



Ein Passivhaus nach Schweizer Art

Othmar Humm

Ein Innerschweizer Bauteam generiert aus dem kargen bundesdeutschen Passivhaus-Konzept ein hochkomfortables 8-Familien-Haus. Die Bewohner schätzen es. Das Gebäude ist als Pilot- und Demonstrationsprojekt von EnergieSchweiz anerkannt.

Wohnen im «Wechsel» heisst das Projekt. Das Resultat ist ein qualifizierter Versuch, ökologisches Bauen mit Komfort zu kombinieren.

Ursprünglich wollten die Initianten des Passivhauses «Wechsel» die gesamte Überbauung mit insgesamt 53 Wohnungen in zwölf Bauten mit Energie aus Holz versorgen. Der Nahwärmeverbund kam nicht zustande, doch auf dem Areal ist heute trotzdem eine Holzheizung in Betrieb, wenn auch nur eine «kleine» von 25 kW Nennleistung. Klein und trotzdem zu gross. Denn die

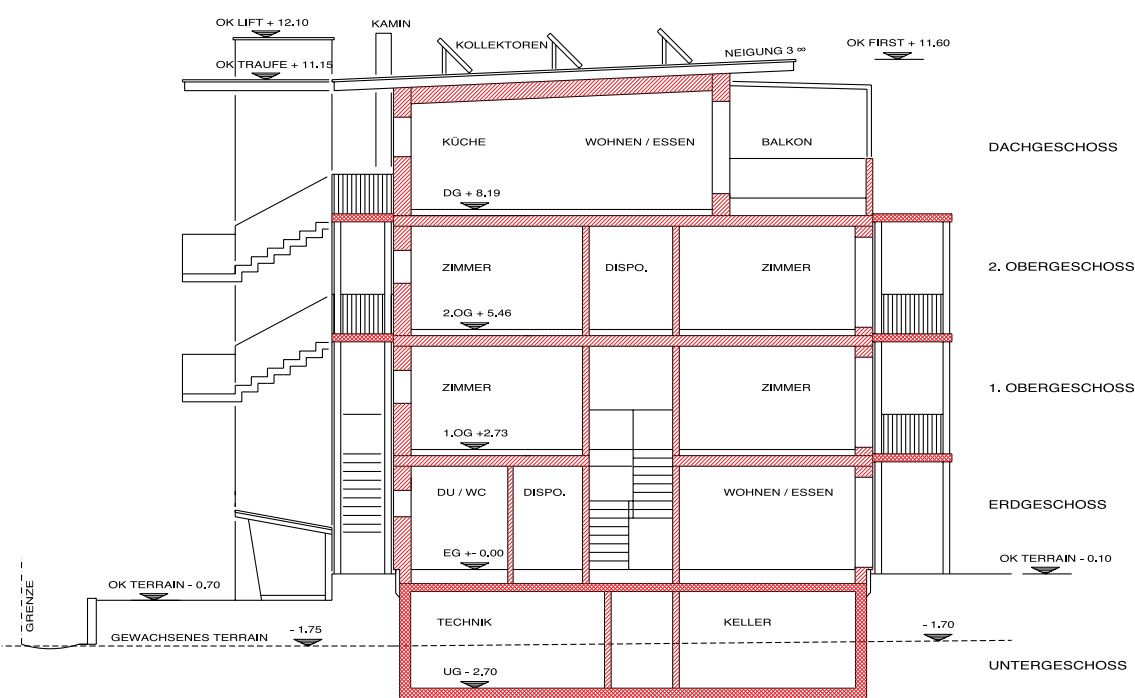
rund 1000 m² Wohnfläche des Passivhauses weisen einen spezifischen Heizleistungsbedarf von 9,6 W/m² aus – 9,6 kW. Das sind Leistungen, wie sie üblicherweise in Einfamilienhäusern installiert sind. Reserven wären nicht nötig, denn für die Wassererwärmung hat es in Passivhäusern ausreichend grosse Zeitfenster, in denen kein Bedarf an Raumwärme besteht.

Das 11 000 m² grosse Areal liegt unweit der S-Bahn-Station Stans. Ein Gestaltungsplan definiert die Baulinien, die Gebäudehöhen und die beiden verkehrsfreien Innenhöfe. Zwölf Mehrfamilienhäuser stellen sich in drei Reihen auf, als wärs eine Parade. Doch die zahlreichen Kinder kümmert das kaum, sie belagern ein «Gemeinschaftshaus» im Zentrum der Siedlung. Die Parkgarage liegt unter dem Areal. Auf den ersten Blick sind keine energierelevanten Unterschiede zwischen den Bauten auszumachen, zwischen dem Passivhaus und den konventionellen Bauten. Das ist offenbar die erste Botschaft: Ein Passivhaus winkt nicht mit den Fensterläden, wenn man vorbei geht. Im Gegenteil, es wirkt in einer überraschenden Weise gewöhnlich. Vielleicht sollten Investoren, zum Beispiel Vertreter von Pensionskassen, in Stans einen Augenschein nehmen.

Mit einem spezifischen Energiewärmebedarf von 14,5 kWh/m²a – das sind 52 MJ/m²a – ist der «Wechsel» ein echtes Passivhaus, und es ist dies auch nach Einschätzung der bislang einzigen Zertifizierungsstelle in Europa, dem Passivhaus-Instituts in Darmstadt. (Dieses Institut ist im Übrigen ein privates Ingenieurbüro – für die Schweiz hofentlich keine Lösung; eine Fachhochschule wäre als Zertifizierungsstelle ideal.) Da sich der PH-Standard auf die Nettowohnfläche bezieht, lässt sich die Energiekennzahl nicht mit EBF-basierten Werten der Schweiz vergleichen. Pro m² Energiebezugsfläche sind es 12,1 kWh (43,6 MJ).

Raumprogramm

Das Haus umfasst vier Wohngeschosse und ein Kellergeschoss. Das um 4 m einspringende oberste Geschoss lässt Raum für eine Terrasse. Im Erdgeschoss und im 1. Obergeschoss liegen vier Maisonettewohnungen mit Flächen von 133 m² bis 152 m² (netto) nebeneinander. Im 3. OG und im (kleineren) Dachgeschoss sind westlich zwei weitere Maisonettes, im östlichen Teil zwei Geschosswohnungen untergebracht. Die Schlafzimmer der unteren und der oberen Doppelgeschosswohnung liegen übereinander. Diese Zonierung nach dem Kriterium des Schallpegels stimmt mit der Lage der grossen Terrasse im obersten Geschoss überein. Der Kubus misst über dem gewachsenen Terrain 31 m in der Länge, 10,9 m in der Tiefe und 11,5 m in der Höhe. Die Erschliessungsbalkone im 3. und 4. OG und der Liftturm auf der Nordseite sowie die Südbalkone sind aus Stahl respektive Stahlbeton gebaut und vom gedämmten Kubus völlig – das heisst statisch und thermisch – getrennt. Das Haus selbst ist, mit Ausnahme des gemauerten Untergeschosses, aus Holzelementen konstruiert. Aus Gründen des Brandschutzes ist die Nordfassade mit Faserzementplatten verkleidet.



Wohnen, schlafen, schlafen,
wohnen: Raumfolge nach
schalltechnischen Kriterien.
Schnitt durch das Gebäude.

	U-Wert	Raumseitige Oberflächentemperatur
Aussenwand	0,13 W/m ² K	19,6 °C
Pultdach	0,11 W/m ² K	19,7 °C
Flachdach (Balkon)	0,12 W/m ² K	19,6 °C
Decke über UG	0,14 W/m ² K	19,7 °C
Fenster, gesamt	0,85 W/m ² K	–
– Verglasung	0,7 W/m ² K	17,0 °C
– Rahmen	1,4 W/m ² K	–

	Spezifische Werte
Transmissionswärmeverluste	34,6 kWh/m ² a
Lüftungswärmeverluste	7,6 kWh/m ² a
Summe der Verluste	42,2 kWh/m ² a
Wärmegewinne (Personen und Geräte)	11,3 kWh/m ² a
Wärmegewinne (direkte Solarenergienutzung)	18,1 kWh/m ² a
Summe Wärmegewinne	29,4 kWh/m ² a
Nutzungsgrad der Wärmegewinne	0,944
Verwertbare Wärmegewinne	27,7 kWh/m ² a
Heizenergiebedarf	14,5 kWh/m ² a
Wassererwärmung	22,0 kWh/m ² a
Wärmebedarf	36,5 kWh/m ² a
Haushaltstrom	15,7 kWh/m ² a
Hilfsstrom (Lift, Pumpen, Steuerungen)	3,1 kWh/m ² a
Deckung des Wärmebedarfes	
Beitrag Holzpelletsheizung (Nutzenergie)	25,5 kWh/m ² a
Beitrag Sonnenkollektoren (Nutzenergie)	11,0 kWh/m ² a

Tabelle 1: U-Werte, Oberflächentemperatur der Bauhülle bei einer Aussentemperatur von –10 °C.

Tabelle 2: Energiebilanzwerte gemäss Berechnungsmodus des Passivhaus-Institutes Darmstadt. Die anrechenbare Energiebezugsfläche (beheizte Nettowohnfläche) beträgt 998 m².

Bauhülle

Mineralwollplatten mit einer Bautiefe von 240 mm bilden den Kern der Aussenwand. Die 60 mm breiten Ständer durchdringen die gesamte Kerndämmung, die beidseitig mit Gipsfaserplatten beplankt ist. Nach aussen schliesst sich ein hinterlüfteter Wetterschutz, nach innen eine zusätzliche Wärmedämmschicht von 60 mm an. Raumseitig ist die Konstruktion mit Gipsfaserplatten abgeschlossen. Im Pultdach sind 320 mm Dämmstoff verbaut, in denen die 60-mm-Sparren mit derselben Bauhöhe liegen. Eine 40-mm-Dämmplatte überdeckt die Sparrenlage. In der Decke über dem UG liegen «nur» 280 mm Dämmstoff. Ebenfalls hohen Ansprüchen genügen die Fenster: 2fach-Verglasung mit Krypton-Füllung in Holzrahmen mit einem g-Wert von 0,5.

Wohnungslüftung

Über das Erdregister gelangt die Aussenluft ins zentrale Lüftungsgerät im Untergeschoss. Auf dem Weg von aussen nach innen durchströmt die Luft vier parallele, 25 m lange Rohre mit einem Durchmesser von 200 mm und danach das 10 m lange Sammelrohr (Durchmesser 400 mm). Unter 0 °C kommt die Luft nie in den Keller, auch wenn es aussen –10 °C kalt ist. Damit ist auch die Vereisungsgefahr am Lüftungsgerät gebannt. Über den Luftfilter der Klasse F7 und das WRG-Element gelangt die Aussenluft in die Zuluftverteilung. Als Rückwärmehzahl des doppelten Plattenwärmetauschers nennt der Lieferant 80 %. Und je 250 W beträgt die maximale elektrische Leistungsaufnahme der beiden Ventilatorantriebe für Zu- und Abluft. Beide Direktantriebe sind intelligent platziert: Der Zuluftventi liegt vor den Wohnräumen, der Abluftventi vor der WRG. Im Sommer lässt sich die WRG über einen Bypass umfahren. Vom Lüftungsgerät strömt die Zuluft mit einer maximalen Luftleistung von 1300 m³/h über die Steigzonen in den Wohnungstrennwänden in die dezentralen Technikräume, in denen die Wohnungsverteiler installiert sind. Diese Kleinstäume dienen vor allem als Reduit oder Stauraum innerhalb der Wohnung. Von da gelangt die Luft durch die Böden in die Schlaf- und Wohnräume (parallel) und von diesen in die Nassräume. Jeder Raum wird über ein separates Rohr mit einem Durchmesser von 52 mm/63 mm versorgt; zum Wohnzimmer führen zwei Rohre. Die typische Luft-rate von 20 m³/h je Raum bedeutet eine Luftgeschwindigkeit von immerhin 2,6 m/s und einen Druckabfall von 3,3 Pa/m. Bei einem Durchsatz von 25 m³/h sind es sogar 3,5 m/s. Die belastete (Ab-)Luft verlässt die Wohnung über Öffnungen in Küche, Bad und WC und strömt zum Lüftungsgerät. Für jede Wohnung ist die Zu- und die Abluft separat geführt. Alle Lüftungsrohre, auch diejenigen des Erdregisters, sind aus Polyäthylen (PE) gefertigt. Installationen im Keller und in den dezentralen Technikräumen sind aus verzinktem Stahl.

Heizung und Wassererwärmung

Holz und Sonne liefern die Wärme für die Raumheizung und das Warmwasser im «Wechsel». Beide Wärmeerzeugungsanlagen arbeiten auf den 4,5-m³-Speicher mit integriertem Warmwasserbehälter (Typ «Rossnagel» mit 300 l). Die 40 m² Sonnenkollektoren liefern rund 30 % des Wärmebedarfes, nämlich 11 000 kWh, der zwischen 9 kW und 25 kW modulierende Holzkessel 26 000 kWh, was 70 % entspricht. Als Kessel- und Gruppenpumpe an der Heizverteilung sind die neuen MC 10 von Biral im



Einsatz, das sind Umwälzpumpen mit stufenloser, elektronischer Drehzahlregulierung. Die Pumpe mit einem (elektrischen) Leistungsbereich zwischen 5 W und 30 W ist – wie das Passivhaus «Wechsel» – ein Pilot- und Demonstrationsprojekt von EnergieSchweiz. Die Innovation aus Münsingen braucht im Vergleich zu einer präzis dimensionierten konventionellen Pumpe rund 4-mal weniger Strom.

Die hydraulische Heizverteilung führt bis in die dezentralen Technikräume, in denen die Nachheizregister im Zuluftkanal installiert sind (je 1,5 kW Heizleistung). Die veranschlagte Temperatur des Vorlaufes beträgt 50°C, jene des Rücklaufes 35°C. An diesem Strang hängt auch der Handtuchradiator im Badezimmer. Sowohl die Bäder als auch die Technikräume sind geschickt positioniert, sodass der Komfort mit geringem Installationsaufwand realisiert werden konnte. Just dieser Radiator ist, wie viele Erfahrungsberichte zeigen, in einem Passivhaus ein brisantes Thema. Die Initianten des PH-Konzeptes postulieren die Luftheizung, um auf die hydraulische Heizverteilung gänzlich zu verzichten und damit Geld zu sparen. Abgesehen davon, dass sich mit einer Luftheizung kein Geld sparen lässt, jedenfalls nicht im «normalen» Passivhaus, hat das Postulat einen eklatanten Komfortnachteil. In Passivhäusern sind Schlafzimmer tendenziell zu warm, die Badezimmer aber zu kalt. Mit einer Luftheizung lässt sich das nicht ausgleichen. Nur allzu häufig kommt dann im Bad ein Elektrostrahler in Betrieb. Das ist in Stans nicht notwendig.

Neugierige statt Vogelgezwitscher!

Für die Bauträgerschaft war das Projekt «Passivhaus» ein Abenteuer, bei aller professionellen Unterstützung durch die Planer. Immerhin sind zehn Befürchtungen respektive Nachteile dokumentiert, die an Bausitzungen wiederholt thematisiert wurden:

- Ist es in den Wohnräumen warm genug?
- Stimmt das Preis-Leistungs-Verhältnis?
- Funktioniert das Passivhaus als Gesamtsystem, lassen sich die einzelnen Systeme koordinieren?
- Das Gebäude ist sehr dicht, hat das Schallbelästigungen zur Folge?
- Ist mit «Kinderkrankheiten» zu rechnen?
- Beeinträchtigen die minimierten Fensterformate auf der Nordseite den Tageslichtkomfort?
- Kein direkter Zugang von der Wohnung zum Untergeschoss.
- In der Wohnung ist kein Holzofen möglich (Luftdichtigkeit).
- Kein Vogelgezwitscher während der Heizsaison aufgrund konsequent geschlossener Fenster.
- Ist mit einem Ansturm von Neugierigen zu rechnen?



	SIA-Norm 380/1	Minergie	Passivhaus
Baukosten BKP2			
– je m³ SIA 116	463 Fr. 100 %	505 Fr. 109 %	530 Fr. 114,5 %
– je m² BGF SIA 416	1928 Fr.	2103 Fr.	2205 Fr.
Betriebskosten	11 576 Fr.	10 923 Fr.	7306 Fr.
davon Holzheizung	11 576 Fr.	6511 Fr.	2894 Fr.
davon systematische			
Lufterneuerung	0 Fr.	4412 Fr.	4412 Fr.

Nordfassade des Passivhauses mit dem Liftturm und den Erschliessungsbalkonen im 3. und 4. OG.

Tabelle 3: Vergleich der Baukosten und der Betriebskosten in Abhängigkeit des Baustandards.

In den Betriebskosten sind die Kosten für Wassererwärmung, Lift und andere Funktionen ausgeklammert, weil diese unabhängig vom Baustandard sind.

Dass Luftheizungen kritisch sind bezüglich Luftvolumen und Lufttemperatur zeigt einmal mehr dieses Beispiel. Bei einem Luftwechsel von 0,48/h – entspricht Stufe 3 der Lüftungsanlage – ist mit maximalen Zulufttemperaturen in den Wohnräumen von 42°C zu rechnen. Bei einem hygienisch determinierten Luftwechsel von 0,3/h müsste die Zuluft mit 62°C geführt werden, was schlecht ist für den Komfort und für die Exergie.

Jährlich einmal fährt der Tanklastwagen vor und bläst sechs Tonnen Pellets in den 9,5 m³ grossen Silo. Von dort treibt ein Schneckenmechanismus die «Holzwürmchen» in den Kessel.

Mit Solarzellen gegen Feuchteschäden

In vielen, wohl in den meisten Passivhäusern liegt der Keller ausserhalb des Dämmperimeters. Risiken für Feuchteschäden sind damit programmiert. Mittels einer Perimeterdämmung liesse sich das Problem lösen oder noch einfacher – mit einer Photovoltaikanlage. Von den Solarzellen mit einer Spitzenleistung von 1,2 kW kommt der Strom, der für die Entfeuchter im Untergeschoss benötigt wird. So bleibt der Keller trocken, und dies erst noch deutlich kostengünstiger als mit einer Dämmung der Räume.

Messen, steuern, regeln, leiten

Lufterneuerung: Über Stufenschalter wählen die Nutzer – separat für jede Wohnung – den Luftwechsel und damit die Aussenluft rate (10%, 50% und 100%). Nach dieser Vorgabe öffnen und schliessen Klappen in den Zu- und Abluftkanälen. Die Klappenstellung wird vom Leitsystem abgefragt, das die Motorantriebe der Ventilatoren über die Frequenz ansteuert.

Heizung: Der Kessel bedient den Speicher mit konstanter Vorlauftemperatur. Die Alimentierung mit Wärme erfolgt in den Rücklauf (mit Hochhaltung).

Wärmeverteilung: Die Vorlauftemperatur ist witterungsgeführt, jedoch höchstens 50°C, die rechnerische Rücklauftemperatur beträgt dann 35°C. Ein Fühler erfasst die Solarstrahlung; bei starker Einstrahlung verschiebt sich die Heizkurve parallel nach unten.

Solarwärme: Die Sonnenkollektoren arbeiten auf den Speicher, wobei wechselweise – je nach Temperatur – der obere oder der untere Wärmetauscher in Betrieb ist.

Simulationen

«Bezüglich Überhitzung ist das Haus unkritisch», heisst es im Bericht über die Raumlufttemperaturberechnungen, «der Grenzwert gemäss SIA 382/3 von 30 Kh wird nicht erreicht.» Was für das Haus als Ganzes gilt, stimmt nicht für einzelne Wohnräume. Im 2. OG, Südostecke, treten während 160 Stunden im Jahr Raumlufttemperaturen von über 26°C auf, das Maximum beträgt 28,9°C. Bei einer Balkontiefe von 1,4 m – statt 1,8 m – sind es gar 225 ungemütliche Stunden (über 26°C), maximal steigt das Thermometer auf 30,1°C. Erst die Sonnenstore am Balkon bringt eine sommerliche Entlastung: In den Räumen wird es nur noch während 41 Stunden wärmer als 26°C; die Temperaturspitze liegt auf 27,3°C. In som-

merlichen Schönwetterperioden verliert ein Passivhaus praktisch keine Wärme, dies zeigen die Simulationen. Einzig die Lüftererneuerung schafft Wärme weg, wenn auch wenig. Gering ist in der Regel auch der Kühlbeitrag eines Erdregisters. Messresultate sind noch keine verfügbar.

Kosten

In Tabelle 3 sind die Bau- und Betriebskosten, geordnet nach Baustandard, aufgelistet. Allein eine grobe Abschätzung zeigt, dass eine 150 m² grosse Doppelgeschosswohnung rund 300 000 Fr. kostet und der Passivhaus-Standard mit etwa 40 000 Fr., der Minergie-Standard mit 25 000 Fr. zu Buche schlägt (Baukosten BKP 2). Mit den teilweise niedrigeren Energiekosten lässt sich das nie und nimmer ausgleichen. Angesichts der Lebensdauer der Primärstruktur lässt sich das sicher rechtfertigen, doch wer den Unterschied klein redet, verkennet die Verhältnisse.

Beteiligte

Bauherrschaft

Einfache Gesellschaft

«Wohnen im Wechsel»

Vertreter: Ruedi Keiser

Energieingenieur HTL/NDS

6005 Luzern

Planung und Projektleitung

Barbos Bauteam GmbH

Generalunternehmung für

Baubiologie und Bauökologie

Beda Bossard

6370 Stans

HL-Planung

Zurfluh Lottenbach

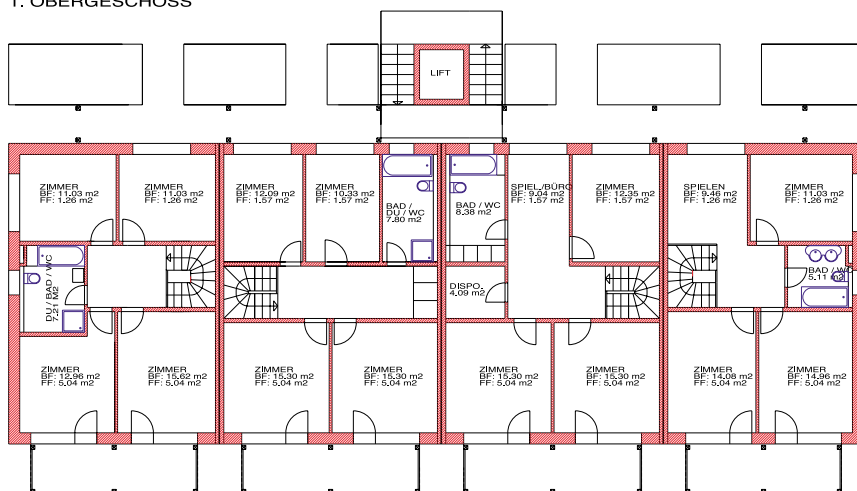
Benno Zurfluh

Dipl. HLK-Ingenieur HTL/NDS

6370 Stans



1. OBERGESCHOSS



ERDGESCHOSS



Energiekonzept, MSRL-Planung

Ruedi Keiser

Energieingenieur HTL/NDS

6005 Luzern

Bauphysik

Martinelli + Menti AG

Thomas Gasser

6045 Meggen

Leittechnik

Siemens Building Technologies AG

6301 Zug

Lage des dezentralen
Technikraumes (Dispo)
innerhalb der Wohnungen
(Grundriss).