waren ausgeschlossen) des Hauses beteiligten (Im Anhang G findet sich der vollständige Fragebogen mit den Auswertungen).

Das Raumklima wird bis auf die Luftfeuchtigkeit eher als angenehm empfunden. Die Feuchtigkeit wird von zwei Dritteln der Bewohnenden als zu trocken empfunden. Ein Drittel setzt zeitweise einen Befeuchter ein. Laut Messungen sank die Raumluftfeuchtigkeit nur vereinzelt unter 30 % (vgl. Kapitel 3.1). Die Raumtemperaturen wurden grossmehrheitlich 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.



Figur 9.1 Die Antworten zur Raumluftqualität

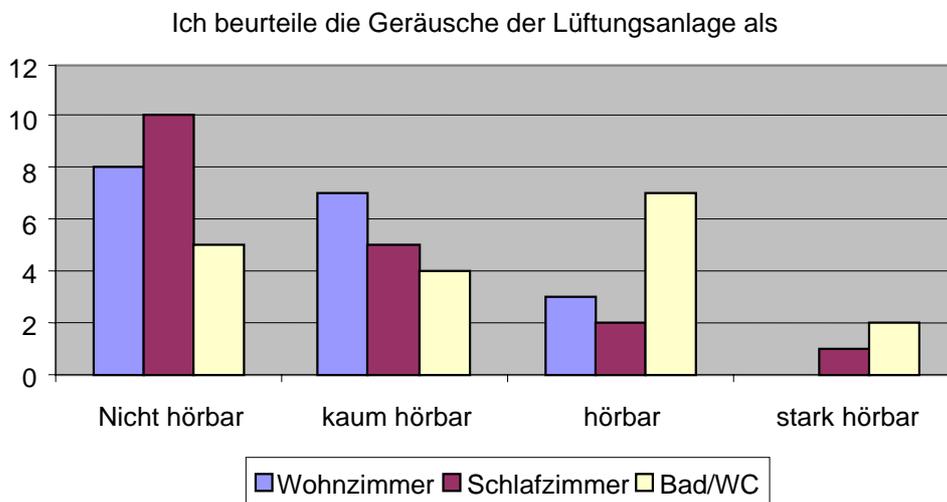


Figur 9.2 Die Antworten zur mengenmässigen Frischluftversorgung (vor allem in den Schlafräumen mit Doppelbelegung wird mehr Luft benötigt)

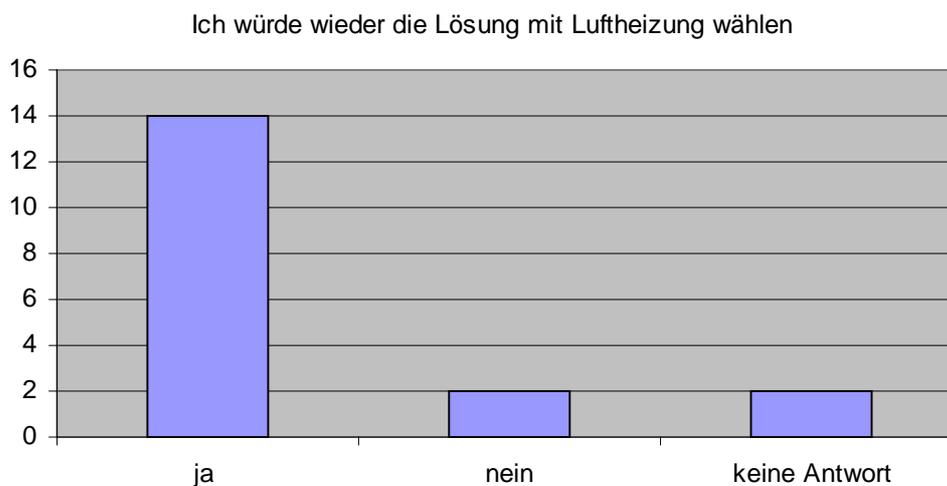
Die Kochstellen werden mit Umluft abgelüftet: 9 Personen empfinden die Wirkung als gut oder genügend, 5 als zu knapp oder ungenügend.

Im Bereich von Architektur/Wärmedämmung/Materialien entsprechen die Antworten weitgehend den Erwartungen. Selbst die Parkettböden, welche nicht versiegelt wurden (nur geölt) finden eine breite Zustimmung (17 von 18). Einzig die Schallabsorption der Holztrennwände innerhalb der Wohnungen wurden als unzureichend taxiert.

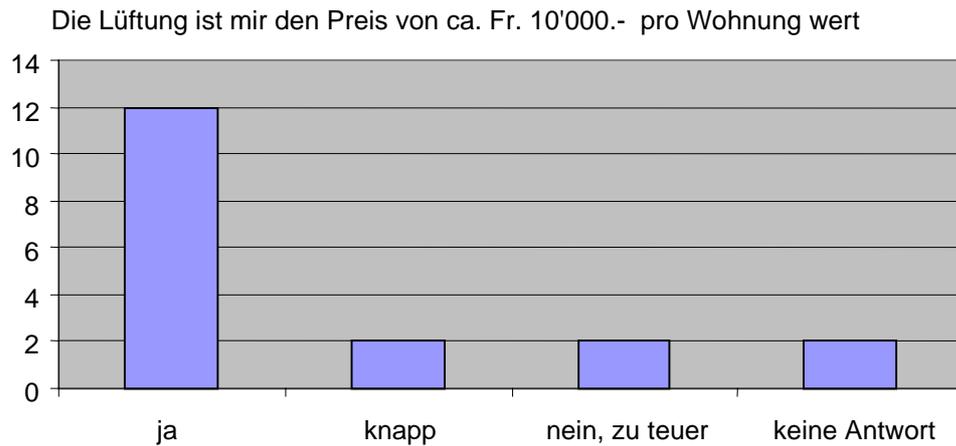
Zur allgemeinen Zufriedenheit und dem Preis-/Leistungsverhältnis geben die Antworten ein bestätigendes Bild. 14 Personen (78 %) möchten auch in der nächsten Wohnung nicht auf die Wohnungslüftung verzichten müssen und 14 Menschen würden wieder die Lösung mit Luftheizung wählen (2 würden keine Luftheizung 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" (2 Enthaltungen). Dies zeigt deutlich, dass eine Wohnungslüftung für die Bewohner einen beträchtlichen Nutzen darstellt.



Figur 9.3 Die Antworten zum Geräusch der Lüftungsanlage

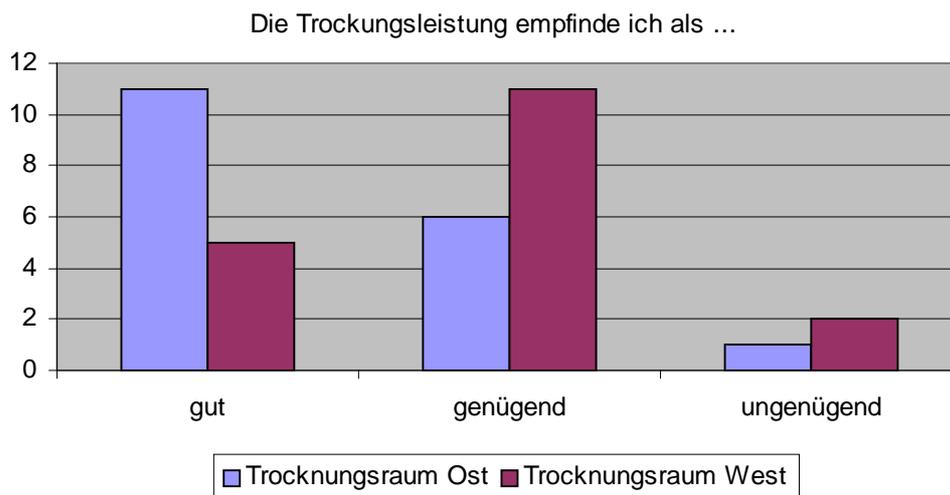


Figur 9.4 Antworten zur Wahl des Luftheizungssystems



Figur 9.5 Antworten zum Kosten/Nutzen-Verhältnis der Lüftung

Alle 18 Antwortenden finden es gut, die Waschmaschine mit anderen zu teilen, 17 von 18 möchten den Gemeinschaftsraum nicht missen und alle BewohnerInnen finden die grosse Zahl Velo-Parkplätze (total über 50) nötig.



Figur 9.6 Die Antworten zur Trocknungsleistung im Trocknungsraum

## 10. Gesamteindruck/Schlussfolgerungen

Der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser beträgt noch rund 30% eines üblichen Neubaus. Damit ist eines der wichtigsten ökologischen Postulate erfüllt. Die sehr gute Wärmedämmung hat sich aber nicht nur deswegen gelohnt. Der Komfort ist insbesondere im Fensterbereich dank der sehr guten Verglasung bei tiefen Aussen-temperaturen für alle spürbar besser. Im Sommer bringen die sehr guten Fenster U-Werte in Form von angenehm kühlen Räumen gleich nochmals Vorteile.

Das Konzept der Luftheizung bewährt sich insgesamt, kann und muss aber noch verfeinert werden (Schall, Luftdichtigkeit, Stromverbrauch). Sicher soll dieses System nur für sehr gut wärmegeämmte Bauten angewendet werden. Der Einsatz von Umluft innerhalb einer Wohnung wird empfohlen, um damit die Aussenluftstraten möglichst tief halten zu können. Die Zonierung in zwei Regelkreise pro Wohnung hat sich hier bewährt, da der Grundriss dazu geeignet ist. Grössere Kostenvorteile wird die Luftheizung erst bieten, wenn standardisierte Komponenten in Grossserien angeboten werden. Hier bietet sich noch ein beträchtliches Entwicklungspotential. Denn ein breiter Einsatz von Lüftungen mit Wärmerückgewinnung wird auch die Nachfrage nach Luftheizungen steigern.

### 10.1 Zur Multiplikation empfohlen

Hier sind Massnahmen und Lehren zusammengefasst, welche sich aus Sicht des Energieplaners besonders bewährt haben und für neue Wohnbauten grundsätzlich zu prüfen sind.

Gebäudehülle:

- mindestens 20 cm Wärmedämmung in der Gebäudehülle (U-Wert von 0.10 W/m<sup>2</sup>K anstreben)
- die wärmetechnisch bestmöglichen Fenster einsetzen (U-Wert der Verglasung von 0.5 W/m<sup>2</sup>K wurde von allen BewohnerInnen als sehr komfortabel bemerkt)
- Dachbegrünung
- Mauerwerk mit Recycling-Kalksandstein

Haustechnik:

- Wohnungslüftungsanlage (da echter Mehrkomfort)  
Luftheizungen werden bedingt empfohlen: erstens muss der Heizleistungsbedarf klein sein (< 15 W/m<sup>2</sup> in allen Räumen), zweitens sollte die Bauherrschaft das System Luftheizung kennen und gutheissen und drittens sollten die Grundrisse eine sternförmige, kurze Luftverteilung erlauben.
- sehr gute Wärmerückgewinnung (über 80 %) einsetzen
- einfache, überschaubare Technik
- für Mehrfamilienhäuser: Abwasser-Wärmerückgewinnung zur Temperierung von UG-Räumen
- Beleuchtung im Treppenhaus, Korridoren und Veloräumen mit (qualitativ guten) Präsenzsensoren steuern
- Kaltwasser verbrauchsabhängig abrechnen und Wassersparmassnahmen

- Solaranlage für Warmwasservorwärmung
- Möglichkeit Holzöfen anzuschliessen
- Waschmaschine und Geschirrspüler am Warmwasser anschliessen

## **10.2 Noch verbesserungswürdig**

Architektur/Gebäudehülle:

- Fixe Beschattung der süd-, südost- und südwestexponierten Fassaden optimieren um passive Sonnenenergiegewinne zu erzielen, ohne eine sommerliche Überhitzung zu erhalten.
- Schallschutz innerhalb der Wohnung
- Abstellplätze für Kinderverlos und Veloanhänger

Haustechnik:

- schalltechnische und energietechnische Ausführung sowie Luftdichtigkeit der Lüftungsanlage
- Luftmengen-Voreinstellung einzelner Räume

Das Focus-Haus hat insgesamt bestätigt, dass heute kostengünstige Bauten mit wesentlich reduziertem Ressourcenverbrauch realisierbar sind. Dadurch wird nicht nur die bedrohte Schöpfung geschont, vielmehr erwachsen auch den BenutzerInnen Komfortvorteile. Trotzdem sind die Optimierungsmöglichkeiten im Bereich der mechanischen Lüftungsanlagen in künftigen Bauten auszuschöpfen.