



Kanton Zürich  
Baudirektion  
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft

# Siedlung Boller

## Ein Meilenstein des energieeffizienten Bauens



## Impressum

### Verfasser

Dr. Ruedi Kriesi

### Quelle

Erfahrungen aus 25 Jahren Betrieb der ersten Minergie-Siedlung, vom Null-Heizenergie-Demonstrationsprojekt zum Minergie-A-Haus. Ruedi Kriesi, Dr. sc. techn., Kriesi Energie GmbH. AWEL 2016

### Fotos

Nick Brändli

### Kontakt

AWEL, Abteilung Energie, energie@bd.zh.ch,  
Telefon 043 259 42 66  
September 2016



# Trend gesetzt

**Mit «null Heizenergie» sind die Boller-Häuser weit über die Schweiz hinaus bekannt geworden. Heute, 25 Jahre später, lassen sich Stärken und Unzulänglichkeiten dieser Siedlung benennen.**

Das Projekt «Im Boller» in Wädenswil mit 5 Doppelhäusern wurde 1990 als Pilot- und Demonstrationsprojekt durch den Autor als Energietechniker initiiert und zusammen mit dem Architekten Ruedi Fraefel und zehn damals jungen Familien gebaut. Die technischen Möglichkeiten der damals verfügbaren energieeffizientesten Produkte sollten breit dargestellt werden. Geplant war ein Energieverbrauch um den Faktor 12 unter dem des damaligen durchschnittlichen Neubaus. Das ambitionierte Ziel wurde auch erreicht, wie Messungen der EMPA von 1991 bis 1994 zeigten, und liegt immer noch um einen Faktor 4 unter dem Standard Minergie-P.

## Wärmebedarf reduzieren

Die Siedlung sollte so weit wie möglich mit Sonnenenergie beheizt werden. Zur Minimierung der Kosten wurde mit allen verfügbaren Mitteln der Bedarf reduziert, weil die Massnahmen dazu, vor allem Wärmedämmung und Lüftung mit Wärmerückgewinnung, im tiefen Winter weit kostengünstiger sind als Sonnenenergie. Walter Schiesser, damals Redaktor der NZZ, nannte dies in einem Artikel über das Projekt sehr treffend «Senkung des Wärmebedarfs bis zur Solartauglichkeit».

Um die Mehrkosten tief zu halten, wurden nur zwei Doppelhäuser für fast null Heizenergie konzipiert. Deren Ziel war nicht maximale Wirtschaftlichkeit, sondern minimaler Verbrauch. Näher am wirtschaftlich vertretbaren Mass lagen die drei Niedrigener-

gie-Doppelhäuser. In diesen wurden die gleichen Massnahmen zur Reduktion des Verbrauchs umgesetzt, aber nur kleine Solaranlagen installiert.

Die ausgezeichnete Wärmedämmung, die konsequent luftdichte Bauhülle und die Komfortlüftung waren vor 25 Jahren noch ganz neu. Diese Massnahmen senken aber nicht nur den Wärmebedarf im Winter, sondern erhöhen auch ganz erheblich den Wohnkomfort. Dieser Zusammenhang wurde in den ersten Betriebsjahren in der Siedlung erkannt. Zur Verbreitung der neuen Erkenntnisse hat der Autor, in enger Zusammenarbeit mit dem Betriebswirtschaftler Heinz Uebersax, die Marke Minergie geschaffen und eingeführt, die für Energieeffizienz, Lebensqualität und Werterhaltung steht.

## Vergleich der Massnahmen

Die Siedlung wird inzwischen 25 Jahre bewohnt. Im Auftrag der Energiefachstelle des Kantons Zürich hat der Autor einen Vergleich der eingesetzten Massnahmen mit dem heutigen Baustandard durchgeführt. Vieles, was bei der Entstehung noch ganz neu war, wird heute breit eingesetzt. Einiges hat sich zwar gut bewährt, wird von der Bauwirtschaft erstaunlicherweise aber kaum beachtet. Anderes ist durch die Entwicklung überholt worden.



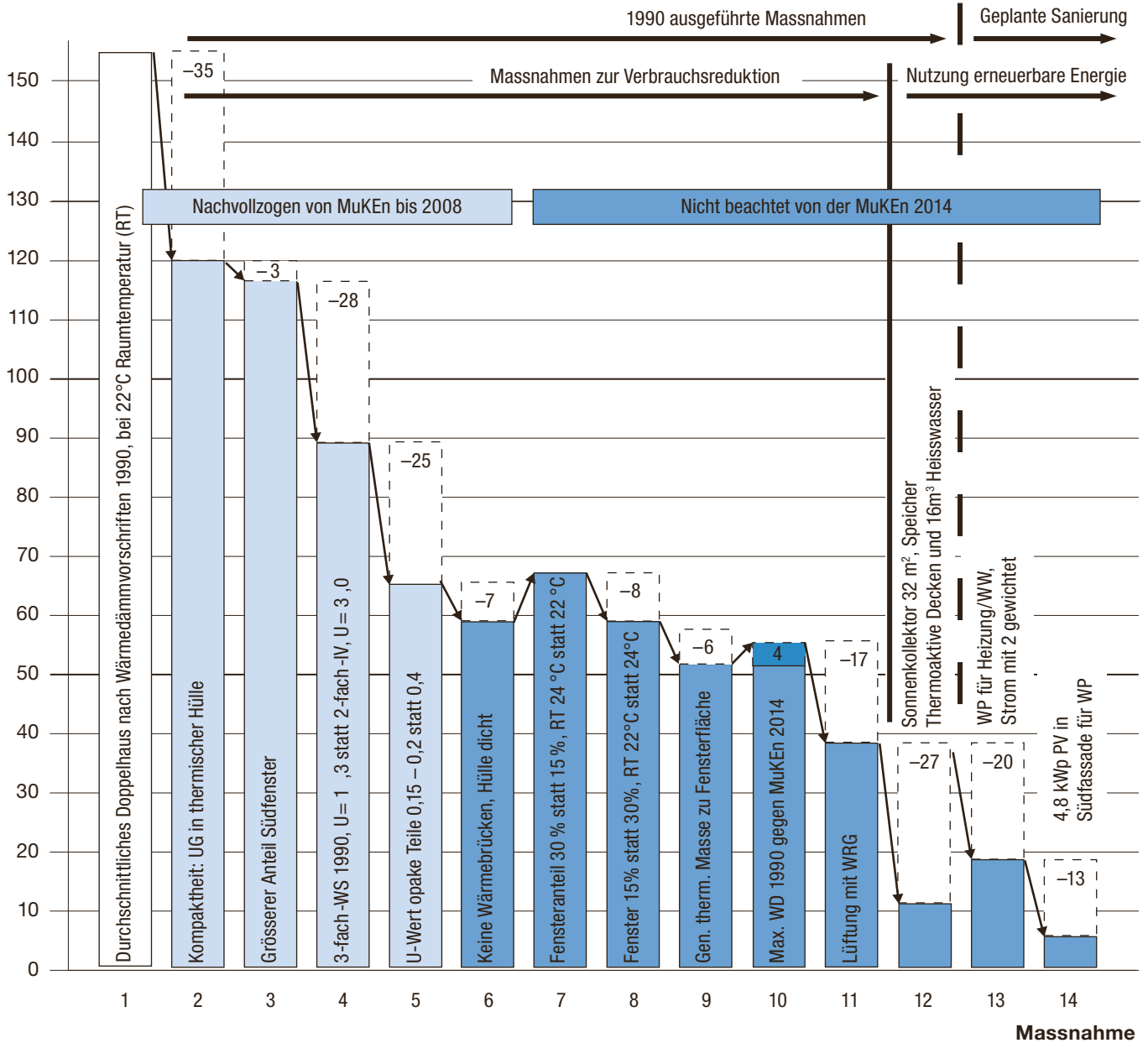
Das Doppelhaus mit den Fassadenkollektoren (links); für die Bewohner gewährt das Konzept gute Sicht auf den Zürichsee.

# Technik und Wirkung

**Mit folgenden Massnahmen wurde der geringe Energieverbrauch erreicht.**

- 1.** Massnahme (Grafik): Ausgangspunkt 1990 ist die Hälfte eines Doppelfamilienhauses mit 199 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche, 38 m<sup>2</sup> Fensterfläche mit U-Wert 3,0 W/m<sup>2</sup>K und U-Werten der opaken Teile von 0,4 W/m<sup>2</sup>K, beheizt auf 22 °C.
- 2.** Durch Aussendämmung des UG mit XPS-Platten steigt die Aussenfläche leicht um die Fläche der Kellerwände, die Energiebezugsfläche steigt aber um 37% auf 273 m<sup>2</sup>, die Energiekennzahl sinkt markant.
- 3.** Trotz beeindruckender Aussicht gegen Norden auf den Zürichsee werden 18 m<sup>2</sup> oder fast 50 % der Fenster gegen Süden gerichtet; der Einfluss im Vergleich zu einer gleichmässigen Ausrichtung ist gering.
- 4.** Anstelle immer noch zulässiger 2-fach-Isolier- werden 3-fach-Wärmeschutz-Verglasungen eingesetzt.
- 5.** Die Aussendämmung der Wände wird mit XPS, des Daches mit Steinwolle realisiert.
- 6.** Mit einer grossen Zahl von Massnahmen wurden alle Wärmebrücken vermieden und eine erstklassige Dichtigkeit der Hülle erreicht. Dazu gehört z. B. die doppelte Wand zur Garage zur Abstützung der kalten Garagendecke, mit XPS-Platten gedämmt (als verlorene Schalung im Zwischenraum).
- 7.** Ein 2014 erstellter Neubau hätte deutlich grössere Fenster erhalten. Zur Kompensation des Kaltluftabfalls an den Fenstern müsste die Raumtemperatur auf etwa 24 °C erhöht werden.
- 8.** Mit dem kleinen Fensteranteil bietet die Siedlung bei 22 °C den erwarteten thermischen Komfort.
- 9.** Dank grosser thermischer Masse und moderater Fensterfläche überheizt der Raum in den Wintermonaten nicht, d. h. die eingestrahelte Wärme ist vollständig für die Heizung verfügbar.
- 10.** Gegenüber den Einzel-U-Werten der neusten Vorschriften (MuKE 2014) ist der im Baujahr 1990 noch extreme Dämmstandard bereits knapp ungenügend – eine Überbewertung der Dämmung. Denn andere Massnahmen, wie die Fenstergrösse oder die Wohnungslüftung, haben weit grösseren Einfluss.
- 11.** Die Lüftung mit geführter Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung war 1990 im Wohnbau in der Schweiz ganz unbekannt. Ihre Wirkung auf Komfort und Energiekennzahl ist beeindruckend.
- 12.** Der Sonnenkollektor in der Südfassade erreicht seine maximale Wirkung bei tiefem Sonnenstand im Winter, liefert im Sommer aber genug zur Wassererwärmung. Kurze, sonnenarme Phasen werden durch thermoaktive Böden überbrückt, längere durch einen grossen Heisswasserspeicher. Heute ist das Ende der Nutzungsdauer des Sonnenkollektors absehbar; die als Abdeckung eingesetzte transparente Wärmedämmung bildet Spalten. Gleiches ist auch für den Stahlspeicher zu erwarten, weil Inox-Stahl der Qualität V2A statt V4A gewählt wurde, der in den Schweissnähten punktuell korrodieren kann. Daraus ergibt sich ein grosses finanzielles Risiko. Weil beide Reparaturen sehr teuer wären, ist eine Nachrüstung bereits eingeleitet.
- 13.** Die Sonnenkollektoren werden durch Wärmepumpen ersetzt. Die thermoaktiven Böden erlauben weiterhin die Wärmezufuhr zum günstigsten Zeitpunkt im Tagesverlauf, d. h. neu bei niederem Elektrotarif respektive verfügbarem Strom aus der PV-Anlage. Die Funktion des Langzeitspeichers und des bisher zur Spitzendeckung eingesetzten Holzofens übernehmen die Erdsonden und – solange Nachtstrom auch im Winter günstig bleibt – das Elektrizitätsnetz. Der Einbau einer Batterie, als Kurzzeitspeicher zur Verwendung des tagsüber produzierten Stroms am Abend und am frühen Morgen, ist später immer möglich.
- 14.** Der Ersatz des Sonnenkollektors durch Photovoltaik-Module in der Südfassade optimiert weiterhin die Energieproduktion im Winter. Trotzdem wird im Sommer noch ein Überschuss von 1200 kWh entstehen, mit dem der Bezug an Haushaltstrom je nach Nutzer um 30 % bis 50 % reduziert wird. Mittelfristig wird Sommerstrom wegen der erwarteten stark erhöhten Kapazität an photovoltaischer Stromerzeugung in Europa wenig Wert haben. Dann werden die vertikalen, gegen Süden gerichteten Gewinnflächen in der Fassade optimal sein.

## Endverbrauch Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Wassererwärmung in kWh/m²a



Die Darstellung zeigt die energetische Wirkung der auf Seite 4 beschriebenen 14 Massnahmen; sie sind jeweils zwei Gruppen zugeordnet: 1990 ausgeführte sowie heute geplante neue Massnahmen; Massnahmen zur Minimierung des Wärmebedarfs sowie zur Gewinnung erneuerbarer Energien; Massnahmen als Vollzug der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich, MuKEn 2008, sowie Massnahmen, die in der neuen MuKEn-Fassung 2014 nicht thematisiert werden.

# Effektive Verbrauchswerte

**Die Unterschiede im Verbrauch, insbesondere der sechs Niedrigenergiehäuser, sind enorm gross, variieren teilweise aber auch im gleichen Haus überraschend stark.**

Einzelne Jahre mit gleichartigen Ausschlägen sind nicht zu beobachten; deshalb lassen sich die Unterschiede im Verbrauch nicht durch Klimaschwankungen, sondern nur durch das Benutzerverhalten und eine variierende Zahl von Bewohnern, allenfalls durch Probleme in der Haustechnik erklären.

Der Verbrauch an Fremdenergie der vier Häuser mit grossen Solaranlagen setzt sich aus einem gemessenen elektrischen und einem geschätzten Holzverbrauch zusammen. Nur Haus 3 hat für die Zusatzheizung ausschliesslich Holz eingesetzt. In den übrigen drei Häusern wurde während vielen Jahren ausschliesslich elektrisch nachgeheizt, weil deren Holzöfen zu wenig Wärme an die Wassererwärmung und die Bodenheizung abgeben. Der Wärmeverbrauch dieser Bauten unterschreitet die Anforderungen des strengen Minergie-A-Standards.

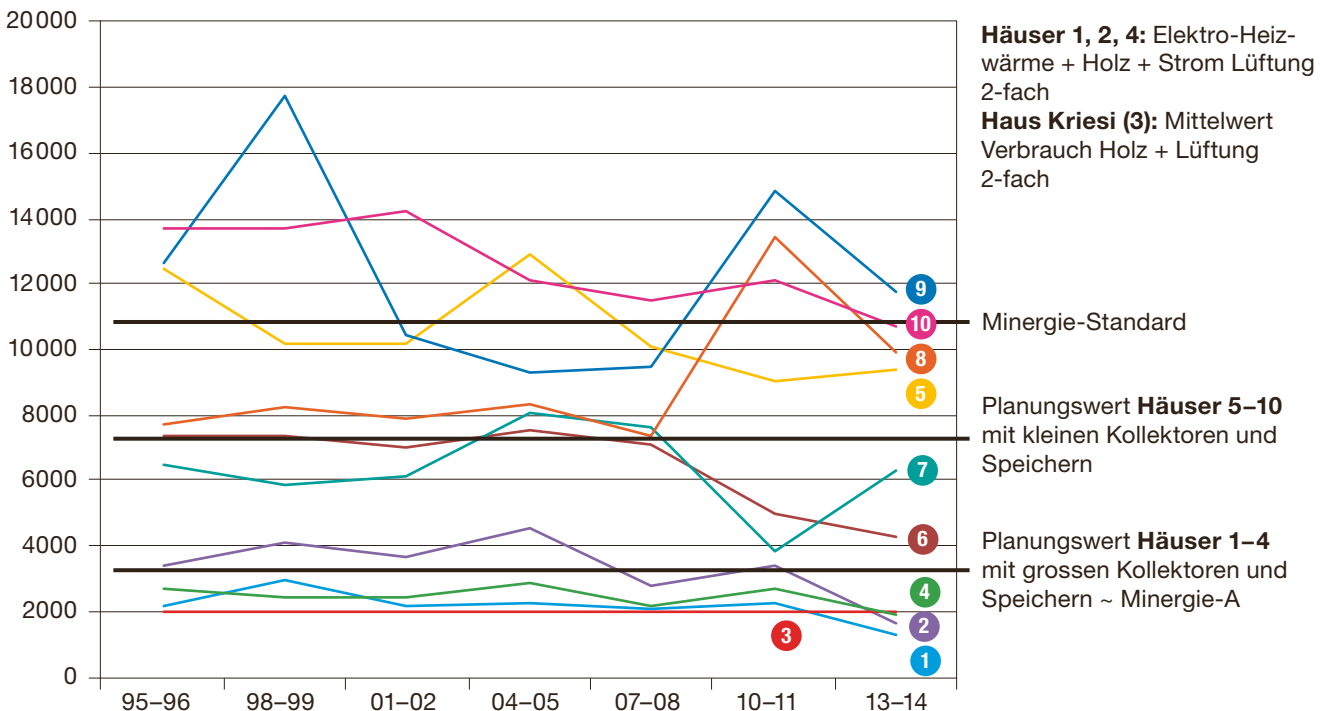
Ein Teil der Häuser hat die Planungswerte erreicht oder sogar unterschritten, weil die Sonneneinstrahlung aufgrund der Fensterfläche von lediglich 15 % und einer Massivbauweise während der ganzen Heizperiode die Raumtemperatur nie über 25 °C steigen lässt und deshalb vollständig für die Raumheizung nachts und an Folgetagen genutzt werden kann. Die Norm SIA 380/1 rechnet selbst bei 2- bis 3-mal grösseren Fenstern und heruntergehängter Decke mit einer fast vollständigen Nutzung der Sonneneinstrahlung. Berechnungen zeigen aber, dass diese Häuser damit stark überhitzen würden. Benutzer solcher Bauten senken entweder Storen oder regeln die Raumtemperatur mit offenen Fenstern, was zu einem deutlich höheren Energiebedarf führt als berechnet.

Die 1990 gewählte Dämmung und die Lüftung mit Wärmerückgewinnung senken den Restverbrauch so weit, dass er sich fast

vollständig mit Sonnenenergie oder einem Minimum an elektrischer Energie über eine Wärmepumpe decken lässt. Trotzdem erfüllt die Dämmung nicht mehr alle Einzelanforderungen der MuKE 2014. Das Konzept «Boller» mit der sehr leistungsfähigen Wärmedämmung belegt, dass die Priorisierung des Wärmeschutzes – wie dies die Mustervorschriften der Kantone 2014 vorgeben – gegenüber dem spezifischen Fensteranteil zu suboptimalen Lösungen führt. Dies zeigt sich in der Diskrepanz zwischen der Berechnung des Heizwärmebedarfs nach Norm SIA 380/1 von Bauten mit einem grossen Fensteranteil und deren tatsächlichem Heizwärmeverbrauch. Denn die normgerechte Berechnung unterschätzt die relativ grossen Verluste, die durch zu hohe Temperaturen in Räumen mit grossen Fensteranteilen entstehen. Werden Räume zu warm, öffnen respektive beschatten die Nutzer die Fenster. Damit entfällt der für die Wärmebilanz des Fensters wichtige solare Gewinn, der den im Vergleich zu einer gedämmten Wand weit grösseren Verlust kompensieren soll. Wer also ein gutes Gebäudekonzept verbessern will, senkt den Fensteranteil – beispielsweise von 30 % auf 15 %. Das bringt sehr viel mehr als eine weitere Reduktion des U-Wertes.

Der geplante Ersatz der thermischen Sonnenkollektoren und des grossen Heisswasserspeichers durch eine Wärmepumpe mit Erdwärmesonde und Photovoltaikanlage ist eine logische Folge der drastisch gesunkenen Preise von Photovoltaik-Modulen. Umso überraschender ist es, dass die MuKE 2014 die Anrechnung von PV-Strom in der Wärmebilanz ausdrücklich nicht zulässt.

**Endverbrauch Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Wassererwärmung in kWh/m<sup>2</sup>a**



Endverbrauch für Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Wassererwärmung der zehn Doppelfamilienhäuser in kWh. Teilweise unterscheiden sich die tatsächlichen Verbrauchswerte bei den Häusern 5 bis 10 deutlich von den Planungswerten (Hausnummern entsprechen nicht der örtlichen Gebäude-Reihenfolge).



# Gute Erfahrungen

**Wohn- und Arbeitskomfort machen Massnahmen zur Effizienzsteigerung von Gebäuden attraktiv. Das zeigt das Beispiel «Bollen» besonders eindrücklich. Möglich sind diese Qualitäten mit einfacher und bewährter Technik.**

## Vorteile für Nutzer

Günstige Nutzflächenvergrößerung durch Kelleraussendämmung: Dank Aussendämmung sind die Kellergeschosse den ganzen Winter nahe 20°C, ohne dass diese Räume beheizt werden. Damit vergrössert sich die Energiebezugsfläche zu minimalen Kosten um 37 % auf 273 m<sup>2</sup>. Der Einfluss auf den Energieverbrauch ist sehr gering. Trotz knappem natürlichen Licht ist der Nutzen des gedämmten Kellers zur Lagerung von Möbeln, Kleidern, trockenen Esswaren, Sportgeräten, als Heimbüro, Bastel- oder Fitnessraum oder zum Trocknen von Wäsche aber gross. Im kalten Keller wären alle Gegenstände durch Schimmel gefährdet. Im Grunde wird damit nur der früher übliche Lagerraum im kalten Estrich ersetzt. Die alte Vorstellung vom unbeheizten Kellergeschoss zur Lagerung von Wein und Gemüse ist durch die heutige Lebensweise der meisten Bewohner überholt. Hierfür genügt meist ein kleiner Raum ausserhalb des Dämmperimeters oder – oft noch günstiger – ein Weinschrank. Entsprechend ist unverständlich, dass immer noch viele Neubauten an der Kellerdecke statt unter dem Boden und auf der Wandaussenseite gedämmt werden.

**Dicke Dämmung der gesamten Gebäudehülle:** Dank der unterbruchfrei guten Dämmung der opaken und transparenten Hülle ist die Raumtemperatur auch in der Nähe der Fassade komfortabel. Selbst hinter einem dicken Schrank an der Aussenwand sinkt die Temperatur kaum, so dass nie ein Risiko für Kondensation oder Schimmel besteht.

**Automatisch frische Luft durch Komfortlüftung:** Die Komfortlüftung erlaubt, die Fenster geschlossen zu halten. Die Luftqualität im Raum bleibt unabhängig vom Benutzerverhalten gut. Weil das Fenster zum Lüften geschlossen bleiben kann, gibt es im Zimmer keinen kalten Luftzug. Staub, Pollen und Aussenlärm des Strassenverkehrs oder des – damals über Wädenswil noch fiktiven, heute aber alltäglichen – Flugverkehrs bleiben draussen.

## Einfach und 25 Jahre erprobt

Die Komfortlüftung hat einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch und im Unterschied zur Photovoltaik wirkt sie auch am sonnenlosen Wintertag und verbessert erst noch den Komfort. Der technische Aufwand dafür ist – zumindest im Neubau – minimal. Hundert Meter Kunststoffschlauch, zwei Ventilatoren und ein Paket Kunststofffolien zur Wärmeübertragung sind die wesentlichen Elemente. Das entspricht etwa der Komplexität einer zentralen Warmwasserversorgung. Umso mehr erstaunen die Diskussionen um Rückbesinnung auf die Fensterlüftung mit dem Argument zu grosser Komplexität neuer Bauten.

Auch die starke Wirkung auf den Energieverbrauch durch eine moderate Fenstergrösse mit angepasster thermischer Raummasse, die kaskadenartige Luftverteilung in der Wohnung, die tiefe Vorlauftemperatur der Wärmepumpe (d. h. der korrekten Speichereinbindung!) oder effiziente Haushaltgeräte und Beleuchtungen sind gut bekannt, ausnahmslos technisch sehr einfache Massnahmen. Statt diese mit sofortiger Wirkung systematisch einzusetzen, wird auf künftige Forschungsergebnisse verwiesen und werden kurzlebige, komplizierte fernbedienbare Steuerungen angeboten – wozu soll man sich während der Skiferien mit der Absenkung der Raumtemperatur beschäftigen, wenn der Jahresverbrauch der Hausheizung ohnehin nur noch 20 % der beiden Autos in der Garage beträgt?

Vor 25 Jahren waren Mehrkosten von energetisch relevanten Massnahmen im Vergleich zur damals üblichen Praxis ein zentrales Thema. Die fakultativen Massnahmen wie Kompaktheit des Gebäudes, kleinere Fenster und korrekte Einbindung der Wärmepumpe sind aber sogar günstiger als die übliche Bauweise, die Mehrkosten von Wärmepumpe und Komfortlüftung sind klein und letztere lässt sich sogar durch den zusätzlichen Komfort finanzieren. Nach wie vor teuer, auch mit Photovoltaik-Modulen, ist Sonnenenergie; sie ist aber sehr beliebt, weil sie gut sichtbar und einfach verständlich ist. Was nach wie vor fehlt, auch nach 20 Jahren Minergie, sind ausreichend Kenntnisse der Fachleute!



