

Jahresbericht 2002

Pilot-Projekt Passivhaus im Umbau

Autor und Koautoren	Karl Viridén, Thomas Ammann, Peter Hartmann, Heiri Huber, René Naef
beauftragte Institution	Viridén + Partner
Adresse	Häringstrasse 20
E-mail, Internetadresse	info@viriden-partner.ch , www.viriden-partner.ch
BFE Vertrags-Nummer	80'845
Dauer des Projekts	1. Juli 2001 – 30. Juni 2003

ZUSAMMENFASSUNG

Das erste Messjahr hat bereits gezeigt, dass das Konzept „Passivhaus im Umbau“ erfolgreich ist. Die in der Projektierungsphase berechneten Energieverbrauchswerte stellten sich in den meisten Fällen als etwa richtig heraus. Obwohl die Wärmeverteilung mit Umluft nur wenig in Betrieb war, sanken die Raumtemperaturen in den Wohnungen nie unter die Komfortgrenze.

Die Umweltbelastung durch Heizung, Warmwasser, Lüftung und Haushaltstrom wurde durch den Umbau um den Faktor 8.4 reduziert.

Mit Spannung werden der zweite Messwinter und die Auswirkungen der bereits unternommenen Verbesserungen erwartet. Bei optimalem Betrieb könnten die Erstjahres-Werte nochmals unterboten werden.

Projektziele

Das 107-jährige Mehrfamilienhaus an der Magnusstrasse 23 in 8004 Zürich wurde im April 2001 total saniert. Die Fassade wurde mit 3 - 32 cm Aussenwärmedämmung energetisch verbessert. Der alte Dachstuhl wurde durch ein neues dach in Elementbauweise ersetzt. Die Wohnungen sind jeweils mit einer Komfortlüftung mit Warmluftheizung ausgestattet und für die Warmwassererwärmung wurden Solarkollektoren und eine Wärmepumpe eingebaut.

Das Pilot-Projekt soll diverse Aspekte der Sanierung untersuchen. Das erste Messjahr hat am 1. Juli 2001 begonnen und dauerte bis zum 30. Juni 2002. In dieser Phase wurden energetische Messungen, eine Luftdichtheitsmessung und eine Beurteilung der Lüftungswirksamkeit vorgenommen.

Ziel der Auswertung ist es, Schwachstellen im Gebäude zu erkennen und beheben zu können. Weiter sollen die Berechnungen überprüft werden.

Der Primärenergieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Haushaltstrom war in der Planung auf 284 MJ/m²EBF berechnet worden (Bewertungsfaktoren: Strom x 2.97, Holz x 1.01). Der effektive Primärenergieverbrauch liegt bei 340 MJ/m²EBF (ohne bereinigte HGT und effektive Raumlufttemperaturen).

Ein weiterer Aspekt ist die Ökologie der gesamten Sanierung und ein Vergleich mit einer konventionellen Sanierung oder mit einem Neubau. Für diesen Zweck wurde die Graue Energie über das ganze Gebäude berechnet. Diese Werte konnten zusammen mit den Transportenergien dem Heizwärmebedarf gegenüber gestellt werden.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Energiebilanz

Im ersten Messjahr wurden folgende Werte gemessen bzw. errechnet (noch ohne Korrektur Heizgradtage und Raumtemperaturen):

Energiebedarf	geplant	effektiv	Bemerkungen
Heizwärmebedarf Q_h	63 MJ/m ² EBFa	98 MJ/m ² EBFa	1)
Energiebedarf WW Q_{ww}	50 MJ/m ² EBFa	45 MJ/m ² EBFa	1)

Energiekennzahl	geplant	effektiv	Bemerkungen
Energiekennz. Wärme E_{hWP}	31 MJ/m ² EBFa	55 MJ/m ² EBFa	1)
Energiekennz. Warmw. E_{ww}	5.3 MJ/m ² EBFa		
Energiekennzahl Holz E_{hHolz}	15 MJ/m ² EBFa	19 MJ/m ² EBFa	1)
Energiekennzahl elektrisch E_e (Haushaltstrom)	60 MJ/m ² EBFa	55 MJ/m ² EBFa	1)
Total Strom	96.3 MJ/m ² EBFa	110 MJ/m ² EBFa	12 % höher
Total Holz	15 MJ/m ² EBFa	19 MJ/m ² EBFa	27 % höher
Primärenergieverbrauch (Strom x 2.97 / Holz x 1.01)	285 MJ/m ² EBFa 79 kWh/m ² EBFa	346 MJ/m ² EBFa 96 kWh/m ² EBFa	21 % höher als geplant, dennoch innerhalb Wert Passivhaus-Standard

1) Detaillierte Angaben im Schlussbericht

Die gemessenen Daten sind in Monats und Jahresenergiebilanzen (siehe Fig. 1) zusammengestellt worden. Somit können die Energieflüsse besser nachvollzogen und die einzelnen Jahreszeiten miteinander verglichen werden.

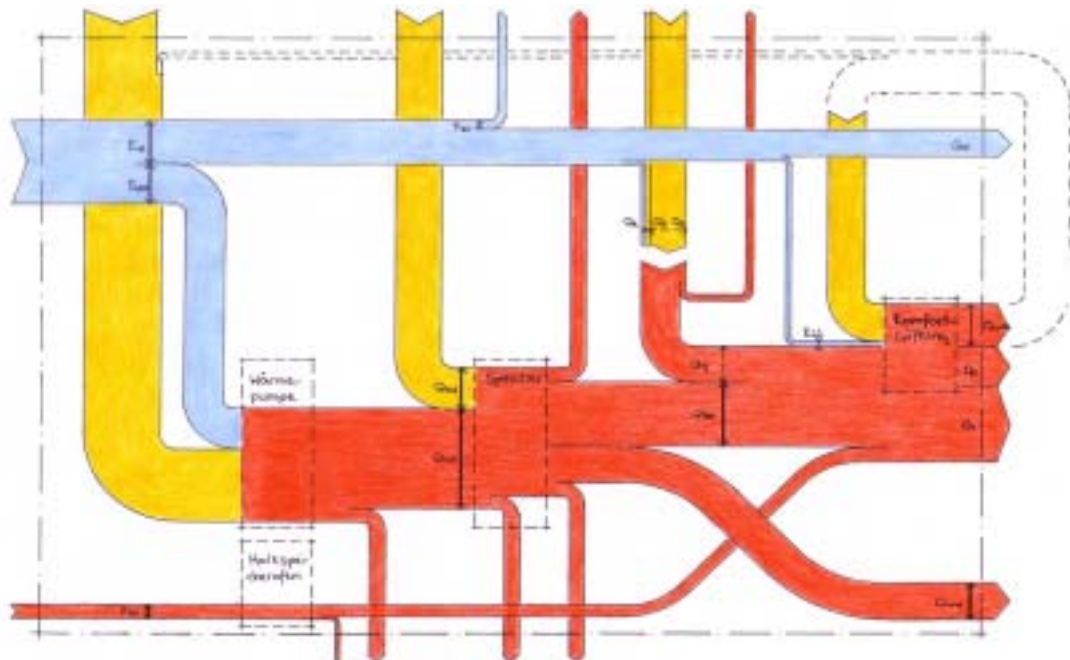


Fig. 1: Jahresenergiebilanz Juli 2001 – Juni 2002

Mögliche Ursachen für den höheren Heizwärmebedarf liegen bei der zum Teil undichteren Gebäudehülle, sowie dem individuellen Benutzerverhalten. Die nutzbare Sonnenenergiegewinne sind kleiner. Die Jalousien blieben aus Gründen des Sichtschutzes häufiger auch tagsüber geschlossen. Eine Korrektur der Heizgradtage, sowie auch die Berücksichtigung der höheren Raumtemperaturen muss noch vorgenommen werden.

Im Jahresmittel werden ca. 25 % des Energiebedarfs für Heizung, Lüftung und Warmwasser durch Strom abgedeckt, zusätzlich wird etwa 8 % Holz benötigt. Die übrige Energie von 67 % wird durch alternative Energiesysteme abgedeckt (Referenzgrösse 100 %: = gesamter Endenergiebedarf⁹)

Vor der Sanierung benötigte die Liegenschaft rund 2900 MJ/m²EBFa an Primärenergie, heute noch 346 MJ/m²EBFa. Das heisst die Umweltbelastung ist nach der Sanierung um den Faktor 8.4 kleiner geworden (geplant war Faktor 10).

Technische Funktion der Bedarfslüftung

Energetische Aspekte

Bezüglich elektrothermischem Verstärkungsfaktor (ETV) wurde im Mittel ein Wert zwischen 3 und 4 erreicht. Für diese Gerätekategorie wäre ein ETV zwischen 5 und 7 zu erwarten gewesen. Die Messungen in der zweiten Periode werden weiteren Aufschluss über das Verhalten der Lüftungsgeräte geben. Erste Hinweise auf Leckagen in und an den Geräten wurden in der ersten Heizperiode festgestellt.

Der Umluftventilator ist für einen regelmässigen Betrieb zu laut. Stattdessen werden die Holzofen bevorzugt. Wegen diesen sind die Lüftungsanlagen so eingestellt, dass der Aussenluftvolumenstrom um rund 20 m³/h grösser ist als der Fortluftvolumenstrom. Dieser Umstand wirkt sich negativ auf den Temperatureaustausch der Wärmerückgewinnung aus. So wurden Werte zwischen 0.6 und 0.7 erreicht - sie liegen leicht unter den zu erwartenden Werten.

Volumenstrom-Messung

Die Luftvolumen-Messung erfolgte mit Flow Finder im Oktober 2001. Nach dem notwendigen Einbau von Rückschlagklappen entsprechen die Luftvolumen im Normalbetrieb in etwa den Planungswerten:

Bei Stufe 1 rund 80 m³/h pro Wohneinheit, entsprechend einem Luftwechsel von 0.5 h⁻¹.

Bei Stufe 2 rund 140 m³/h pro Wohneinheit, entsprechend einem Luftwechsel von 0.9 h⁻¹.

Der Überdruck durch die erhöhten Zuluftmengen ist auch ohne Feuerung für die Bewohner nicht spürbar. Bei Betrieb der Holzspeicheröfen sind keine Zugerscheinungen durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle festgestellt worden.

Raumluftströmung

Die Messungen zeigen auf, dass die Luftgeschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich zwischen 0.04 und 0.11 m/s liegen und somit dem Wert aus SIA Norm 180 entsprechen. Durch Einbau von Tellerventilen können die Strömungsgeschwindigkeiten bis auf 0.05 m/s gesenkt werden (Tellerventile teilweise eingebaut).

Raumluftqualität und Hygiene

Im Februar 2002 wurde die Lüftungswirksamkeit mit einer Spurengasmessung untersucht. Bei einer ersten Messung waren alle Zimmertüren (auch Bad und Küche) geschlossen und bei einer zweiten Messung waren sie offen. Bei geschlossenen Türen wurde festgestellt, dass die erwartete Kaskadenlüftung funktioniert. Das heisst, dass in den Schlafzimmern die Luft das kleinste Alter hat (sie ist dort am frischesten) und im Bad ist das Alter am grössten. Bei offenen Türen beginnt sich die Luft in der ganzen Wohnung zu mischen - trotz Kaskadenlüftung. Damit wird auch die Luftfeuchtigkeit in der Wohnung verteilt.

Thermischer Komfort

Der thermische Komfort wird als gut erachtet. Die Temperaturkurven zeigen ein ausgeglichenes Bild (siehe Fig. 2). Vergleiche innerhalb des Gebäudes unter den Wohnungen und innerhalb der Wohnung 3 unter den Zimmern zeigen keine markanten Über- oder Unterschreitungen von Temperaturwerten, die den thermischen Komfort massgeblich beeinflussen könnten. Im Sommer werden teilweise Raumlufttemperaturen über 28 °C registriert – offene Fenster könnten diese Temperaturen erklären. Im Erdgeschoss wurden teilweise Raumlufttemperaturen unter 20 °C erfasst – unter 18 °C sank jedoch kein Wert ab. Die Feuchtekonzentration im Wohnzimmer des 2. Obergeschosses zeigt, dass sich unterhalb einer Aussenlufttemperatur von 10 °C interne Feuchteproduktion bemerkbar macht. Im Winter wurden Werte unter 30 % relative Feuchte festgestellt. Summenhäufigkeitsdiagramme sollen in einer späteren Projektphase Aufschluss über die relative Feuchte geben.

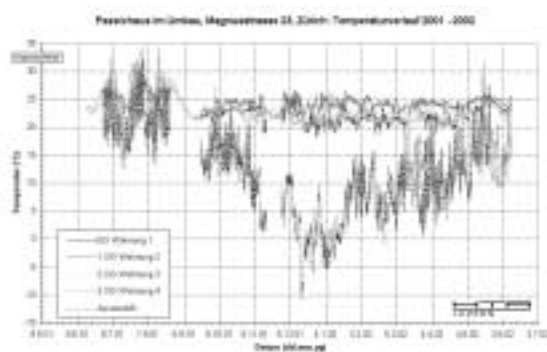


Fig. 2: Temperaturverlauf Juni 2001 - Juli 2002 gemäss der Messungen der HTA Luzern

Luftdichtigkeit

Die Luftdichtigkeitsmessung ist durch die EMPA, Abteilung für Bauphysik, durchgeführt worden. Durch Thermographieaufnahmen wurde die Messung vervollständigt.

Die bestehende Untergeschossdecke aus Beton mit Wärmedämmung von 23 cm und Deckputz erwies sich als undichter als angenommen. Eine Eingrenzung der Luftdichtigkeitshülle auf die oberen Geschosse, inklusive dieser Decke, ist deshalb nicht sinnvoll. Die Gebäudehülle wurde darum um das Untergeschoss erweitert.

Über das ganze Gebäude wird ein n_{L50} -Wert von $2.00 - 2.09 \text{ h}^{-1}$ erreicht ($v_{a,4} 1.08 - 1.20 \text{ m}^3/\text{h m}^2$). Für einen Altbau kann dieses Resultat als gut bezeichnet werden.

Die grössten Leckagen sind im Untergeschoss und im Dachgeschoss festgestellt worden. Während im Untergeschoss weitgehend die undichten Fenster verantwortlich sind, verteilen sich die Leckagen im Dachgeschoss auf die Anschlüsse des Elementbaus an die alte Bausubstanz sowie auf Durchführungen von Leitungen und auf versehentlich nicht montierte Dichtungen an zwei Fensterflügel. In den Normalgeschossen waren die undichten Stellen bei den Fenstersimsen (innen) und entlang der Gewände (ausser).

Ein Teil der Leckagen wurde unterdessen abgedichtet. n_{L50} sollte erreicht werden können.

Es zeigt sich, dass bei einem Altbau viel aufwendige Gebäudehülle auf einen n_{L50} -Wert von 0.6 h^{-1} zu bringen. ten Aussenwand an die Brandmauer.

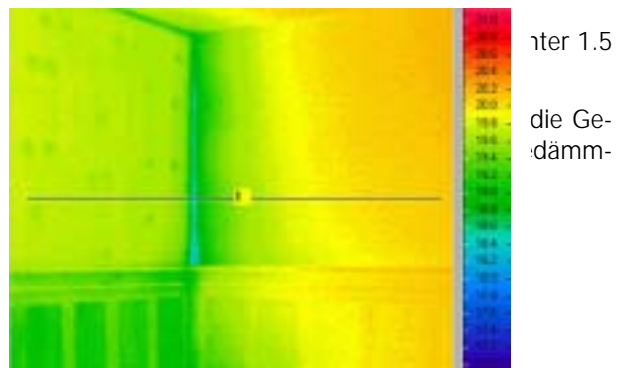


Fig. 3: Thermographieaufnahme mit Temperaturunterschieden beim Anschluss der gedämmten Aussenwand an die Brandmauer.

Graue Energie

Insgesamt sind bei der Sanierung 43 t Material abgeführt und 92 t neue Baumaterialien eingebracht worden. Das heisst, von der gesamten Bausubstanz von rund 970 Tonnen wurden 4 % entsorgt und 10 % neu eingebracht. Die in den neuen Materialien steckende Graue Energie liegt bei rund 900'000 MJ ($1'890 \text{ MJ/m}^2\text{EBF}$). Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 32 Jahren entspricht dies $60 \text{ MJ/m}^2\text{EBFa}$.

Die Graue Energie der gesamten Sanierung wird innerhalb von 5 Jahren durch die Einsparung an Heizenergie amortisiert.



Die Graue Energie für die wärmetechnischen Massnahmen (Wärmedämmung und bessere Fenster bzw. Gasfüllung) wird nach 1.5 Jahren (innerhalb der oben erwähnten 5 Jahre) durch die Einsparungen an Heizenergie amortisiert.

In diesem Fall war die sanfte Totalsanierung ökologischer als ein Abbruch und Neubau (siehe Fig. 4).

Fig. 4: Gesamtenergieverbrauch im Vergleich

Nationale Zusammenarbeit

Durch die Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik und Architektur (HTA) Luzern (Heiri Huber und Beat Frei) konnte der Teilbereich der Komfortmessungen in gute Hände gegeben werden. Zwei Studenten der HTA haben im Rahmen einer Diplomarbeit einen Teilaspekt der mechanischen Bedarfslüftung untersucht.

Die Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW) ist durch Prof. Peter Hartmann vertreten, welcher die einzelnen Berichte beurteilt und die kommenden Messungen aufeinander abstimmt.

Durch EMPA, Abteilung Bauphysik (Christoph Tanner) ist in sehr kompetenter Weise die Luftdichtigkeitsmessung durchgeführt worden.

Internationale Zusammenarbeit

Im Zusammenhang mit einer Diplomarbeit ist das Projekt Passivhaus im Umbau in einer Arbeit mit anderen Passivhäusern in Europa verglichen worden.

Im weiteren besteht die Zusammenarbeit mit IEA Solar Task 28, Sustainable Building (Oslo 02), Energieinstitut Dornbirn (Au), Fraunhofer Institut Freiburg i. B.

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Die Resultate des ersten Jahres haben gezeigt, dass die Ziele des Projekts "Passivhaus im Umbau" erreicht wurden. Der Wohnkomfort ist höher als bei vergleichbaren konventionellen Sanierungen. Gleichzeitig konnte die Belastung der Umwelt gegenüber dem unsanierten Zustand um mehr als einen Faktor 8 gesenkt werden.

Die Möglichkeit mit einem Holzspeicherofen die kältesten Tage zu überbrücken erweist sich als ideale Ergänzung zu den Solarkollektoren und der Wärmepumpe. Der Ofen wird zudem von den Mietern sehr geschätzt.

Geringfügige Probleme zeigten sich einzig bei der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle und bei den Wärmebrücken. Es ist nicht möglich bei einer Altbauanierung die selben Luftdichtigkeitswerte wie bei Neubauten zu erreichen. Eine weitere Luftdichtigkeitsmessung im zweiten Messjahr soll Aufschluss über die nachträglich getätigten Verbesserungen geben.

Im Weiteren werden im Bereich "Thermische Behaglichkeit" und "Oberflächentemperaturen" intensivere Messungen statt finden. Die Aufzeichnungen und Auswertungen der energetischen Daten gehen weiter.

Referenzen

- [1] M. Zimmermann: *Bauen in der Zukunft*, ZEN Info Nr. 15, Seite 2, Mai 2001
- [2] K. Viridén: *Vom Altbau zum Passivhaus*, tec21 Nr.44, Seiten 42 + 43, November 01
- [3] O. Gebhardt: *Zehnmal weniger Energie*, Wohnen, 77. Jahrgang, Seite 8, Januar 2002
- [3] M. de Lainsecq: *Klimaverträglich wohnen*, Häuser modernisieren, Seiten 52 – 57, August 2002
- [4] *Nationale Passivhaus-Tagung 2002*, Basel, Beitrag in Tagungsband, Januar 2002
- [5] *Green Building Challenge '02*, Oslo, Beitrag in Tagungsband und CD, September 2002
- [6] K. Viridén: *Beinahe-Passivhausstandard bei Sanierung*, in: *Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus*, Ökobuch Verlag, Staufen, September 2002
- [7] K. Viridén: *Status-Seminar 2002*, Zürich, Beitrag in Tagungsband, September 2002

Weiter rund 10 Artikel und über 30 Referate und Beiträge.