



■ Das Prinzip Eisbär ■

Der Schritt zu Minergie-P ■

Konstruktiver Konsens ■ Was

bringt's? ■ Wir sind jetzt im

Take-off ■ Die bessere Hülle ■

www.faktor.ch

2/07
Mai



Minergie-P

20 2/07

Mit einem Mehraufwand von lediglich 3% der Gesamtbaukosten wird Werdwies zu Werdwies-P – wenn von allem Anfang an so geplant.

Othmar Humm

Der Schritt zu Minergie-P

Objekt
Siedlung Werdwies 2007
Bändlistrasse, Grünauring,
8005 Zürich

Bauherrschaft
Stadt Zürich,
Liegenschaftsverwaltung
vertreten durch das Amt für
Hochbauten

Architekt
Adrian Streich, Zürich

Untersuchung Minergie-P
Ragonesi, Strobel & Partner
AG, Luzern
Adrian Streich, Zürich

Nur gut ein Drittel, entsprechend 700 Watt, entfallen in einer 2000-Watt-Gesellschaft auf das Wohnen. In diesem Anteil ist der Aufwand für Erstellung, Betrieb, Erneuerung und Rückbau des Wohngebäudes enthalten. Für Heizung und Lüftung, Kühlung und Wassererwärmung sind also nur knappe Chargen reserviert. Die gängige Antwort auf diese bauliche Herausforderung heisst Minergie-P, eine dem deutschen Passivhaus verwandte Bauweise. Dabei ist eine Frage besonders naheliegend: Wie gross ist der Schritt von Minergie zu Minergie-P? Ist ein derartiger Schritt zumutbar? Für Bauherrschaften, für Baufachleute, für Bewohner? Und schliesslich für die Gesetzgeber, die dereinst verschärfte Bauvorschriften erlassen müssen. Antworten dazu liefert eine Untersuchung, die an einem dem Minergie-Standard entsprechenden Beispiel die konstruktiven, bauphysikalischen und finanziellen Folgen dieses P-Schrittes darstellt.

Kompakte Gebäudeform

Im Frühjahr 2007 sind sie zum Bezug bereit, die 152 Wohnungen der Siedlung Werdwies in Zürich-West. Die sieben achtgeschossigen und unterschiedlich tiefen Kuben reihen sich entlang der Bändlistrasse

Die Bauhülle im Fokus

Die Untersuchung «Massnahmen für den Minergie-P-Standard in der Siedlung Werdwies in Zürich» ist auf die Bauhülle fokussiert. Das heisst: Es geht um die Minimierung der Transmissionswärmeverluste und die Maximierung der solaren Energiegewinne durch Optimierung der Fenster. Alle anderen Faktoren des Energiebedarfes haben die Fachleute neutralisiert. Also keine Modifikationen an der Geometrie des Gebäudes, an der Verschattung (Vordächer, Balkone, seitliche Blenden und Horizont), keine Änderungen in der Haustechnik (Lüftung und Heizung). Deshalb basieren beide Varianten im Vergleich auf dem gleichen thermisch relevanten Aussenluftvolumenstrom von $0,27 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$.

und dem Grünauring; sie bilden dadurch wechselseitig zum Quartier orientierte Aussenräume. Als Referenzgebäude dient das Haus B1, ein «Würfel» mit einer Kantenlänge von rund 25 m. Diese Form ermöglicht eine ausgezeichnete Gebäudehüllzahl von 0,72. Mit $18,7 \text{ kWh/m}^2$ beträgt der Heizwärmebedarf weniger als die Hälfte des Grenzwertes nach SIA 380/1. Damit liegt die Überbauung auch weit unter der Primäranforderung von Minergie.

Die Massnahmen

Alle Änderungen des Bauprojektes zur Erreichung von Minergie-P beschränken sich auf drei Massnahmen an der Bauhülle:

- Verbesserung des U-Wertes von opaken Aussenbauteilen
- Fenster mit 3-fach- statt 2-fach-Verglasungen, bei gleichzeitig möglichst hohem g-Wert (Gesamtenergiedurchlass).
- Optimierung von Bauteilanschlüssen zur Reduktion von Wärmebrücken

Kompensieren ist sinnvoll

Eine moderate Dämmung in Aussenwänden lässt sich mit verbesserten U-Werten in horizontalen Bauteilen kompensieren. In Flachdächern und Böden sollte nach Einschätzung der beteiligten Bauphysiker kompromisslos ein U-Wert von höchstens $0,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ angestrebt werden. Dies braucht nicht das Ziel für ein opakes Aussenwandteil zu sein, denn dadurch sind einfachere konstruktive Lösungen – insbesondere Anschlussdetails am Fenster und am Dach – möglich. Abgesehen davon – schlanke Wände erleichtern die architektonische Gestaltung und verbessert die Tageslichtnutzung. All zu tiefe Fensterleibungen sind denkbar ungünstig. Kompromisse sind dagegen zu prüfen bei Flächen mit geringeren Temperaturdifferenzen, also bei Bauteilen gegen unbeheizt oder gegen Erdrreich.

Minergie-Würfel mit Potenzial: Das zum Referenzobjekt baugleiche Haus B2 in der Siedlung Werdwies.



22 2/07

Wärmebrücken

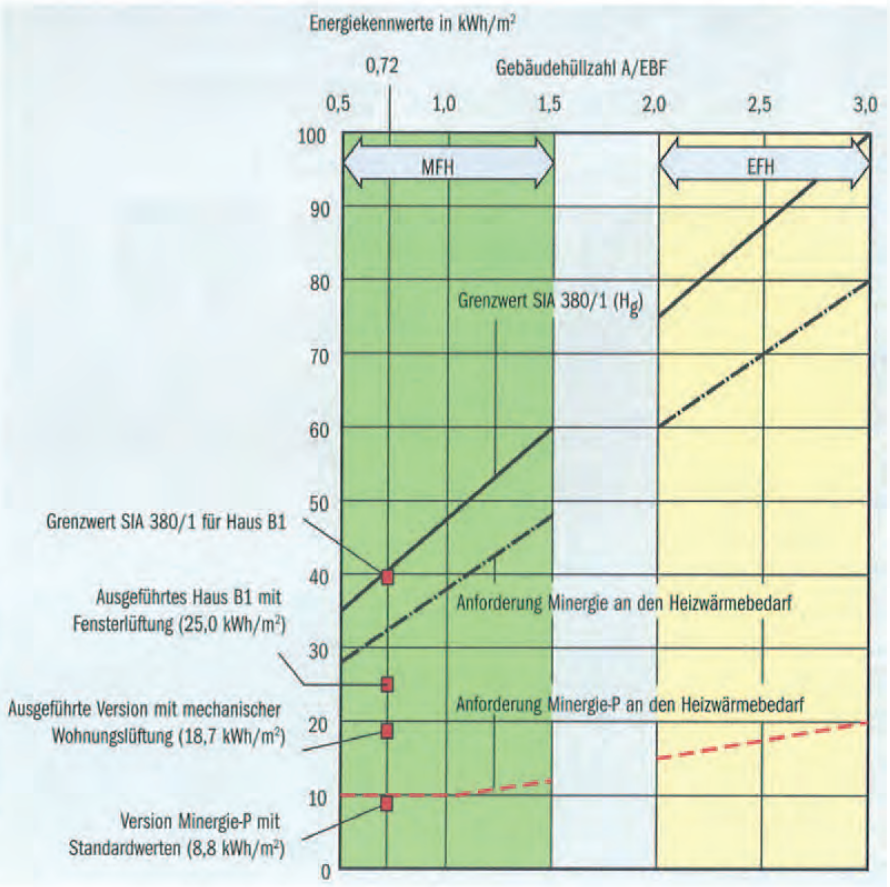
Auf dem baulich-konstruktiven respektive wärmetechnisch-energetischen Niveau von Minergie-P-Bauten kann der Einfluss von Wärmebrücken enorm sein. Diese Verluste mit noch dickeren Dämmschichten in der Fläche zu kompensieren, ist in der Praxis kaum machbar. Die Stossrichtung heisst: Durch geeignete Massnahmen diese Wärmebrückenwirkung so reduzieren, dass die Aussenwände mit moderaten Dämmstärken auskommen. Ein nicht minder wichtiger Punkt sind die Fenster. Auf den – supponierten oder tatsächlichen – Einsatz eines passivhauszertifizierten Fensters kann füglich verzichtet werden. Mit einem guten und vor allem schmalen Rahmen in Kombination mit der bestmöglichen Verglasung ist ein Fenster P-kompatibel. Besonderes Augenmerk gilt dem Randverbund der Verglasung (Kunststoff statt Stahl, Stahl statt Alu). Ergänzend dazu ist auf einen möglichst wärmebrückenfreien Fenstereinbau zu achten. Um den Wärmebrückeneffekt der kraftschlüssig mit der Aussenwand verbundenen Balkonplatten zu reduzieren,

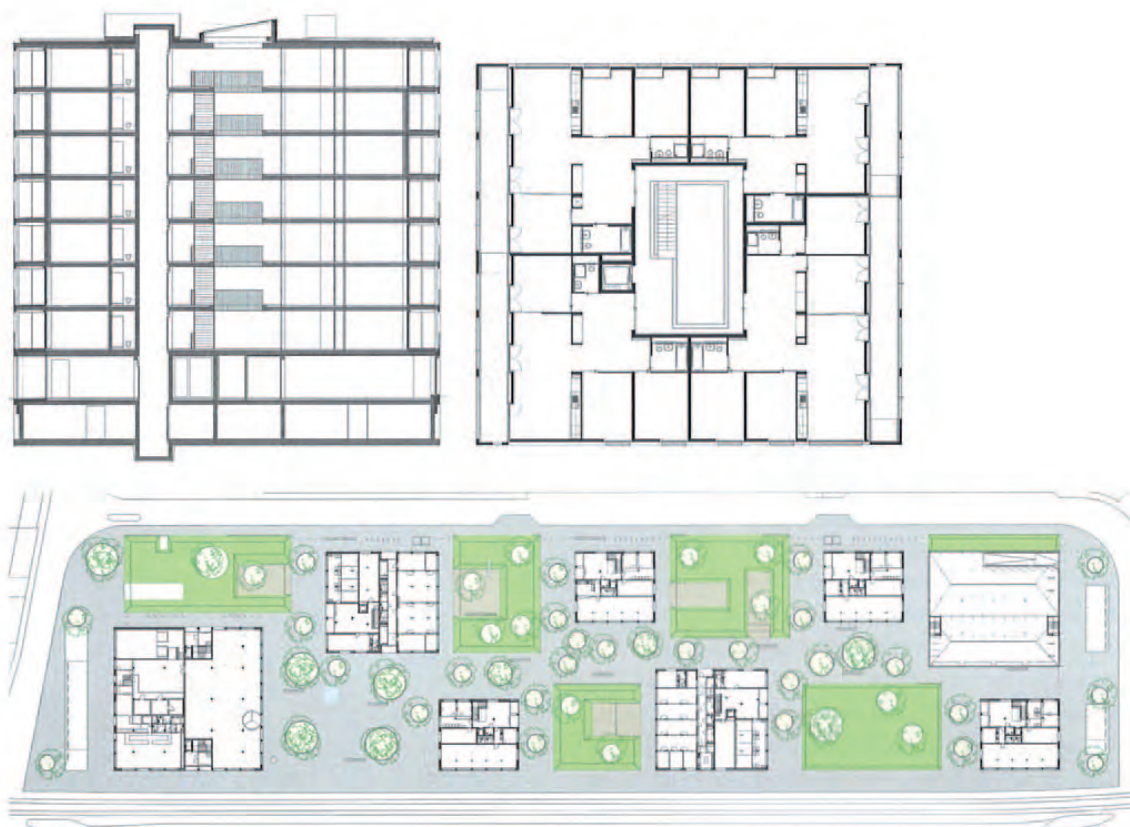
schlagen die Verfasser der Studie eine völlig andere Aufhängung vor. Die Balkone kommen in der Minergie-P-Variante auf separate Stützen zu liegen.
 Fazit: Die eigentliche Optimierungsarbeit ist durch einen sinnvollen Abgleich zwischen den vertikalen und horizontalen Ausenbauteilen einerseits und den Fenstern und Wärmebrücken bei den Anschlussdetails andererseits zu leisten.

Energiebilanz

Die verwertbaren Gewinne aus Solarstrahlung, Elektrizitätsnutzung und Personenabwärme sind mit rund 30 kWh/m² etwa gleich hoch wie die Transmissionsverluste, der Lüftungswärmeverlust entspricht rein zahlenmässig dem Heizwärmebedarf. Vom gesamten Verlust von 37,8 kWh/m² entfallen 22,6 % auf die Lüfterneuerung. In diesem Verhältnis kommt der Formfaktor (oder Gebäudehüllzahl) zum Ausdruck, denn die Transmissionsverluste sind von der Gebäudeoberfläche abhängig, die Lüftungswärmeverluste vom belüfteten Volumen und damit von der Energiebezugsfläche.

Heizwärmebedarf des Gebäudes B1 in Abhängigkeit der Gebäudehüllzahl auf der Basis der SIA-Norm 380/1. Die ausgeführte Variante sowie die berechnete P-Version basieren auf einem thermisch relevanten Aussenluftvolumenstrom von 0,27 m³/m²h. (Für Minergie-P entspricht dies dem Standardwert.)





Sieben Wohngeschosse, Erd- und Kellergeschoss im Haus B1, Längsschnitt. Seitlich des Gebäudes sind die Balkone sichtbar; sie erzwingen für das Upgrade auf Minergie-P eine konstruktive Änderung der Aufhängung der Balkonplatte.

Normalgeschoss im Haus B1, Grundriss.

Zwischen Bändlistrasse und Grünauring: Situation der Siedlung Werdwies in Zürich-West.

Foto links: Auf einem Werdwies-Balkon. (Laurence Bonvin/Umsicht SIA 2006)

24 2/07

Kosten für das Upgrade

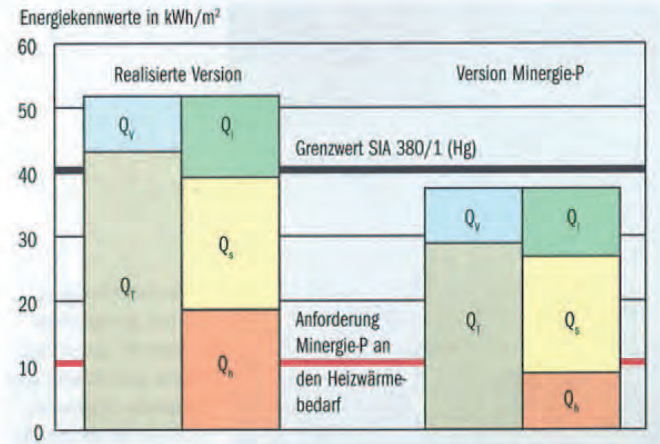
Mit 2,8 % der Gesamtkosten (10,5 Mio. Fr.) respektive 3,6 % der Kosten für das Gebäude (8,1 Mio. Fr., BKP2) schneiden die Grenzkosten zur Erreichung von Minergie-P im Neubau überraschend günstig ab. Der wichtigste Grund für dieses Resultat sind zweifelsohne die sehr guten Voraussetzungen:

- Sehr kompakte Bauform (niedrige Gebäuhüllzahl)
- Sehr gute Wärmedämmung
- Wohnungslüftungsanlagen
- Nicht allzu grosse Wärmebrücken

P-Potenzial

Werdwies ist zweifelsohne für Minergie-P geeignet. Die notwendigen Änderungen sind minimal. Trotzdem zeichnet sich nach Einschätzung des Architekten eine Gefahr ab: Bei Bauaufgaben mit engem Budgetrahmen führen die verschärften energetischen Anforderungen tendenziell zu einer Normierung in Details von Konstruktionen. Das wirkt sich fallweise einschränkend auf die Vielfalt im architektonischen Ausdruck

Energiebilanz nach dem Schema SIA 380/1 für die realisierte und für die optimierte Version nach Minergie-P. Durch die Massnahmen an der Hülle reduziert sich der Transmissionswärmeverlust um 32,6 %, was eine Halbierung des Heizwärmebedarfs Q_h bringt. Unverändert sind der Lüftungswärmeverlust und die internen Wärmege-
winne. Von den Wärmege-
winnen im Minergie-P-Haus sind allerdings deutlich weniger verwertbar, das heisst, der Ausnutzungsgrad für Wärmege-
winne ist kleiner (0,55 statt 0,66).



Energiebilanz

	Minergie-P	Realisierte Variante
Transmissionswärmeverlust (Q_T)	29,2 kWh/m²	43,3 kWh/m²
Lüftungswärmeverlust (Q_V)	8,6 kWh/m²	8,6 kWh/m²
Interne Wärmege- winne (Elektrizität und Personen)	19,2 kWh/m²	19,2 kWh/m²
Solare Wärmege- winne	33,1 kWh/m²	31,1 kWh/m²
h_g Ausnutzungsgrad für Wärmege- winne	0,55	0,66
Heizwärmebedarf		
Rechenwert ($Q_{h,RP}$)	8,9 kWh/m²	18,7 kWh/m²
Grenzwert (H_g)	39,7 kWh/m²	39,7 kWh/m²
Wärmeleistungsbedarf ($q_{h,RP}$)	7,4 W/m²	11,3 W/m²

aus. Für künftige Projekte könnte es durch-
aus sinnvoll sein, die spezifische Eignung
von Objekten für Minergie-P in der Vorstu-
dienphase abzuklären. ■



Die Kosten der Massnahmen

Fenster: 3-fach- statt 2-fach- Verglasung	128 000 Fr.	43,8 %
Aussenwärmedämmung in der Kompaktfassade 26 cm statt 18 cm	74 000 Fr.	25,3 %
Zusätzliche Betonstützen	42 000 Fr.	14,4 %
Dachdämmung, 300 mm EPS statt 220 Steinwolle	11 000 Fr.	3,8 %
Diverse Anpassungen	37 000 Fr.	12,7 %
Total	292 000 Fr.	100 %

Gebäudedaten

Energiebezugsfläche (unkorrigiert) EBF_0	4632,2 m²
Energiebezugsfläche (korrigiert) EBF	4664,1 m²
Gebäudehüllzahl	0,72
Gebäudehüllfläche (unkorrigiert)	3335,5 m²
Anteil Fenster und Türen an der Gebäu- dehüllfläche	31 %
Thermisch wirksamer Aussenluft-Volumenstrom (V_m)	
mit Minergie-P-Werten (Standard)	0,27 m³/hm²
mit effektiven Werten	0,27 m³/hm²

Heizwärmebedarf

Grenzwert SIA 380/1 (H_g)	39,7 kWh/m²
Minergie-P-Anforderung	0,2 H_g re- spektive 10 kWh/m²
Minergie-P mit Standardwerten	8,9 kWh/m²
Ausgeführte Version (Minergie)	
mit Fensterlüftung	25,0 kWh/m²
mit V_m 0,27	18,7 kWh/m²

Transmissionsverluste

(29,2 kWh/m²)	
gegen aussen	19,0 %
gegen Erdreich	2,1 %
gegen unbeheizt	10,4 %
Fenster und Türen	54,6 %
Wärmebrücken	13,9 %