

Passiv-Acht-Familienhaus Wechsel, Stans



Ausgearbeitet durch

B. Bossard, BARBOS GU für Baubiologie + Bauökologie, Stans

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

November 03

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden REN	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Bundesamt für Energie BFE
---	--	---------------------------

Auftraggeber:

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden
Bundesamtes für Energie

Auftragnehmer:

Einfache Gesellschaft „wohnen im Wechsel“
c/o Ruedi Keiser
Wächselacher 19
6370 Stans

Autoren:

Beda Bossard, BARBOS Generalunternehmung für Baubiologie + Bauökologie, Stans
Benno Zurfluh, Zurfluh – Lottenbach, HLK-Ingenieurbüro, Luzern
Ruedi Keiser, Energie-Ingenieur NDS FH, Stans

Diverse Autoren siehe Anhang-Publikationen

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	5
2. Gebäudekonzept	6
2.1 Situation	6
2.2 Architektur / Raumkonzept	8
2.3 Statisches Konzept	12
2.4 Gebäudehülle / Wärmebrücken	12
2.5 Baubiologie / Bauökologie	12
2.6 Luftdichtigkeitskonzept	12
2.7 Schallschutzkonzept	13
2.8 Fensterkonstruktionen	13
3. Wohnungslüftung und Luftheizung	14
3.1 Beschrieb der Anlage	14
3.2 Der Erdwärmetauscher	15
3.3 Die Lüftungs- und Heizungszentrale	15
3.4 Wohnungsinterne Technikräume / Luftverteilung in den Wohnungen	15
3.5 Regulierung der Lüftungsanlage	15
3.6 Wärmeerzeugung / Wärmeverteilung	15
3.7 Luftvolumenstrom-Messungen	16
3.8 Erfahrungen mit der Luftheizung	16
4. Zentrale Warmwasseraufbereitung	17
4.1 Beschrieb	17
4.2 Erfahrungen / Folgerungen	17
5. Solare Warmwasseraufbereitung	17
5.1 Beschrieb	17
5.2 Erfahrungen / Folgerungen	17
6. Funktionsbeschrieb der Haustechnikanlage	17
6.1 allgemeiner Beschrieb	17
6.2 Leistungsdaten	18
7. Photovoltaikanlage	19
7.1 Beschrieb	19
7.2 Erfahrungen / Folgerungen	19
8. Energieverbrauch	19
8.1 Erfahrungen / Folgerungen	19
9. Meinungen der BewohnerInnen	20
9.1 Schallempfinden	20
9.2 Thermische Behaglichkeit	20
9.3 Raumluftfeuchte	20
9.4 Raumklima	20
9.5 Preis / Leistung	20
9.6 allg. Gesamteindruck	21
10. Gesamteindruck / Schlussfolgerung	21
10.1 zur Multiplikation empfohlen	21
10.2 noch verbesserungswürdig	21

11. Anhänge	21
11.1 HTA Schlussbericht Nr. 414781	21
11.2 HTA Erfahrungen aus messtechnischen Untersuchungen an Passivhäusern	21
11.3 HTA Aktennotiz Thermografie	21
11.4 HTA In einem Passivhaus lässt sich gut leben	21
11.5 Bericht Luftdichtigkeit Glomet AG G. Boazzo	21
11.6 Simulationsberechnung G: Zweifel HTA	21
12. Presseberichte	21
12.1 Hochparterre / Nummer 5 Mai 2002	21
12.2 Gebäudetechnik – Intelligent Building / Nummer 1 Januar 2002	21
12.3 Baubiologie / Nummer 2 / 2003	21
12.4 Solaragentur Solarpreis 2002	21
13. Fotogalerie	21

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden REN	Programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments	Bundesamt für Energie BFE
---	--	---------------------------

1. Zusammenfassung

Mit Baubeginn im November 00 und Baubezug im August 01 realisierten acht Familien als Einfache Gesellschaft „wohnen im Wechsel“ das erste zertifizierte Passiv-Mehrfamilienhaus in der Schweiz.

Der viergeschossige Holzsystembau integriert sich in eine konventionelle Gestaltungsplan-Ueberbauung mit fünf Mehrfamilien- und acht Reiheneinfamilienhäuser an prominenter Lage in Stans / Nidwalden.

Das Besondere an diesem Gebäude ist die gesamtheitliche Betrachtung von Gebäudehülle und Haustechnik. Die sehr gut gedämmte Gebäudehülle mit U-Werten der opaken Teile zwischen 0.13 und 0.15 W/m²K und der Verglasung von 0.7 W/m²K senkt die Verluste auf rund 40 kWh/m² und Heizperiode. Mit den nutzbaren Gewinnen aus internen Lasten und der Solarstrahlung resultiert ein Heizwärmebedarf von lediglich 12.5 kWh/m² und Heizperiode.

Dieser Bedarf wird entweder mit Sonnenkollektoren (40 m²) oder einem Holzpellet-Kessel von 25 kW Leistung gedeckt. Beide Systeme bewirtschaften einen zentralen 5000 Liter-Speicher, von welchem das Warmwasser und die Energie für das Heizregister der Luftheizung respektiv den Handtuchradiatoren in den Sanitärzellen bezogen wird.

Mit diesem gebauten Projekt wird die Machbarkeit eines energieeffizienten, ökologischen, baubiologischen, individuell gestalteten und kostengünstigen Hauses ideal aufgezeigt.

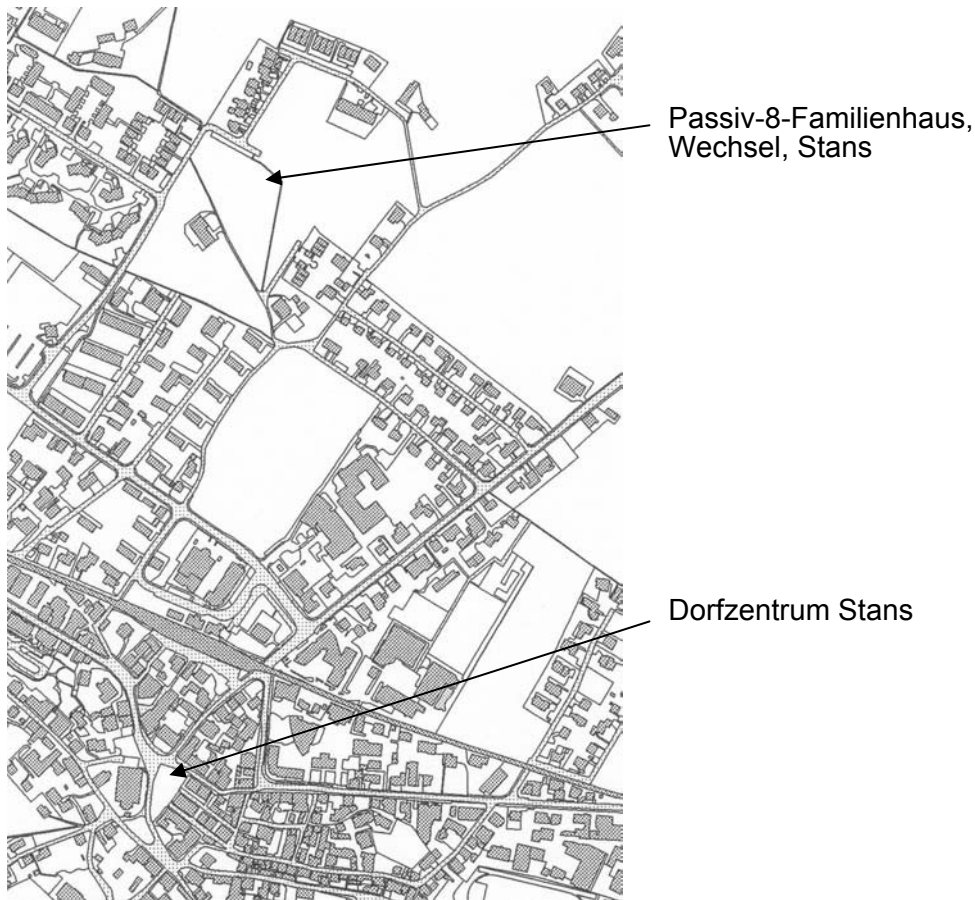
Energie Schweiz unterstützt das Projekt im Rahmen des Pilot- + Demonstrationsprogrammes mit 90'000.--, der Kanton im Rahmen eines Globalkredites Massnahmen zur sparsamen und rationellen Energienutzung mit 5'000.--.

2. Gebäudekonzept

2.1 Situation

Das Grundstück liegt etwa 10 Gehminuten nördlich vom Dorfzentrum Stans, mitten in bestehendem Siedlungsgebiet, in der dreigeschossigen Wohnzone. Das Gebiet gilt als ruhige, sonnige und äusserst beliebte Wohnlage.

Die angrenzenden Grundstücke sind sehr unterschiedlich, mit Einfamilien-, Mehrfamilien- und auch Reihenhaussiedlungen, bebaut oder beplant.



Ausschnitt Stans; ca 1:9'000

Auf der ca. 11'000 m² grossen Parzelle bestand eine Gestaltungsplanpflicht. Der Gestaltungsplan verfasste das Architekturbüro Christen+Mahnig AG, Architekten HTL, Stans.

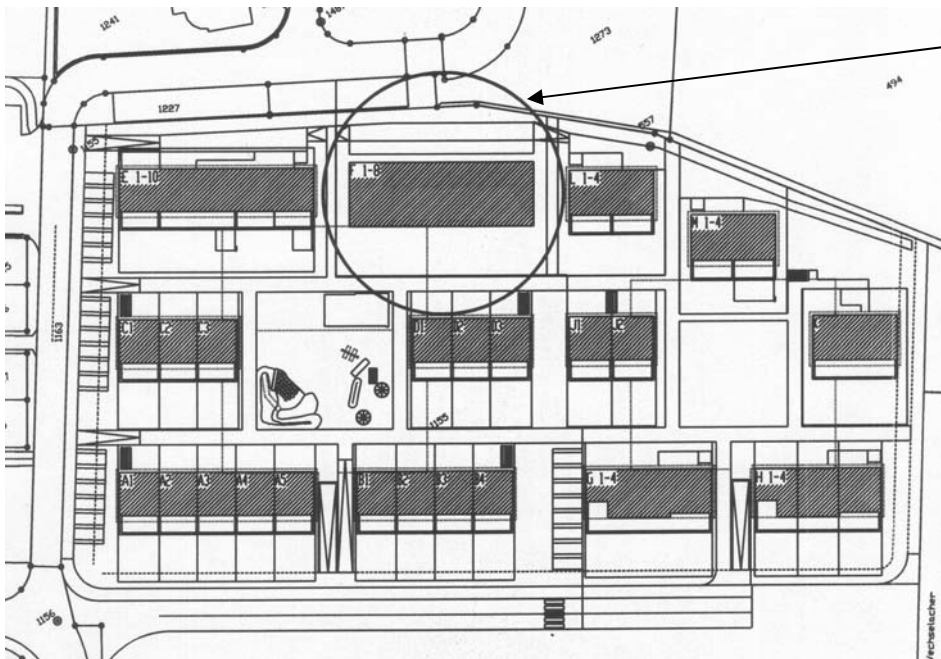
Die Zentren der Überbauung bilden zwei verkehrsfreie Innenhöfe, um welche die Häuser gruppiert sind. Durch die Besonnung, die Aussicht, sowie der Form der Parzelle hat sich eine Lösung aufgedrängt, bei welcher die Reihenhäuser mit zwei Vollgeschossen und einem Dachgeschoss (70%) den Mehrfamilienhäusern mit drei Vollgeschossen und einem Dachgeschoss (70%) vorgelagert sind. Die Mehrfamilienhäuser bilden den nördlichen Abschluss der Parzelle.

Diese Situierung ermöglicht für alle Wohneinheiten eine südliche Hauptorientierung und damit optimale Besonnungs- und Lichtverhältnisse. Es entstehen gemeinschaftlich genutzte Flächen, aber auch individuelle Gartensitzplätze, wo die Privatsphäre gewahrt bleibt.

Die notwendigen Parkplätze werden in zwei unterirdischen Tiefgaragen angeboten.

Total entstehen 53 Wohneinheiten in acht Reihen- und vier Mehrfamilienhäusern welche von drei autonomen Trägerschaften geplant und gebaut werden.

Unsere einfache Gesellschaft „wohnen im Wechsel“ realisierte ein Passiv-Mehrfamilienhaus mit acht Wohneinheiten.



Passiv-8-Familienhaus,
Wechsel, Stans

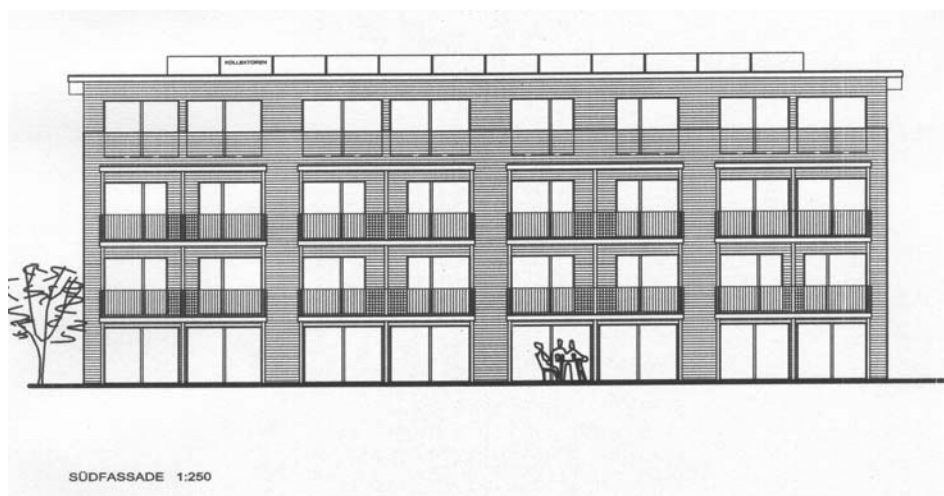
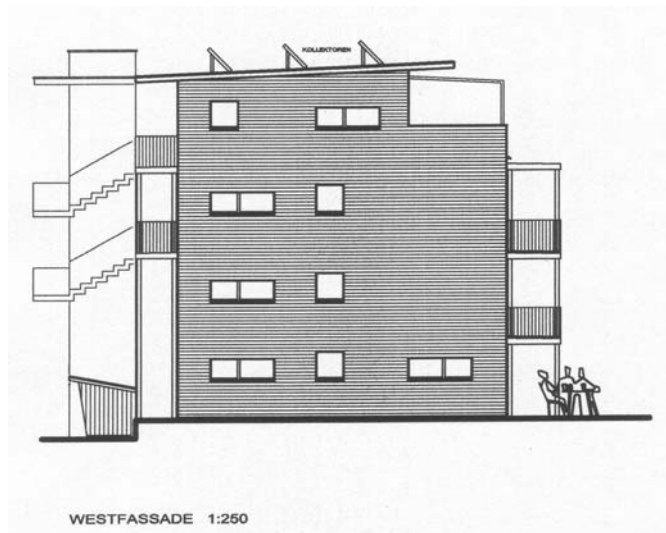
Situation Gestaltungsplan 1:1000

2.2 Architektur/Raumkonzept

Der rechteckige, kompakte Baukörper mit schwach geneigtem Pultdach ermöglichte eine klar gegliederte Anordnung der einzelnen Wohneinheiten und optimierte die Gebäudehüllenziffer ideal. Das Hauptgebäude ist als Holzelementhaus konzipiert, was mit der Holz-Fassadenschalung auch gegen aussen sichtbar wird. Die Nordfassadenverkleidung musste aufgrund von Brandschutzvorschriften aus nicht brennbaren Baustoffen ausgeführt werden, für welche wir grossformatige, sichtbar geschraubte Duripanelplatten verwendeten.

Die südlichen Balkonvorbauten und die nördlichen Laubengänge sind klar abgesetzt, schlank und selbstständig aus Stahl und Stahlbeton konstruiert.

Die Erschliessung der Dachwohnungen erfolgt zentral über den nordseitigen Treppen-Lift-Turm und die offenen Laubengänge.



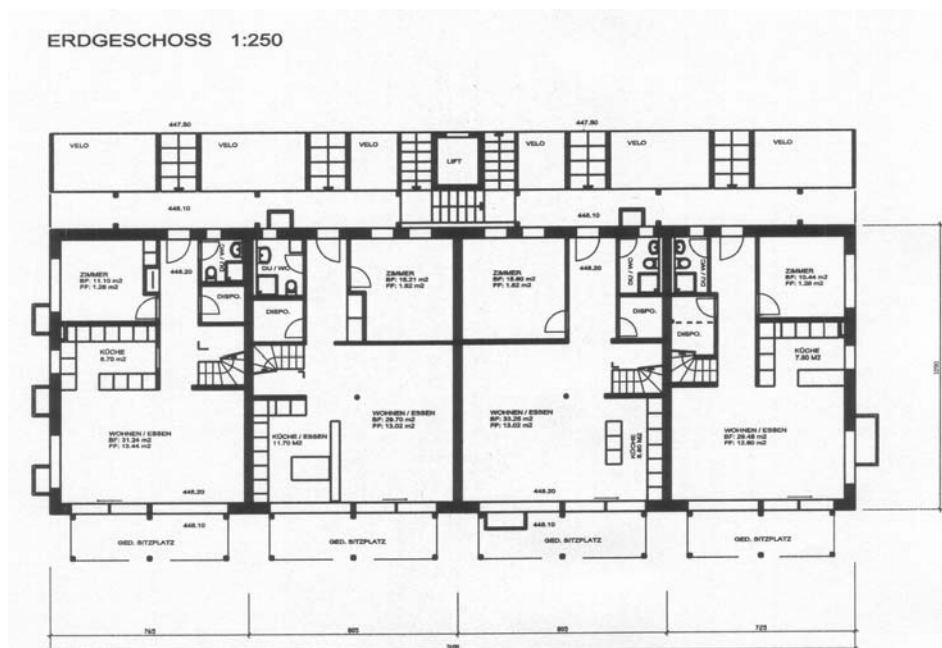
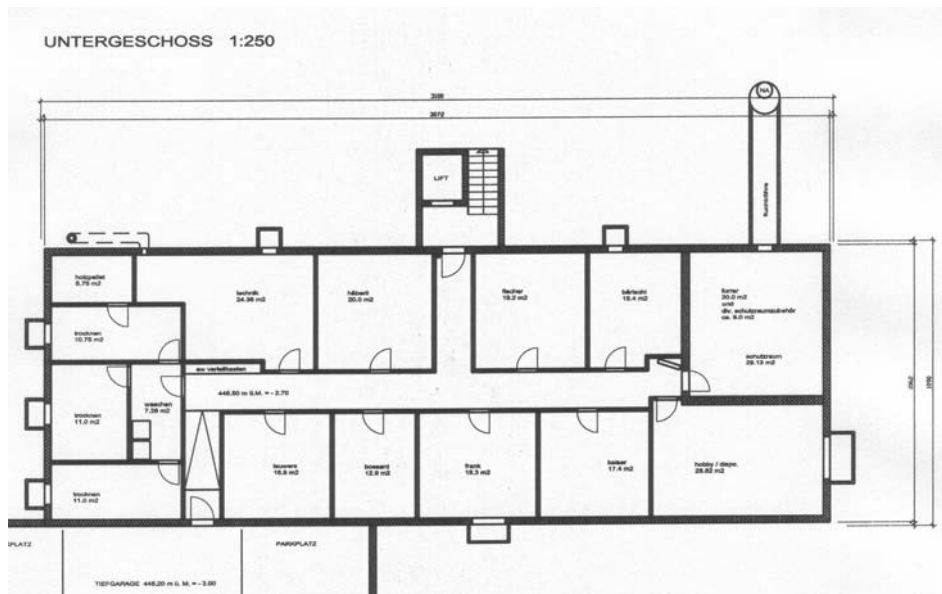
In den 4 Wohngeschossen entstehen sechs Maisonette- und zwei Geschosswohnungen. Sie enthalten zwischen 3 ½ und 6 ½ Zimmer und verfügen über 100 bis 157 m² Nettowohnfläche. Für alle acht Wohneinheiten kann die Orientierung der Haupträume Richtung Süden (Richtung Innenhof) identisch gewährleistet werden.

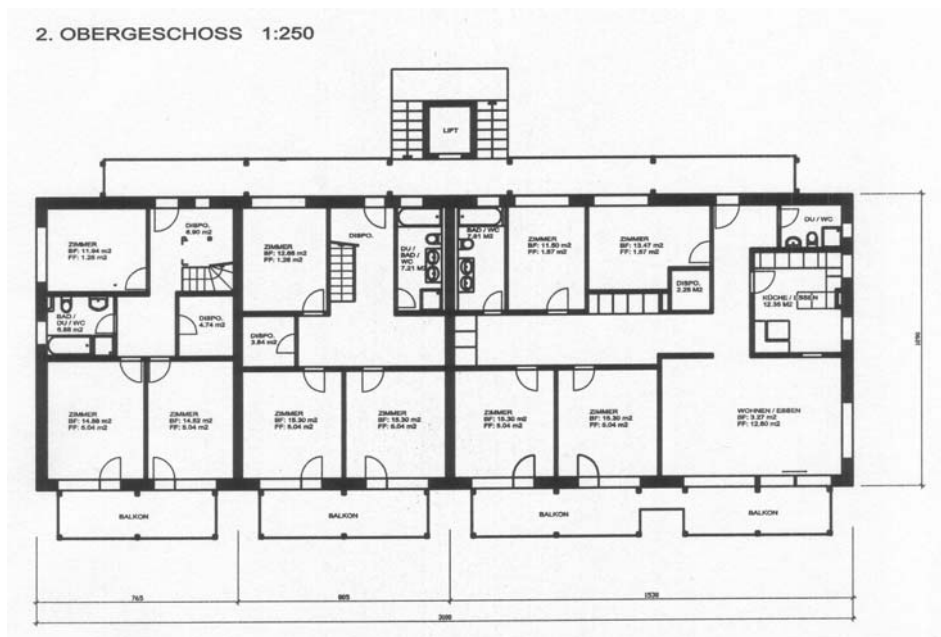
Im gemeinschaftlich genutzten Kellergeschoss sind die Wasch- und Trocknungsräume, der Hobbyraum, die individuellen Kellerabteile sowie die Haustechnikzentrale untergebracht.

Den zweigeschossigen Parterre - Einheiten ist südlich jeweils ein grosser Garten zugeordnet, den Wohnungen im Dachgeschoss eine grosse Terrasse.

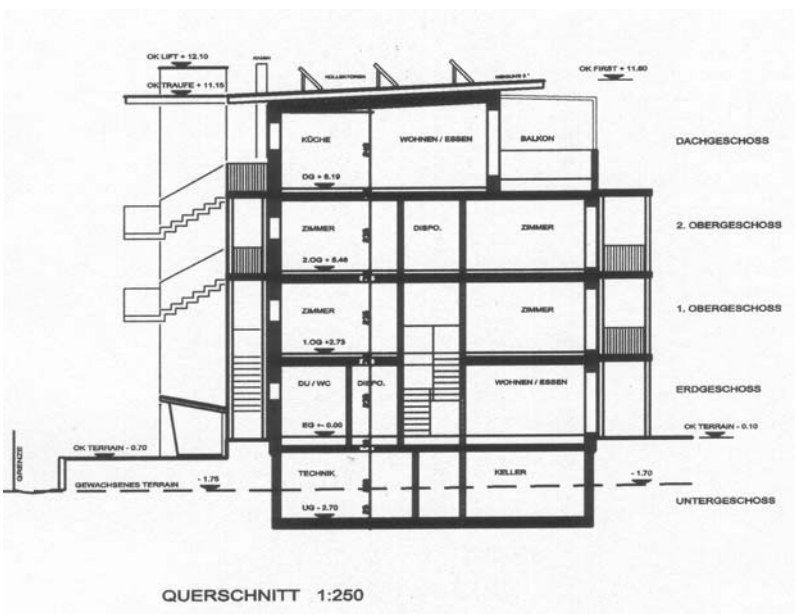
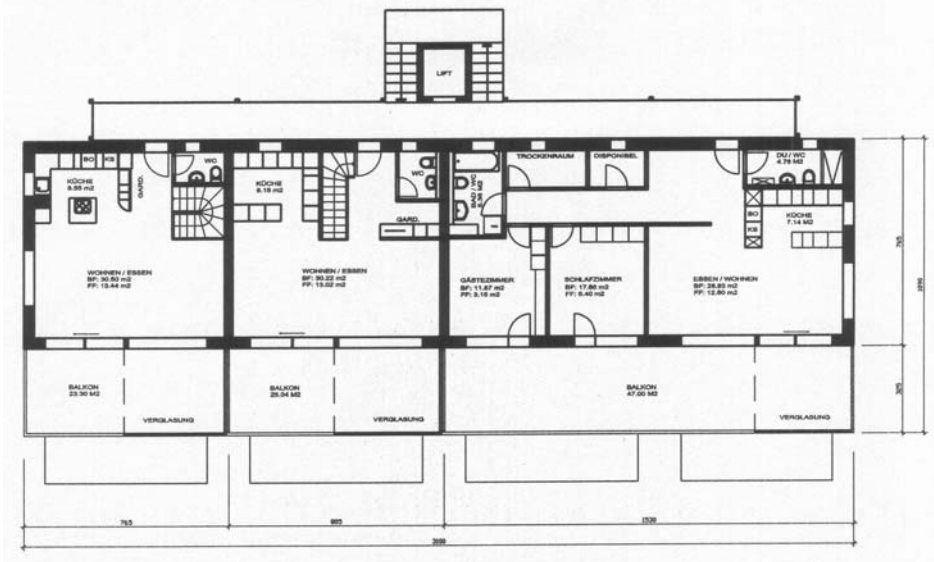
Auf der Nordseite, leicht abgesenkt, entstanden auf der gesamten Hauslänge gut zugängliche, frei stehende, offene Velouterstände, die jeweils durch die einzelnen Hauszugänge und den Liftturm abgegrenzt sind.

Durch den frühen Miteinbezug der EigentümerInnenwünsche entstand kein eigentlicher Regelgrundriss, was einerseits sehr spannend und anspruchsvoll war, aber anderseits vor allem die Haustechnikplanung nicht unbedingt vereinfachte. Trotzdem konnte ein gewisser Raster eingehalten und eine ruhige, aber interessante Struktur erzeugt werden.



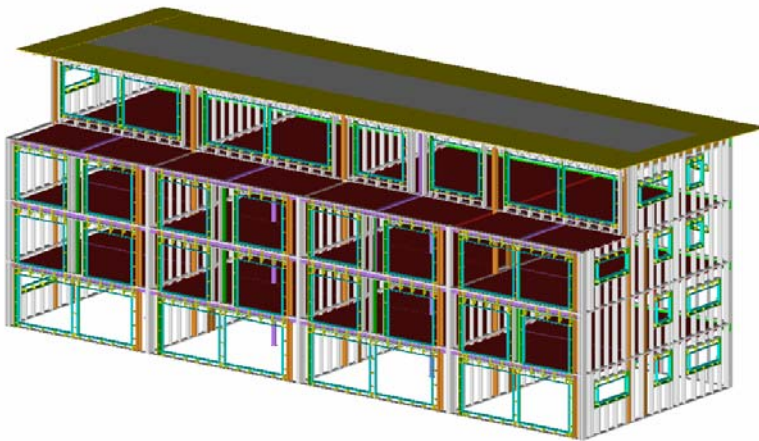


DACHGESCHOSS 1:250



2.3 Statisches Konzept

Die Tragkonstruktion besteht aus sichtbaren Holz-Beton-Verbunddecken auf vorgefertigten Holzelementwänden mit einzelnen Stahlstützen und Stahlträger und innenseitiger Vorsatzschale aus Gipsfaserplatten. Es ist das erste viergeschossige Holzhaus mit 60 Minuten Brandwiderstand in der Zentralschweiz.



3D – Holzbau - Modell

2.4 Gebäudehülle/Wärmebrücken

Die nahezu wärmebrückenfreie Gebäudehülle wird einerseits durch einen geschlossenen Dämmperimeter mit weitgehend konstanter Dämmschichtdicke, andererseits durch eine Auslagerung des Erschliessungsbereiches (Treppe inkl. Podest und Lift) erreicht. Im weiteren wird zwecks wärmetechnischer Optimierung der Holzanteil der Aussenwandkonstruktion im Bereich des Fensteranschlages reduziert.

2.5 Baubiologie/Bauökologie

Ziel von Planer und Bauträgerschaft war, Grundsätze von Baubiologie und Bauökologie möglichst konsequent umzusetzen. So wurden vorwiegend Naturbaustoffe wie Holz, Linoleum oder Gips oder optimal recycelbare Materialien eingesetzt. Sämtliche Oberflächen sind mit giftfreien Naturfarben und Naturölen behandelt. Um schädlichen Elektromog zu vermeiden achteten wir auf eine intelligente Leitungsführung oder trafen wo nötig Spezialmassnahmen. In allen Wohnungen wurden energieeffiziente Haushaltgeräte und Leuchten eingebaut.

Das Haus verfügt über eine 40.5 m² Sonnenkollektor- und eine 12 m² Photovoltaikanlage.

Bei Arbeitsvergaben konnten einheimische Unternehmer berücksichtigt werden und auch spezielle Komponenten (Fenster) wurden in der Region produziert.

Dank einer geschickten Terminierung und ein wenig gutem Willen konnte beim massiven Kellergeschoss trotz Winterbauzeit auf jegliche chemischen Frostschutzzusätze verzichtet werden.

2.6 Luftdichtigkeitskonzept

Die erforderliche hohe Luftdichtigkeit der Gebäudehülle wird durch eine Folie mit geringem Dampfdiffusionswiderstand gewährleistet. Diese ist an der Innenseite der Holzelemente angeordnet und wird über Kompribänder umlaufend am Fensterrahmen angeschlossen. Da raumseitig der Luftdichtigkeitsschicht eine Installationsschicht vorhanden ist, reduzieren sich die Durchdringungen auf ein Minimum.

2.7 Schallschutzkonzept

Den erhöhten Schallschutzanforderungen wurde im wesentlichen mit einer optimalen Positionierung der lärmintensiven Räumen und einer geschickten Leitungsführung Rechnung getragen. Zusätzlich wurde eine biegeweiche Vorsatzschale an Wohnungstrenn- und Aussenwänden, sowie Holzbetonverbunddecken und schwimmende Unterlagsböden eingebaut.

Im September 03 wurden durch Herrn Th. Gasser, Martinelli+Menti AG, Meggen, diverse Luft- und Trittschallübertragungen messtechnisch überprüft. Bei den gewählten Messverfahren handelt es sich um normgemässe Messungen am Bau.

Alle gemessenen Resultate - Trittschallschutz der Geschossdecke und der interne Treppe sowie Luftschallschutz der Geschosstrenndecke und der Wohnungstrennwände - liegen deutlich über den erhöhten Anforderungen nach SIA 181 „Schallschutz im Hochbau“ (1988) und können als gut bis sogar sehr gut bezeichnet werden.

Nach Aussage der Nutzer treten nahezu keine subjektiv, wahrnehmbare Störungen auf.

Die guten Werte sind sehr erfreulich und es zeigt sich, dass sich das gewählte Schallschutz-konzept, die detaillierte Planung und eine entsprechenden Bauüberwachung sehr gut bewährt haben.

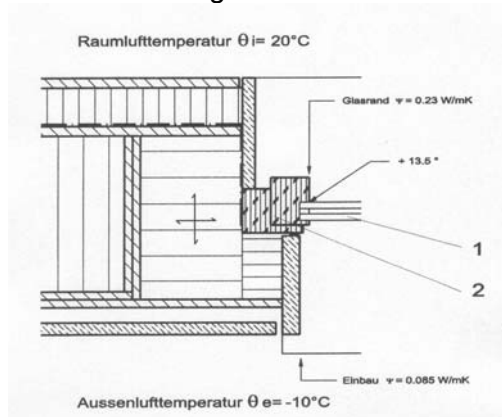
2.8 Fensterkonstruktionen

Beim Fensterelement handelt es sich um ein Holzfenster, Typ Eiger Standard, optimal überdämmt eingebaut, mit folgenden Kennwerten:

- Fensterrahmen in Holz, U-Wert = 1.40 W/m²K
- Glas: Typ Heat Mirror TC 88 (Krypton), U-Wert = 0.70 W/m²K, g-Wert = 50 %, Glasrandverbund ψ_g = 0.023 W/m²K.

Bei den objektspezifischen Fenstergrössen resultieren für die Fensterelemente U-Werte um etwa 0.85 W/m²K.

Fensteranschlag:



- 1 Verglasung Heat Mirror
Typ TC 88
- 2 Eigerfenster Typ Standard

Wärmeschutz
Raumseitige Oberflächentemperatur

U-Wert 0.85 W/m²K
 $\theta_{si} = +17.0^\circ\text{C}$
(Raumlufttemperatur $\theta_i = +20^\circ\text{C}$,
Aussenlufttemperatur $\theta_{ie} = -10^\circ\text{C}$)

3. Wohnungslüftung und Luftheizung

3.1 Beschrieb der Anlage

Die Berechnung des Energiebedarfs für das gesamte Gebäude erfolgte auf den Grundlagen des Projektierungspakets des Passivhaus-Instituts, Darmstadt.

Der berechnete Energiekennwert Heizwärme von 14.5 kWh/m²a liegt unter dem Grenzwert von 15 kWh/m²a. Der Primärenergiewert beträgt 83.6 kWh/m²a. Der Grenzwert beträgt hier 120 kWh/m²a. Das Gebäude erfüllt somit die Anforderungen an den Passivhausstandard.

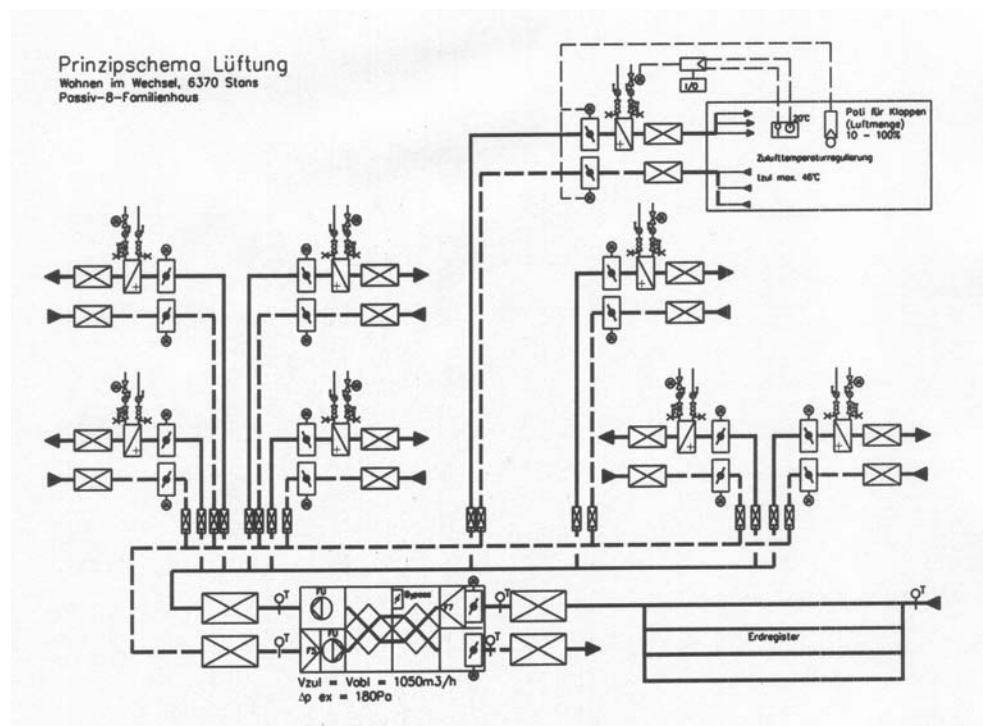
Wie bei Passivhäuser üblich erfolgt die Wärmeabgabe in den acht Wohnungen über die kontrollierte Wohnungslüftung.

Die Aussenluft wird auf ca. 2.5m über Terrain angesogen und über den Erdwärmetauscher zum zentralen Luftaufbereitungsgerät im UG geführt. Dort wird die Aussenluft filtriert und mit der WRG vorgewärmt. Bei Bedarf wird die WRG mit einem Bypass mit Klappe umfahren.

Die vorgewärmte Zuluft wird über das gedämmte Rohrsystem zu den Steigzonen in den Wohnungstrennwänden geführt. Jede Wohneinheit wird mit einem separaten Zu- und Abluftstrang erschlossen. Die Zuluftmenge liegt zwischen 130m³/h und 160m³/h ($n \sim 0.45h^{-1}$) je Wohnung.

Mit dem Wohnungsnachwärmer wird die Zuluft auf die geforderte Temperatur (max. 46°C) nachgewärmt. Über den Zuluftverteiler wird die Luft in Kunststoffrohren einzeln zu jedem Bodenauslass/Wandauslass geführt und in den Raum eingeblasen.

Die Abluft wird in den Nasszellen und bei der Küche abgesogen und über Kunststoffrohre zum Abluftsammler geführt. Über die Steigzonen und das gedämmte Rohrsystem strömt die Abluft zum zentralen Luftaufbereitungsgerät im UG. Nach der Filtrierung wird mit der WRG der Abluft die Restwärme entzogen. Der Fortluftauslass befindet sich auf ca. 4m über Boden an der Nordfassade.



3.2 Der Erdwärmetauscher

Der Erdwärmetauscher besteht aus verschweissten PE-Rohren (4 Rohre je 25m Länge plus) die ca. 1.8m unter den Terrain auf einem Sandbett liegen. Die Aussenluft wird über ein 5m langes Verteilrohr ($\varnothing$ 400mm) zu den vier parallelen Strängen (je 25m, $\varnothing$ 200mm) geführt und von dort über ein Sammelrohr (5m, $\varnothing$ 400mm) am Monobloc angeschlossen. Der Erdwärmetauscher erwärmt die Aussenluft im Winter (-10°C) auf $>0^{\circ}\text{C}$. Neben dem beachtlichen Energiegewinn kann mit dem Erdwärmetauscher Kondensat im Monobloc weitgehend verhindert werden.

Der Erdwärmetauscher ist im Gefälle ($>1.5\%$) verlegt. Dadurch und durch die Tatsache dass die Rohre verschweisst sind, ist eine Reinigung jederzeit möglich.

3.3 Die Lüftungs- und Heizungszentrale

Das zentrale Luftaufbereitungsgerät und die komplette Wärmeerzeugungsanlage befinden sich im Untergeschoss auf der Nordseite. Monobloc und Speicheranlage stehen im gleichen Raum. Der Pellets-Kessel sowie das Pellets-Lager sind aus brandschutztechnischen Gründen abgetrennt. Durch die Anordnung der Steigzonen und durch die Lage der Zentrale konnten sämtliche Verteilleitungen auf der Nordseite installiert werden. Die Keller auf der Südseite sind frei von Installationen.

3.4 Wohnungsinterne Technikräume / Luftverteilung in den Wohnungen

Jede Wohnung besitzt einen Technikraum. In diesem zentral angeordneten Raum ist neben dem Zuluftverteiler und Abluftsammler der Luftnachwärmer sowie die wohnungsinternen Mess- und Regeleinrichtungen installiert. Pro Wohnung ist für die Verbrauchskontrolle ein Wärmezähler und ein Warm- und Kaltwasserzähler installiert.

Die Zuluft wird in den einzelnen Räumen über Wand- resp. Bodenauslässe eingeblasen. Die Zuluft strömt über die Türschlitze zu den Abluftventilen in den Nasszellen sowie im Bereich der Küche.

Die Verteilleitungen sind so verlegt worden, dass eine spätere Reinigung möglich ist.

3.5 Regulierung der Lüftungsanlage

An zentraler Stelle ist in jeder Wohnung ein Raumfühler mit Sollwertgeber installiert. Die ZUL-Temperatur wird je Wohnung mit einem Heizwasser-Wärmeregister nachgewärmt. Dabei wird die Luft auf max. 46°C erwärmt.

Der ZUL-Volumenstrom wird pro Wohnung über einen Stufenschalter (auf die Klappen wirkend) zwischen den Stufen 0, 50% und 100% von Hand eingestellt. Wird die erforderliche Raumlufttemperatur nicht erreicht, wird zuerst die Zulufttemperatur erhöht und anschliessend die Klappenstellung übersteuert und der Zuluftvolumenstrom entsprechend angepasst.

Die in den Wohnungen unterschiedlichen Luftmengen werden über eine Drucksteuerung erfasst und im Monobloc entsprechend korrigiert.

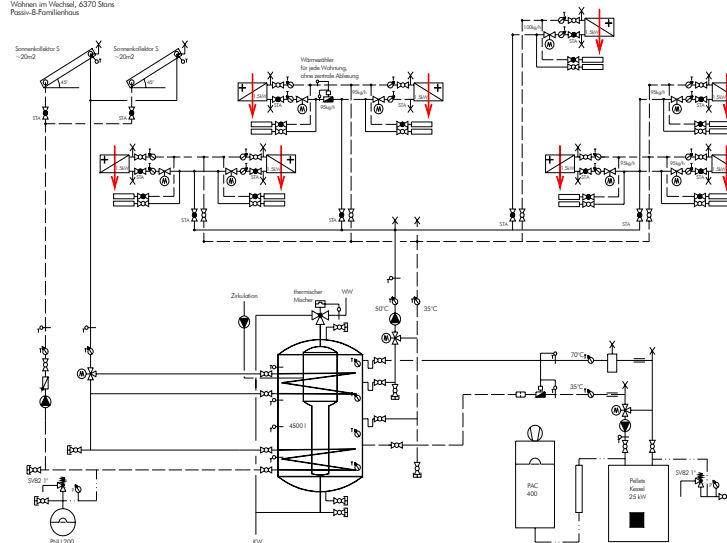
3.6 Wärmeerzeugung / Wärmeverteilung

Die Bereitstellung der notwendigen Restwärme für die Erwärmung der Zuluft und des Brauchwarmwassers erfolgt CO₂-neutral mit einem Holzpellet-Kessel (25kW) oder mit den Sonnenkollektoren (40.5m²). Zentrales Element der Anlage ist ein Wärmespeicher (4500 l) mit integriertem Brauchwarmwasserspeicher. Beide Erzeuger arbeiten optimal auf den Wärmespeicher, wobei die Sonnenkollektoren Vorrang haben.

Die Wärmeverteilung zu den Nachwärmern in den einzelnen Wohnungen erfolgt über ein konventionelles Zweirohrsystem.

Aus Komfortgründen wurden in den meisten Bad- und WC-Räumen Handtuchheizkörper an die Wärmeverteilung angeschlossen.

Prinzipschema Heizung/Solar
Wohnen im Weichsel, 6370 Stans
Pfeiler-3-Familienhaus



3.7 Luftvolumenstrom-Messungen

Um die Einregulierung der Anlage zu erleichtern wurden im Untergeschoss in allen Steigsträngen Einstellklappen eingebaut. Damit sollten die Luftvolumenströme pro Wohnung eingestellt werden können. Die Volumenströme pro Zimmer wurden über die Durchlässe eingestellt. Einreguliert wurde die Anlage auf dem Nennvolumenstrom (Stufe 3). Die zweite Stufe wurde zur Kontrolle auch gemessen. Die Einregulierarbeiten gestalteten sich wesentlich aufwändiger als erwartet und nahmen rund vier Arbeitstage in Anspruch. Die Luftmengen in den Steigsträngen wurden mit einem Flügelrad-Anemometer gemessen, in den Wohnungen wurde mit einem Flow-Finder gemessen.

3.8 Erfahrungen mit der Luftheizung

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Anlage wie geplant funktioniert. Wie bereits erwähnt, war die Einregulierung der Anlage sehr aufwändig. In einigen Räumen konnten die erforderlichen Luftmengen nicht erreicht werden (z.B. $20\text{m}^3/\text{h}$ anstelle $25\text{m}^3/\text{h}$). Der Druckverlust in den Wohnungsverteilungen ist höher als berechnet. Dadurch wurde der Leistungsbedarf der Ventilatoren grösser.

Die beiden ersten zwei Betriebsjahren waren im Winter geprägt durch relativ lange Kälteperioden. Dabei musste festgestellt werden, dass in den beiden Eckwohnungen im Dachgeschoss die erforderlichen 20°C nicht immer erreicht wurden. Durch die Anpassung der Luftverteilung konnte dieser Mangel in einer Wohnung behoben werden. In der anderen Wohnung wurden zusätzliche Anpassungen (erhöhte Erwärmung der Zuluft) im Sommer 2003 ausgeführt.

Es hat sich auch bestätigt, dass die Belegung der Wohnungen einen Einfluss auf den Wärmeverbrauch hat.

Vor allem der Sommer 2003 hat gezeigt, dass durch ein richtiges Benutzerverhalten die Wohnungen auch bei sehr hohen Aussentemperaturen kühl gehalten werden können.

4. Zentrale Warmwasseraufbereitung

4.1 Beschreibung

Im zentralen Kombispeicher (4500 l) ist ein 200 l Chromstahlboiler integriert. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt in erster Priorität über die Sonnenkollektoranlage. Falls erforderlich wird mit dem Pellets-Heizkessel nachgewärmt. Um lange Ausstosszeiten zu verhindern, ist ein Zirkulationssystem installiert.

Weil das Warmwasser über die Sonnenkollektoren auf relativ hohe Temperaturen erwärmt wird, ist als Schutz vor Verbrühungen ein thermischer Mischer in der Hauptwarmwasserleitung eingebaut.

4.2 Erfahrungen / Folgerungen

Die Zirkulationspumpe wird im Puls-Pause Verhältnis von 1:3 getaktet, was sich gut bewährt hat und auch an den Randzeiten der Nutzung kurze Ausstosszeiten gewährleistet.

5. Solare Warmwasseraufbereitung

5.1 Beschreibung

Auf dem Pultdach sind in zwei parallelen Reihen total 40.5m² Flachkollektoren (Ausrichtung SSW) installiert. Der Anschluss der Kollektoren erfolgt im Tichelmann-System. Die gewonnene Wärme wird über die zwei Wärmetauscher im Speicher an das Heizungssystem abgegeben und für die Warmwassererwärmung und die Heizungsunterstützung genutzt. Die Steuerung und Regulierung der Anlage erfolgt über das zentrale Regelsystem.

5.2 Erfahrungen / Folgerungen

Anfänglich zeigten sich Qualitätsprobleme mit den Kollektoren, was zur Folge hatte dass vom Hersteller alle ausgetauscht werden mussten. Als sehr hartnäckig zeigte sich das Entlüften des hydraulischen Systems. Wir hatten anfänglich praktisch nach jedem Tag Luft in den Leitungen und mussten sehr oft entlüften. Inzwischen ist es aber nur noch sehr selten nötig und funktioniert grundsätzlich gut. Der Betrieb im Sommerhalbjahr 2003 war sehr optimal. Der Holzpelletkessel war von März 03 bis Oktober 03 ausser Betrieb, sodass wir während dieser Periode von einer 100%-igen solaren Warmwasseraufbereitung sprechen können.

6. Funktionsbeschreibung der Haustechnikanlage

6.1 allgemeiner Beschrieb

Die Regelung und Steuerung der gesamten Anlage erfolgt über ein zentrales Prozessgerät. In den einzelnen Wohnungen sind in den Technikräumen I/O Module installiert. Die Verbindung zum Prozessgerät erfolgt über ein Bussystem.

- Heizung: Pelletheizkessel mit integrierter Kesselsteuerung und Rücklaufhochhaltung. Der Speicher wird ab dem Heizkessel mit konstanter Vorlauftemperatur bedient.
- Wärmeverteilung: Die Wärmeverteilung erfolgt ab dem Speicher über eine geregelte Heizungsgruppe ($t_{VL} = 50^{\circ}\text{C}$, $t_{RL} = 35^{\circ}\text{C}$) auf die drei Steigzonen. Die Vorlauftemperatur wird über eine witterungsgeführte Vorlauftemperaturregulierung geregelt. Die Sonneneinstrahlung wird über einen Sonnenfühler erfasst und verschiebt die Heizkurve bei starker Sonneneinstrahlung parallel nach unten.
- Sonnenkollektor: Sonnenkollektoranlage auf zentralen Speicher wirkend. Im Speicher ist ein oberer und unterer Wärmetauscher eingebaut. Der Umschaltbetrieb erfolgt über ein Dreiwegventil. Im Kollektorfeld ist ein Temperaturfühler eingebaut. Im Speicher ist je Wärmetauscher ein Fühler eingebaut. Vier weitere Temperaturfühler dienen der Anzeige der Speichertemperatur.

Monobloc: Zentrales Luftaufbereitungsgerät mit WRG-Bypassklappe, ZUL- und ABL-Ventilator mit Kommutiereinheit. AUL- und FOL-seitig sind im Gerät Auf/Zu-Klappen eingebaut. Für die Ventilatoren ist je ein Revisionsschalter vorgesehen.

**Nachwärmer
Wohnungen:** An zentraler Stelle wird in jeder Wohnung ein Raumfühler mit Sollwertgeber installiert. Die ZUL-Temperatur wird je Wohnung mit einem Heizwasser-Wärmeregister nachgewärmt. Dabei wird die Luft auf max. 46°C erwärmt. Der ZUL-Volumenstrom wird über einen Stufenschalter (auf die Klappen wirkend) zwischen den Stufen 0, 50% und 100% von Hand eingestellt.

6.2 Leistungsdaten

Lüftungsgerät: Fabr: 7-Air, Typ Habitus
WRG: $\eta = 80\%$
Aussenluftfilter F6
Abluftfilter G3
Leistungsaufnahme Ventilatoren je 350W

Nachwärmer: Fabr: SM-Heag, 1.8kW

Luftleitungen: Hauptverteilung: Stahl, sed. verzinkt
Wohnungsverteilung: PE-Rohre eingelegt

Dämmungen Luftleitungen: Steilwolle 50mm/25mm

Luftdurchlässe: Wand Fabr: Strulik, Typ BKZ 125
Boden Fabr: Kranz, runder Bodenauslass, Alu (2Stk)
Restliche: Bodenauslässe nach Mass

Pelletsessel: Fabr: Ökofen RE25, 9-25kW

Sonnenkollektoren: Rüesch Solartechnik, Typ Terza, 40.5m²

Speicher: Rüesch Solartechnik, Kombispeicher 4500 l, integrierter 200 l Warmwasserboiler

Umwälzpumpen: Hauptpumpe / Heizungsverteilung: Biral MC 10, MC12
Solarkreis: Grundfos UPS

Regulierung: Fabr: Siemens, Typ: Unigyr

7. Photovoltaikanlage

7.1 Beschreibung

Auf dem schwach geneigten, extensiv begrünten, Pultdach (3°) wurde eine 1.44 KWp Photovoltaikanlage (12 m²) installiert.

12 Solarmodule (Astropower A-120) konnten mit dem Montagesystem Aluver/Alutec, exakt gegen Süden ausgerichtet, auf Betonsockel versetzt werden.

Der zu erwartende Ertrag wurde auf 1000 – 1200 KWh/a geschätzt.

Die Anlage wurde so dimensioniert, dass der Stromverbrauch für die technische Entfeuchtung des Kellergeschosses über „das eigene Kraftwerk“ gedeckt werden kann.

7.2 Erfahrungen / Folgerungen

Im ersten Betriebsjahr, April 01 – April 02, wurde ein Ertrag von 1695 KWh erzielt.

Im zweiten Betriebsjahr, April 02 – April 03, wurde ein Ertrag von 1205 KWh erzielt.

Die Ertragsreduktion im zweiten Betriebsjahr ist noch nicht eindeutig interpretierbar, wir werden aber sicher nach den nächsten paar Jahren eine Langzeitstatistik machen können. Die Anlage funktioniert sehr zuverlässig.

8. Energieverbrauch

8.1 Erfahrungen / Folgerungen

Während den ersten zwei Betriebsjahren wurden vom hausinternen Leitsystem alle 10 Minuten ca. 40 interessante Werte (Temperaturen/Feuchte/Klappenstellungen/usw.) gespeichert und monatlich in einem Report an die HTA Luzern überwiesen. Daraus entstand der Schlussbericht der HTA im Anhang, woraus die genauen Details bezüglich Energieverbrauch entnommen werden können.

An dieser Stelle möchten wir deshalb nur noch auf zwei für uns wichtige Erkenntnisse hinweisen:

- Die Art und Weise, wie eine solche Wohnung bewohnt wird (wieviele Personen zu welcher Tageszeit anwesend sind) ist von sehr grosser Bedeutung und wirkt sich direkt auf den Energieverbrauch aus. Dies ist sicher einer der Hauptgründe, weshalb es zu solch grossen Unterschieden im Heizenergieverbrauch gekommen ist.

- Die Optimierung einer solchen Anlage ist von zentraler Bedeutung und das Resultat unserer Optimierung ist daraus ersichtlich, dass der Energieverbrauch der Wohnungslüftung seit Beginn des Betriebes im August 01 bis heute um ca. 35% reduziert werden konnte.

Was den Gesamtenergieverbrauch dieses Objektes betrifft, sind wir zur Zeit noch leicht ausserhalb des Passivhaus-Grenzwertes. Wir sind jedoch zuversichtlich, dass wir den Energieverbrauch noch um einen beachtlichen Wert senken können.

9. Meinungen der BewohnerInnen

An der Meinungsumfrage haben 15 Erwachsene BewohnerInnen aus allen 8 Wohnungen teilgenommen.
Die Auswertung daraus ist kursiv als Prozentzahl dargestellt! (3 Personen > 20 %, 11 Personen > 73 % etc.)

9.1 Schallempfinden

9.1.1 Luftschall (Stimmen, Gespräche, Trompete, Klavier etc.)

- ☐ sehr gut, keine Geräusche hörbar, voll still 20 %
- ☐ gut, zum Teil Geräusche wahrnehmbar, nicht störend, kein Problem 73 %
- ☐ mässig gut, zum Teil als störend empfunden, akzeptable Belastung 7 %
- ☐ schlecht, störende Belastung, inakzeptabel

9.1.2 Trittschall (Schritte, springen etc.)

- ☐ sehr gut, keine Geräusche hörbar, voll still
- ☐ gut, zum Teil Geräusche wahrnehmbar, nicht störend, kein Problem 87 %
- ☐ mässig gut, zum Teil als störend empfunden, akzeptable Belastung 13 %
- ☐ schlecht, störende Belastung, inakzeptabel

9.1.3 Geräusche von haustechnischen Anlagen (Dusche, WC-Spülung etc.)

- ☐ sehr gut, keine Geräusche hörbar, voll still 40 %
- ☐ gut, zum Teil Geräusche wahrnehmbar, nicht störend, kein Problem 53 %
- ☐ mässig gut, zum Teil als störend empfunden, akzeptable Belastung 7 %
- ☐ schlecht, störende Belastung, inakzeptabel

9.2 Thermische Behaglichkeit (Wärme)

9.2.1 Winterfall

- ☐ sehr gut, sehr angenehme Temperaturen, wohlig warm 27 %
- ☐ gut, ideal, angenehm, fühlen uns wohl 53 %
- ☐ mässig gut, eher kühl, brauchen öfters Wollenpulli und dicke Socken 20 %
- ☐ schlecht, frieren ständig, sind häufig unterkühlt und ständig erkältet

9.2.2 Sommerfall

- ☐ sehr gut, sehr angenehme Temperaturen, richtige Abkühlung gegenüber Aussenklima 27 %
- ☐ gut, ideal, fühlen uns wohl, kühler als Aussentemperaturen 73 %
- ☐ mässig gut, häufig hohe Temperaturen, ähnlich wie aussen
- ☐ schlecht, starke Ueberhitzung, heisser als aussen, Barackenklima, saunamässig

9.3 Raumlufffeuchte

- ☐ sehr gut, sehr angenehm, das ganze Jahr gleichmässig feucht (rel. Feuchte 40-60%)
- ☐ gut, Feuchteschwankungen spürbar, aber stellen kein Problem dar 40 %
- ☐ mässig gut, physische Auswirkungen spürbar, technische Massnahmen nötig 60 %
- ☐ schlecht, häufig zu trocken oder zu feucht, physische Auswirkungen stark spürbar

9.4 Raumklima

- ☐ sehr gut, immer frisch wie im Frühlingswald, das Haus atmet und lässt atmen 47 %
- ☐ gut, fühlen uns wohl, angenehme Gerüche von natürlichen Oberflächenbehandlungen 53 %
- ☐ mässig gut, müssen oft an die frische Luft ins Freie, zum Teil unwohl
- ☐ schlecht, häufig Kopfweg, die Augen tränen, Allergien nehmen zu, Plastiksack-Klima

9.5 Preis / Leistung

- ☐ sehr gut, sehr zufrieden, ein geniales Schnäppchen, ein einmaliges Angebot 40 %
- ☐ gut, zufrieden, glücklich mit dem Kauf, Vergleichsobjekte schneiden schlechter ab 60 %
- ☐ mässig gut, zum Teil unglücklich, hätten doch besser noch warten sollen mit Wohnungskauf
- ☐ schlecht, unzufrieden, zuviel bezahlt, über den Tisch gezogen worden

9.6 allg. Gesamteindruck

- ☐ sehr gut, sehr glücklich, alles stimmt 40 %
- ☐ gut, glücklich, ev. hätten wir dies oder das anders gemacht/entschieden 60 %
- ☐ mässig gut, manchmal unglücklich, vieles falsch gemacht/entschieden, finden uns damit ab
- ☐ schlecht, unglücklich, unbedingt verkaufen

10. Gesamteindruck

10.1 zur Multiplikation empfohlen

Das geplante, gebaute und nun bewohnte Haus „Wächselacher 19“ kann grundsätzlich als sehr gelungenes Projekt bezeichnet werden, was auch aus einer BewohnerInnen-Umfrage (Kap. 9.) sehr deutlich hervorgeht.

Speziell empfehlenswert ist sicher die integrale Zusammenarbeit im Planungsteam von Beginn weg, die konsequent geplanten und umgesetzten Schallschutz- Oekologie- und Energiekonzepte, der frühe Miteinbezug der BewohnerInnen und die grosse Leidenschaft und Identifikation aller Beteiligten an diesem Projekt.

10.2 noch verbesserungswürdig

Verschiedene Themen würden wir anders anpacken:

- Trennen der Aufgaben/Funktionen „Lüften“ und „Heizen“.
- Planen eines Niedertemperatur-Heizsystemes (Wand- Bodenheizung).
- Vermehrte Vereinheitlichung der Grundrisse.
- Einplanen von zugänglichen Haustechnik - Steigzonen und möglichst kurzen, einfachen Installationsleitungen.
- Professionellere Vermarktung des „speziellen Produktes“.

11. Anhänge

11.1 HTA Schlussbericht Nr. 414781

11.2 HTA Erfahrungen aus messtechnischen Untersuchungen an Passivhäusern

11.3 HTA Aktennotiz Thermografie

11.4 HTA In einem Passivhaus lässt sich gut leben

11.5 Bericht Luftdichtigkeit Glomet AG G. Boazzo

11.6 Simulationsberechnung G: Zweifel HTA

12. Presseberichte

12.1 Hochparterre / Nummer 5 Mai 2002

12.2 Gebäudetechnik – Intelligent Building / Nummer 1 Januar 2002

12.3 Baubiologie / Nummer 2 / 2003

12.4 Solaragentur Solarpreis 2002

13. Fotogalerie