

# Niedrigenergie-Siedlung Boller in Wädenswil ZH: der Wädenswiler Standard in der Niedrigenergiebauweise

Autor(en): **Humm, Othmar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 7

PDF erstellt am: **12.02.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78915>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Pilot- und Demonstrationsprojekte des Bundes und der Kantone  
Othmar Humm, Zürich

# Niedrigenergie-Siedlung Boller in Wädenswil ZH

Der Wädenswiler Standard in der Niedrigenergiebauweise

Die ambitionösen Nullheizenergiehäuser in der Siedlung Boller in Wädenswil bilden einen wichtigen und mittlerweile in Fachkreisen vielbeachteten Beitrag zu neuen Standards in der Niedrigenergiebauweise. Nach mehrjähriger Messarbeit sind verlässliche Zahlen zum Energieverbrauch und zum Komfort zugänglich. Das Fazit lautet: Der Fremdenergieverbrauch ist tatsächlich vernachlässigbar und der Komfort gut.

## Das bau- und haustechnische Konzept

### Lage der Siedlung, Form der Bauten

Die Siedlung Boller liegt an einem leicht nach Nordosten geneigten Hang über dem Südufer des Zürichsees in der Gemeinde Wädenswil, 495 m über Meer. Südorientierung und Seesicht sind also einander entgegengesetzt. Von den zehn Einfamilienhäusern sind sechs Niedrig- und vier Nullheizenergiebauten. (Detailiert ausgemessen wurde nur ein Nullheizenergiehaus, das Haus Kriesi. Auf diesen Bau beziehen sich die Messresultate.)

Die Bauten sind viergeschossig: zwei Wohn-, ein Unter- und ein Dachgeschoss. Von den insgesamt 183 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche liegen je 72 m<sup>2</sup> in den beiden Wohn- und 38 m<sup>2</sup> im Dachgeschoss. Das beheizte Volumen beträgt 600 m<sup>3</sup>. Die Hausform wurde einer Viertelkugel nachgebildet. Um die strahlungsrelevanten Flächen zu maximieren, zieht sich die Südfassade weit nach oben. Trotzdem: die Form der Wädenswiler Bauten ist ein Kompromiss. Wegen des besseren Verhältnisses von Volumen und Oberfläche schneiden Mehrfamilienhäuser besser, «reine» Einfamilienhäuser aber schlechter ab.

### Wärmedämmung

Die Bauten sind sehr gut wärmege-dämmt, weitgehend wärmebrückenfrei und luftdicht. Die konsequente Umsetzung luftdichter Bauweise erforderte eine ganze Anzahl konstruktiver Änderungen heutiger Baustandards. So wurden zwei

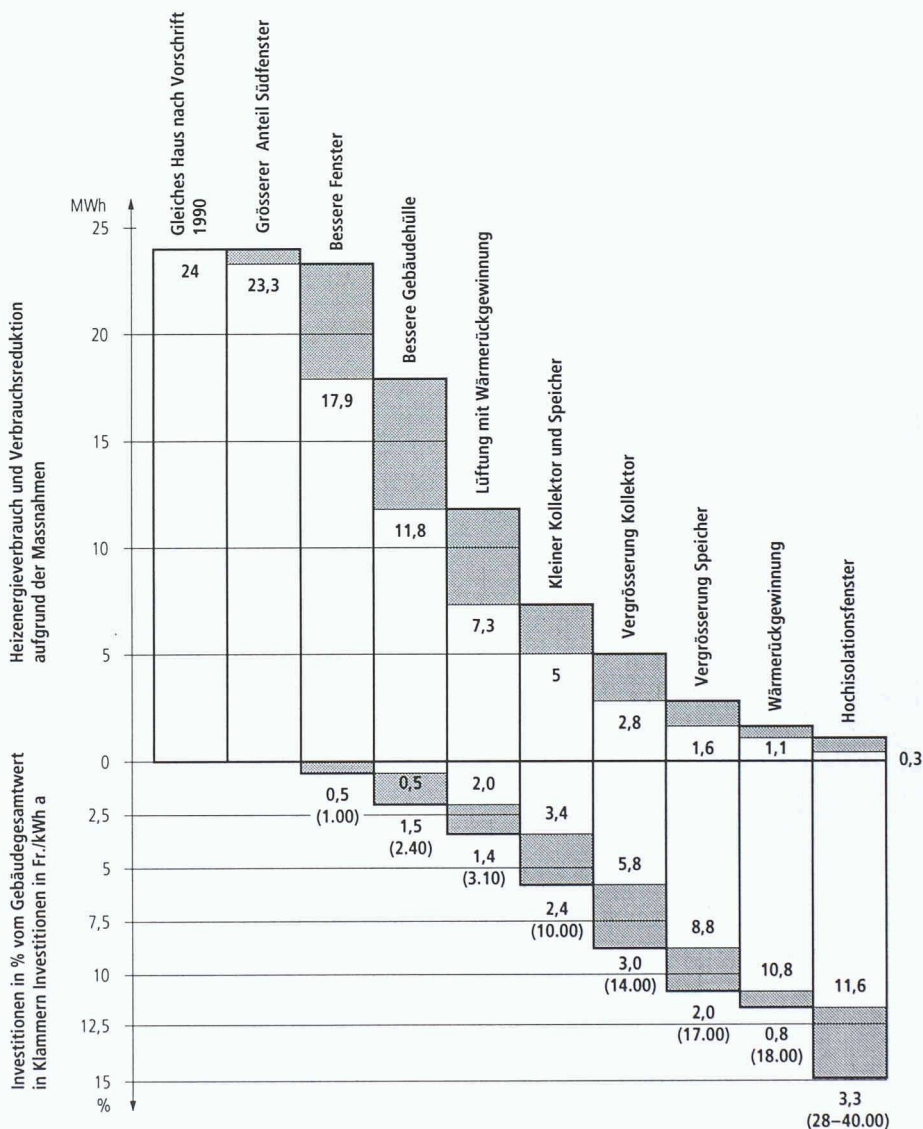
vollständig getrennte Dachstühle - ein tragender und ein «Arbeitsdachstuhl» - errichtet, zwischen denen eine luftdichte Folie aus Polymerbitumen eingelegt ist.

Die Aussenwand im ungestörten Bereich hat eine Bautiefe von 36 cm, die sich

Wände nach Westen, Osten und Norden	0,16 W/m <sup>2</sup> K
Kollektorwand	0,40 W/m <sup>2</sup> K
Boden gegen das Erdreich	0,25 W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,16 W/m <sup>2</sup> K
Fenster	1,20 W/m <sup>2</sup> K
g-Wert der Fenster	0,5

K-Werte der wichtigsten Bauteile,  
g-Wert der Fenster

1  
Heizenergieverbrauch und Verbrauchsreduktion aufgrund der Massnahmen sowie die zusätzlichen Kosten der Massnahmen (in % der Gesamtkosten) und der spezifischen Kosten



wie folgt zusammensetzt: hinterlüftete Verkleidung aus Eternitschiefer (1,5 cm), Hinterlüftung mit Lattung (4,5 cm), Polystyrol (5 cm) und Polystyrol gefälzt (10 cm), beides vollflächig verklebt, Zementsteinmauerwerk (15 cm).

Bei den beiden hauptsächlich verwendeten Wärmedämmmaterialien handelt es sich um Hartschaumdämmstoff «XPS» und um Mineralwolle. Der in Wädenswil applizierte Hartschaumdämmstoff ist FCKW-frei und weist einen Lambda-Wert (Wärmeleitfähigkeit) von 0,026 W/mK auf. Heute werden auch CO<sub>2</sub>-geschäumte Polystyrol-Dämmstoffe angeboten, deren Lambda-Werte allerdings bei 0,038 W/mK

- und damit in der gleichen Klasse wie Mineralwolle - liegen.

Im Erdreich sind die Häuser mit extrudiertem Polystyrol aussen gedämmt; die Dämmstärke misst unter der Bodenplatte 10 cm und an der Kellerwand 18 cm.

**Mechanische Lüftererneuerung**

Die Lüftererneuerung erfolgt in allen Boller-Bauten über dezentrale Lüftungsgeräte. Die konventionellen Geräte bestehen aus zwei in Serie geschalteten Kreuzstromwärmetauschern, wobei nur in einem Tauscher ein elektrisch angetriebener Doppelventilator eingebaut ist. Das Ventilator-Duo ist so in die Luftführung integriert, dass die Abwärme des Motors - immerhin 60 W - direkt dem Raum zugute kommt.

Die Ventilatorleistung kann in der Waschküche mittels eines Potentiometers stufenlos zwischen 0 und 100 Watt voreingestellt werden. Üblicherweise läuft der Motor mit 60 W, kann aber von der Küche aus für eine Stunde auf 100 W erhöht werden - etwa während des Kochens. Zudem sind alle Fenster öffenbar. Ausserhalb der Heizperiode ist das Lüftungsaggregat nicht in Betrieb. Über dem Kochherd ist eine Dampfabzugshaube mit einem Aktivkoh-

lefilter installiert, über die im Umluftbetrieb belastete Küchenluft geführt werden kann. Die Schaltung unterbindet jegliche Lüftungswärmeverluste. Bei zwei der vier Nullheizenergiehäuser strömt die Aussenluft über ein Erdregister, bei allen anderen Bauten über die Sickerleitung zwischen Kellerwand und Erdreich in die Luftförderungsanlage.

Vom Erdregister strömt die Zuluft über den Wärmetauscher in die Schlafzimer im ersten Obergeschoss. Die belastete Luft verlässt die Wohnung über Öffnungen in Küche, Bad und WC. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der Luft beträgt 2 m/s, der Luftwechsel 15 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde, und auf 11 belüftet sich die Elektro-Thermo-Verstärkung, also das Verhältnis von eingesetzter Elektrizität für den Antrieb des Ventilators und der zurückgewonnenen Wärme.

**Erdregister**

13 parallel geschaltete Wellrohre aus Kunststoff mit einem Nenndurchmesser von 150 mm bilden das Erdregister. Das gesamte Register ist gegenüber dem Erdreich luftdicht abgeschlossen, jeder Radoneintrag ist damit unterbunden. Das Bundesamt für Gesundheitswesen hat gemeinsam

mit Ruedi Kriesi in der Wädenswiler Siedlung die Gefährdung durch Radon untersucht. Das Resultat hinterlässt keinerlei Zweifel an der Tauglichkeit von Zuluftfassungen: Selbst in Regionen mit geringer Wahrscheinlichkeit für hohe Radonbelastungen dürfen nur luftdichte Systeme eingesetzt werden. Offene Ansaugsysteme, bei denen die Zuluft über die Sickerleitung geführt wird, werden vom Bundesamt für Gesundheitswesen ausdrücklich als problematisch bezeichnet.

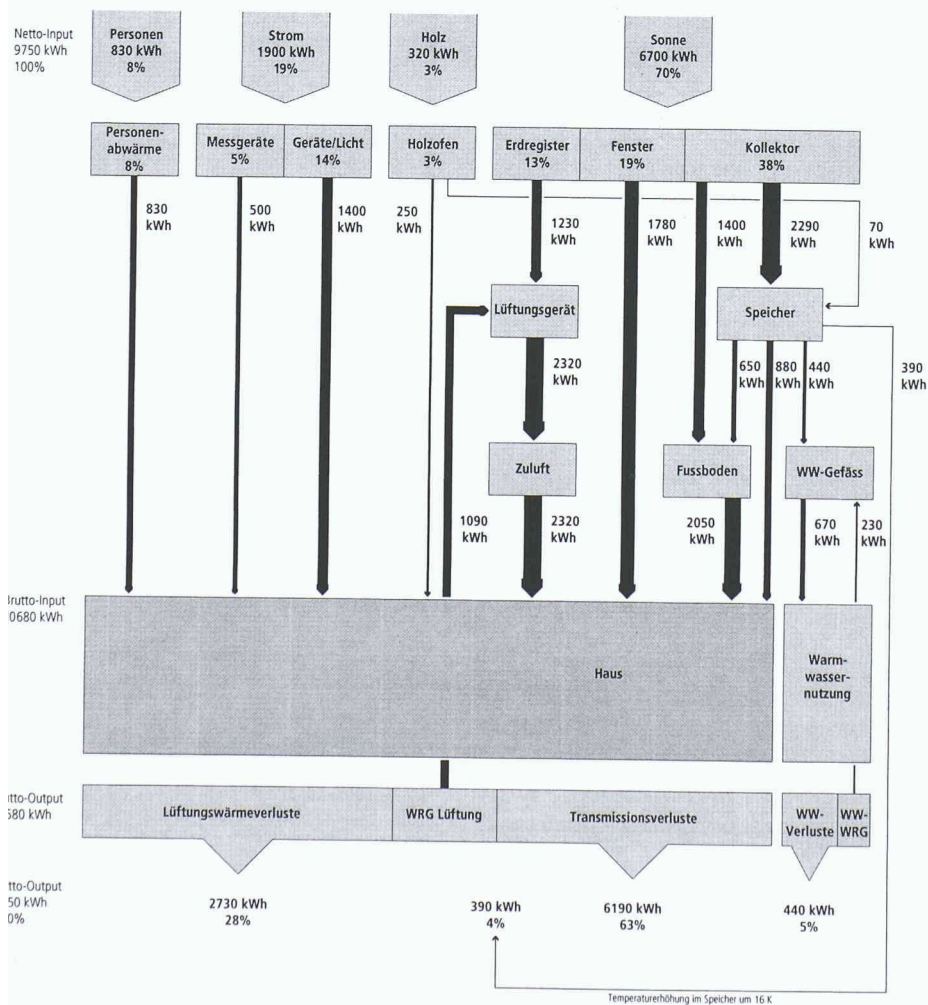
**Sonnenkollektoren**

Von den 62 m<sup>2</sup> der Südfassade sind deren 33 m<sup>2</sup> mit transparent gedämmten Sonnenkollektoren und weitere 18 m<sup>2</sup> mit Fenstern bestückt. 82% der Fassade dienen also der passiven oder aktiven Sonnenenergienutzung.

Der Absorber liegt auf einer 50 mm starken Schaumglas-Dämmung, die an der Gebäudewand befestigt ist. Auf der Einstrahlungsseite ist der Absorber mit einer 100 mm starken Wabenstruktur aus Polycarbonat bedeckt. Dieser Wand-Kollektor-Aufbau hat zur Folge, dass der k-Wert zwischen Absorber und Wohnraum sowie gegen das Aussenklima jeweils etwa 0,8 W/m<sup>2</sup> K beträgt. Dadurch stellt sich im Absorber nachts ein Mittelwert der beiden Temperaturen ein, so dass der Kollektor ohne Zusatz von Frostschutzmitteln bei Aussentemperaturen über -15 °C nicht einfriert und auf den verlustbehafteten Wärmetauscher im Speicher verzichtet werden kann. Durch die direkte Weiterleitung in die Bodenheizung können so niedrige Kollektortemperaturen gefahren werden, dass selbst bei einer Einstrahlung von 50 W/m<sup>2</sup> (bedeckter Himmel) noch ein solarer Gewinn erzielt wird. Weil der Kollektor vertikal in die Fassade integriert ist, leistet er zudem einen Beitrag zur Baustanz und erzeugt im Sommer nicht unnötig viel Wärme.

**Bodenheizung**

An sich ist die Verwendung von Bodenheizungen in Räumen mit grösseren besonnten Fensterflächen aus energetischen Gründen nicht ratsam, da die Bodenheizung viel zu träge auf die variable Energiezufuhr durch die Fenster reagiert. Durch die starke Gebäudewärmedämmung und die Verwendung der Zwischendecke von Ober- und Erdgeschoss als Boden- und Deckenheizung erreicht die maximale Vorlauftemperatur bei -8 °C Aussentemperatur jedoch lediglich 26 °C.



2

Energiefluss in den Monaten November und Dezember 1993, Januar, Februar, März und April 1994 im Haus Kriesi (Zahlen: Empa)

Im Normalfall - bei den im Winter häufigen Aussentemperaturen um den Gefrierpunkt - beträgt die mittlere Heizwassertemperatur nur etwa 23°C, die Bodentemperatur 21°C. Die Wärmezufuhr zum Raum hört also bereits auf, wenn die Raumlufttemperatur durch die Einstrahlung auf 21 oder 22°C ansteigt.

**Speicher, Holzheizung**

Die beiden 18 m<sup>3</sup> grossen Speicher im Zentrum der Doppelfamilienhäuser sind durch die Brandmauer zwar baulich getrennt, bilden aber eine grosse gemeinsame Oberfläche. Dadurch fallen die Verluste gegenüber den Wohnräumen noch geringer aus. Mit über 7 m weist der Speicher die gleiche vertikale Ausdehnung auf wie die Kollektoren; die Zirkulation des Wassers zwischen Kollektoren und Speicher ist auch ohne Pumpe möglich (Schwerkraftumlauf). Die Temperaturen im obersten Bereich des Speichers variieren zwischen 50°C und 85°C, diejenigen zuunterst zwischen 20°C und 50°C. Der Holzofen ist eine eigentliche Notheizung und kommt nur bei «leerem» Speicher in Betrieb. Die Wärme aus dem Holz strömt über ein Ofenregister in Thermozirkulation in den Speicher oder, in Form von «Oberflächenverlusten» des Ofens, in den Wohnraum. Der Ofen wird angefeuert, wenn die Temperatur im obersten Teil des Speichers unter 50°C oder die Lufttemperatur im Wohnraum unter 19°C bis 20°C fällt. Der (gemessene) Wirkungsgrad des Ofens beträgt 90%.

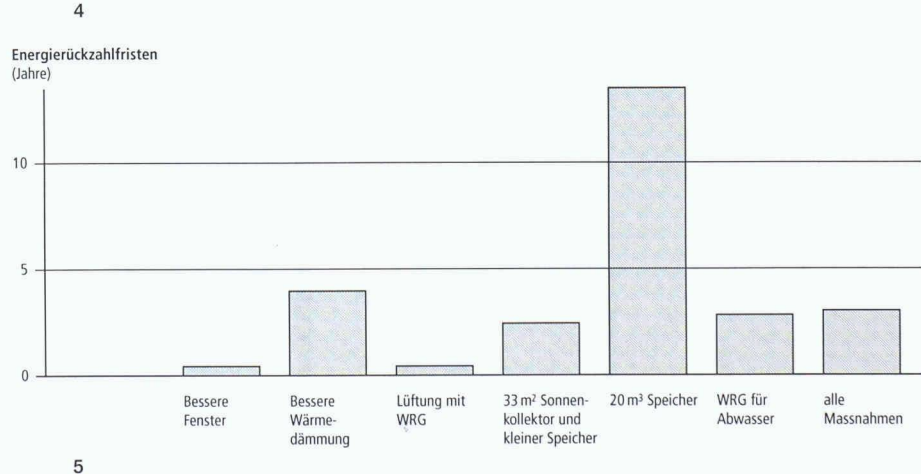
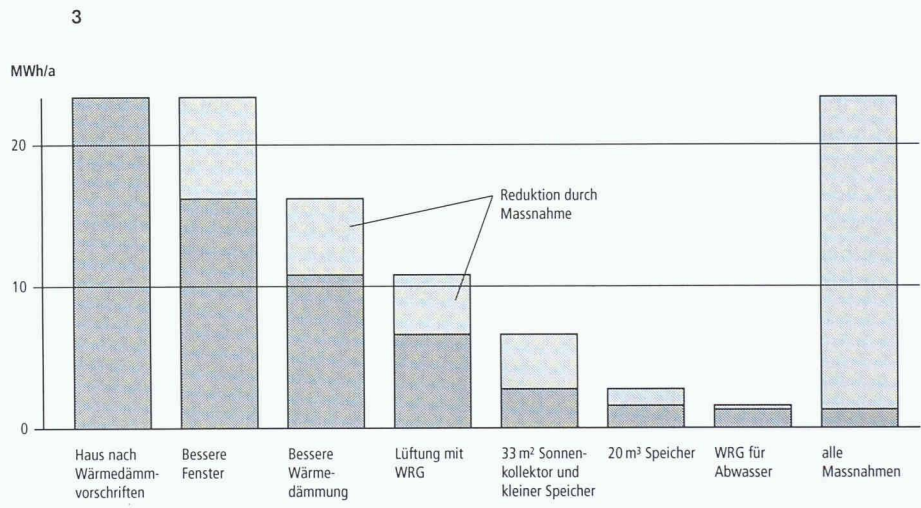
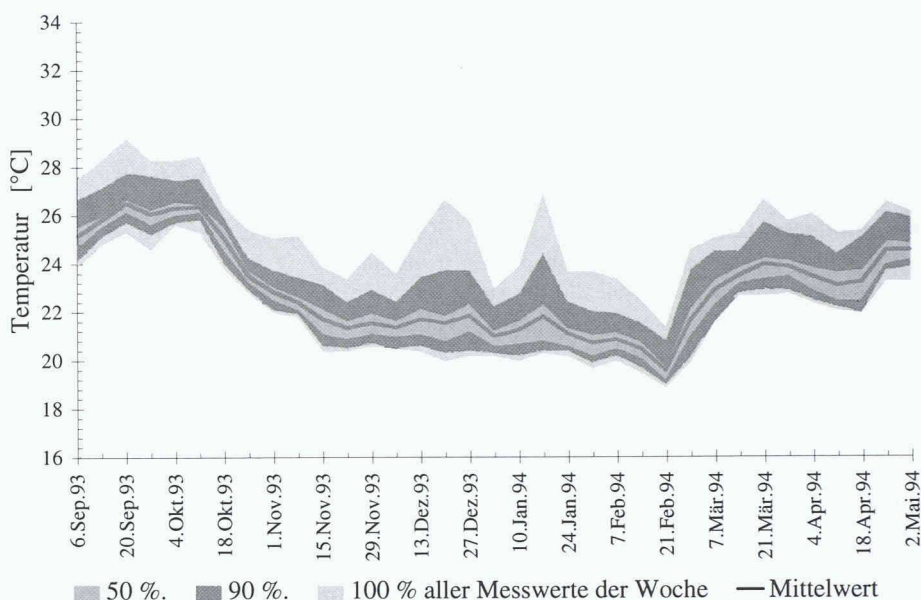
**Betriebszustände**

Die Haustechnik sieht fünf grundsätzlich verschiedene Betriebszustände vor, wobei mehrere gleichzeitig auftreten können.

- Laden des Speichers durch die Sonnenkollektoren
- Laden des Speichers durch die Notheizung
- Speisung der Fussbodenheizung durch den Speicher
- Speisung der Fussbodenheizung durch die Kollektoren
- Kühlung des Speichers durch das Planschbecken

**Wirtschaftlichkeit, Kosten**

Die gesamten Anlagekosten lagen 1991 bei 10 Mio. Franken, wovon 6,35 Mio. auf die eigentlichen Bauten - ohne Erschliessungs- und Nebenkosten - entfallen. (2,4 Mio. kostete das Land.) Die zusätzlichen bau- und haustechnischen Massnahmen in den vier Nullheizenergiehäusern beliefen sich auf 120 000 Franken je Haus. (1) zeigt eine



- notabene willkürliche - Rangierung der Massnahmen sowie deren verbrauchsmindernde Effekte und spezifischen Kosten.

**Energiebilanz**

Fachleute der EMPA (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt) haben das Haus Kriesi während fast vier Jahren - 1991 bis 1995 - ausgemessen. Ziel der Recherche

**Beteiligte**

Energiekonzept:  
Dr. Ruedi Kriesi, Energiefachstelle des Kantons Zürich, 8090 Zürich

Architekt:  
Ruedi Fraefel, dipl. Architekt ETH/SIA, 8627 Grüningen

Die Siedlung Boller ist ein Pilot- und Demonstrationsprojekt des Kantons Zürich und des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Beide Stellen gewährten finanzielle Unterstützung.



6

3

Wöchentliche Innenraumlufitemperaturen im Esszimmer während des Winters 1993/94, Mittelwerte und Bereich, in denen sich 100 %, 90 % und 50 % aller Messwerte einer Woche befinden (Zahlen: Empa)

4

Wirkung von ausgesuchten Energiesparmassnahmen in MWh/a (Quelle: R. Kriesi)

5

Energierückzahlfristen der in (4) dargestellten Energiesparmassnahmen (Quelle: R. Kriesi)

6

Die Siedlung in der Gesamtansicht

7

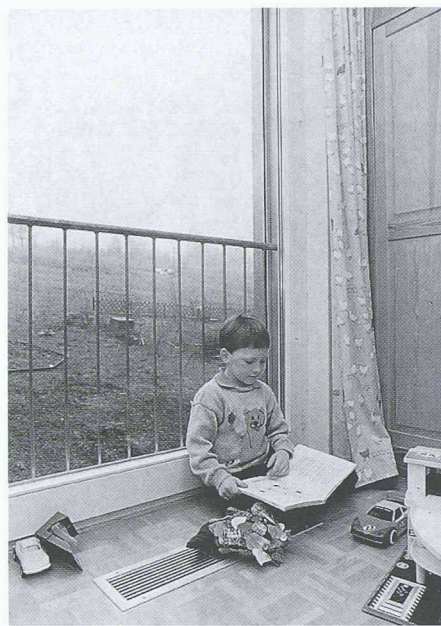
Ein jugendlicher Bewohner der Siedlung bei null Grad Aussentemperatur neben dem hochdämmenden Fenster und der Zuluftöffnung der Lüfterneuerungsanlage. Das Bild ist typisch für die hohe Behaglichkeit in den Räumen der Nullheizenergiehäuser

waren Energieverbrauchswerte sowie eine Bewertung des Komforts. Was den Energieverbrauch anbelangt, so sind die wesentlichen Daten in (2) enthalten. Danach beträgt der gesamte Energieeintrag während der Heizperiode 1993/94 rund 9750 kWh, zwei Drittel davon stammt von der Sonne. Etwas mehr als die Hälfte des Solargewinnes, nämlich 38% des gesamten Inputs von 9750 kWh, kommt über die Sonnenkollektoren ins Haus und ein Fünftel über die Fenster. Mit 13% ist das Erdregister am Energieeintrag beteiligt - mehr, als zu vermuten ist. Rund doppelt soviel - 27% - fällt als Abwärme an, 8% stammt von den Personen, 14% von den elektrisch betriebenen Geräten, und 5% rührt von der Messeinrichtung. Auf die klassische Form der Heizung mit Fremdenergie entfallen lediglich 3% oder 320 kWh.

Die Energiebilanz visualisiert eindrücklich die Entwicklungslinie eines Nullheizenergiehauses nach «Wädenswiler Art»: Die 24000 kWh Wärmeenergieverbrauch des Vergleichshauses - gemäss den damaligen Bauvorschriften - werden durch Massnahmen an der Bauhülle und bei der Lüftung um 60 % oder 14250 kWh reduziert. Die noch aufzuwendenden 9750 kWh müssen zum überwiegenden Teil von der Sonne, zum kleineren Teil aus Abwärme stammen. Bezieht man den Holzenergieverbrauch von 320 kWh schliesslich auf das Vergleichshaus, so kommt man auf einen Anteil von 1,3% - quasi null.

Interessant sind auch die Verhältnisse rund um den Speicher. Von der Wärmeenergie, die von den Sonnenkollektoren über das Fussbodenheizregister in den Wohnraum strömt, geht nur ein Drittel über den Speicher, zwei Drittel gelangen vom Kollektor direkt zum Fussboden. Zählt man die Speicherverluste von 880 kWh zu den Beiträgen aus dem Speicher an die Fussbodenheizung von 650 kWh hinzu, ergeben sich mit 1530 kWh nur wenig mehr Wärme als der Direktbeitrag der Kollektoren an den Fussboden von 1400 kWh. Was der Energieingenieur angestrebt hat, bestätigen die Messungen: Das Haus «hängt» nicht am Speicher. «Mit leichtem Gepäck durch den Winter» - ein Merkmal von Niedrigenergiehäusern der dritten Generation - heisst auch und vor allem, die haustechnische Dominanz des Speichers zu beschränken und Wärme flüsse am Speicher vorbei zu leiten. Die Strategie hat drei Vorteile:

- Es können niederwertige Wärmebeiträge genutzt werden.
- Die Speicherverluste sind niedriger.



7

- Der Energieaufwand für Herstellung und Montage (graue Energie) reduziert sich mit dem Speichervolumen.

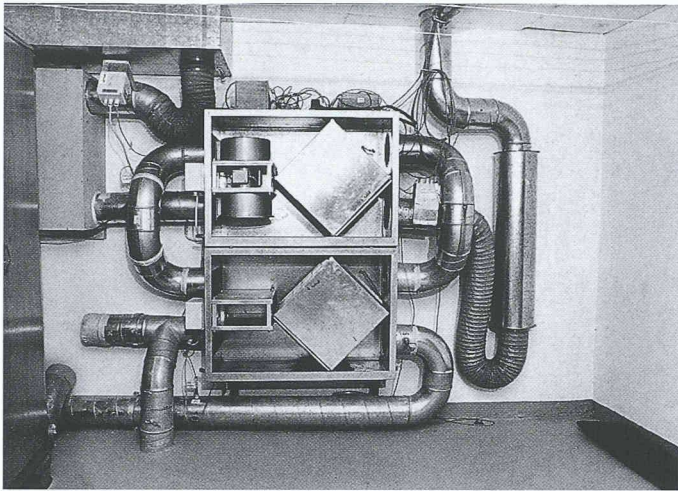
Während der Messperiode kam ein Überschuss von 390 kWh in Form einer höheren Speichertemperatur zustande. Selbstverständlich darf dieser Überschuss nicht mit dem Holzenergieeintrag verrechnet werden, weil die Wärmebeiträge nicht in die gleiche Periode fallen. Die Warmwasserverluste betragen in der Messperiode 440 kWh bis 230 kWh weniger als die eigentliche Warmwassernutzung benötigte. Rund ein Drittel der insgesamt 670 kWh konnten zurückgewonnen werden.

## Komfort

Im Winter sank die Lufttemperatur im Wohn- und Essraum nur während einer einwöchigen Abwesenheit der Bewohner unter 20°C (Skiferien). Der Temperaturverlauf und die Bereiche, in denen sich 100%, 90% oder 50% aller 168 Messwerte einer Woche lagen, sind in (4) dargestellt. Im September 1993 waren die Temperaturen auffallend hoch, was auf Experimente der Bewohner zurückzuführen ist. Das Temperaturgefälle zwischen Ober- und Erdgeschoss beträgt je nach Jahreszeit zwischen 0,5 und 2,0 K.

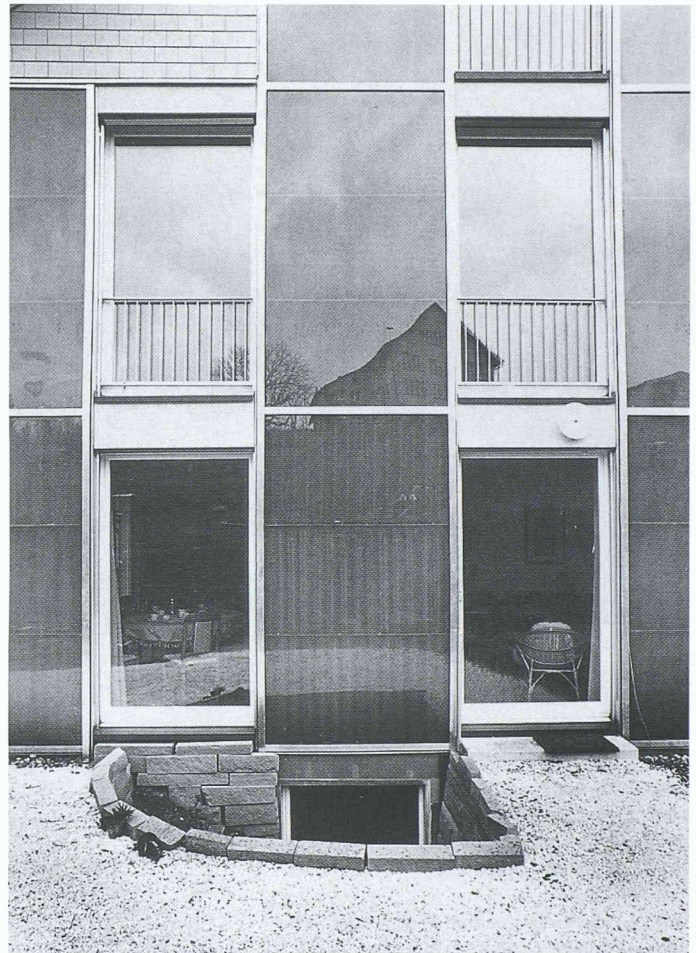
Ein Vergleich der Messwerte von Raumluft- und Wandoberflächentemperaturen zeigt nur geringe Unterschiede: Diese weitgehende Übereinstimmung ist ein Grund für die grosse Behaglichkeit von Räumen in Niedrigenergiehäusern.

Ein besonderes Augenmerk galt der Kollektorinnenwand. Aufgrund des ver-



8

Das Lüftungsgerät ohne Abdeckungen. Die beiden hintereinandergeschalteten Wärmetauscher sind deutlich zu erkennen



9

Typisch für die Bauten: Südfenster und transparent gedämmte Kollektoren

hältnismässig schlechten k-Wertes von  $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  zwischen Absorber und Raum mussten grössere Schwankungen erwartet werden. Dies ist nicht der Fall: Die Innenwand ist weder im Winter besonders kühl noch im Sommer besonders heiss. Die sommerlichen Wärmebeiträge an die Wohnräume der Kollektorinnenwand sind deutlich höher als diejenigen des Speichers. Daraus kann geschlossen werden, dass der Speicher beziehungsweise dessen Lage keine Überhitzungen verursachten.

### Graue Energie

Energieverbrauchsmindernde oder energiegewinnende Massnahmen bedeuten (fast) immer einen Energiemehrverbrauch

zur Erzielung der gewünschten Wirkung. Um Massnahmen nach dem Kriterium des Verhältnisses von Energie-Input (in Form von grauer Energie) und Energie-Output (Nutzen) bewerten zu können, bietet sich die sogenannte energetische Rückzahlfrist an. Diese Frist entspricht der Einsatzdauer einer bestimmten Technologie, eines Materials oder einer Komponente, bis die nicht benötigte oder gewonnene Energie den Aufwand zur Herstellung und Installation wettgemacht hat.

Die beiden Abbildungen (4) und (5) zeigen einerseits eine Auswahl wichtiger Energiespar- beziehungsweise Energiegewinnungsmassnahmen und andererseits die dazugehörigen Energierückzahlfristen. Mit Ausnahme des  $20\text{-m}^3$ -Speichers weisen alle Massnahmen kurze bis sehr kurze

### Weiterführende Informationen

Messprojekt Nullheizenergiehäuser in Wädenswil. NEFF-Schlussbericht 414.1. Von Robert Stangier und Gerhard Zweifel. EMPA, Abteilung Haustechnik, 8600 Dübendorf.

Der Wädenswiler Standard in der Niedrigenergiebauweise. Die Siedlung Boller in Wädenswil. 40seitige Schrift mit vielen Angaben zur Konstruktion, zu den haustechnischen Lösungen und mit Messresultaten. 20 Franken. Bezug: Infoenergie Mittelland, 5200 Brugg, Fax 056/41 20 15.

Rückzahlfristen aus. Die Gegenüberstellung zeigt, dass gesamtheitliche Planungen gegen übergrosse Speicher sprechen.

Adresse des Autors:

Othmar Humm, Fachjournalist Technik+Energie, 8050 Zürich