



# HAUSTECHNIK - KOMPAKTGERÄTE

## ERKENNTNISSE AUS DER PRAXIS

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Werner Hässig, Dominique Helfenfinger, Patrick Keller
beauftragte Institution	hässig sustech GmbH
Adresse	Weiherallee 11a, 8610 Uster
Telefon, E-mail, Internetadresse	044 940 74 15, <a href="mailto:haessig@sustech.ch">haessig@sustech.ch</a> , <a href="http://www.sustech.ch">www.sustech.ch</a>
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101714
BFE-Projektleiter	Ch. Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	Oktober 2007 bis März 2009
Datum	21.11.2008

### ZUSAMMENFASSUNG

MINERGIE-P® - Bauten haben nur noch einen sehr kleinen Heizleistungsbedarf (ca. 10-15 W/m<sup>2</sup>) und dadurch kann zur Erfüllung der Funktionen Heizen, Lüften und Warmwasser eine neue Technologie eingesetzt werden: Haustechnik-Kompaktgeräte. Der kleine Heizbedarf ermöglicht eine Wärmeverteilung über die Zuluft. Das gesamte hydraulische Heizsystem kann somit entfallen und dies führt zu namhaften Kosteneinsparungen.

In diesem Projekt wurden bei drei Mehrfamilienhäusern untersucht inwieweit der praktische Betrieb den Planungswerten entspricht und welche Rückschlüsse für die weitere Planung solcher Anlagen und auch für die Nachweisführung MINERGIE-P zu beachten sind.

Während eines ganzen Jahres wurden in insgesamt acht Wohnungen Energieverbrauch für Kompaktgerät und Zusatzheizungen sowie Komfortparameter erfasst und ausgewertet.

Die Auswertungen sind bei zwei Gebäuden weitgehend abgeschlossen. Im Dritten wird noch bis Mitte Februar 2009 gemessen. Im Hinblick auf technische Verbesserungen wurden für Gerätehersteller wertvolle Erkenntnisse erarbeitet.

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass Raumtemperaturen und Luftqualität sowie auch Warmwasserverfügbarkeit sich in einem durchwegs komfortablen Bereich bewegen. Es zeichnet sich ab, dass die von MINERGIE-P verlangten Energie-Verbrauchszahlen weitgehend eingehalten sind. Bei stark erhöhten Raumtemperaturen (23°, 24° und mehr) steigt der Stromverbrauch der Geräte sehr stark an. Die Räume werden im Allgemeinen mit Raumlufttemperaturen von 21° bis über 23° bewohnt. Die Temperaturen sind ausgesprochen gleichmässig. Bei den Raumluftfeuchtigkeiten sind während den kältesten vier Monaten 15 bis 30% der Messwerte (15-Min-Intervalle) in einem eher zu trockenen Bereich (20-30% r.F.). Die Luftqualitäten (CO<sub>2</sub>-Konzentrationen) sind mit meistens unter 1000 ppm in sehr guten Bereichen.

## Projektziele

Im Einzelnen werden folgende Ziele verfolgt:

- Erkenntnisse aus dem Betrieb der ersten grösseren MINERGIE-P® Gebäude (MFH) ohne hydraulische Heizung
- Messergebnisse zu Komfortparameter mit realen Benutzern
- Messergebnisse zu den Geräteparametern zum tatsächlichen Betrieb
- Basisdaten für MINERGIE-P® - Nachweise
- Lehren für die Planung

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die effektiven Betriebszustände einer Haustechnikanlage sind in hochwärmegedämmten Gebäuden sehr stark von der Einbausituation und von der Nutzung der Räume abhängig. Diese Beobachtung ist bereits vielen Planern und Benutzern von Passivhäusern und MINERGIE-P® Objekten bekannt. Das Nutzerverhalten bezüglich Aktivitäten (viel Kochen, Hausarbeit, spielende Kinder, etc.), Anzahl anwesender Personen, Elektrizitätsverbrauch von Geräten (Abwärmen), Nutzung passiver Sonnenenergie (Handhabung der Storen) und Fensterlüftungsverhalten haben einen viel grösseren Einfluss als bei konventionellen Gebäuden. Insbesondere kann es auch häufiger zu Überhitzungssituationen kommen. Einige dieser Einflüsse können messtechnisch praktisch nur sehr grob erfasst werden (z.B. passive Sonnenenergie/Beschattung, Fenster-/Türöffnungen, Personenpräsenzen und deren Aktivitäten). Deshalb wurden in acht Wohnungen primär die einfachen Messparameter parallel (gleichzeitig) ermittelt und so unterschiedliche Nutzungssituationen indirekt abgebildet. Die Nutzung selbst wird über Personenpräsenz, Stromverbrauch, Warmwasserverbrauch und Raumtemperaturen erfasst.

Das Messprogramm wurde auf die Kompaktgeräte der Firmen Viessmann und Nilan ausgerichtet. Die Geräte der Firma Drexel&Weiss der Gasser Passivhaustechnik wurden erst im Verlauf des Messprojektes integriert. Deshalb laufen die Messungen bezüglich Objekt 3 zeitverschoben von Februar 2008 bis Februar 2009.

## Ergebnisse

### KOMFORT

Da in Kürze der Schlussbericht publiziert wird, beschränken wir uns hier auf ein paar wenige herausgepickte Ergebnisse.

Untersucht wurden über das ganze Jahr die Raumlufttemperatur, die relative Raumluftfeuchtigkeit, sowie punktuell der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumluft. Die Raumlufttemperaturen- und Feuchtigkeit wurden je für Winter und Sommer separat ausgewertet.

Die Raumlufttemperaturen liegen in allen drei Objekten stets in einem äusserst angenehmen Bereich. Unangenehm tiefe Raumlufttemperaturen sind selbst während den kältesten Wintertagen keine aufgetreten. Tendenziell lag die Raumlufttemperatur eher etwas zu hoch, was aber im Winter vor allem auf die Nutzerbedürfnisse zurückzuführen ist. Trotz der eher hoch eingestellten Raumtemperaturen kommt es in einigen Fällen selbst im Winter zu zu hohen Temperaturen.

Die Auswertung der Messungen über die relative Raumluftfeuchtigkeit liefert in einigen Fällen doch etwas weniger gute Resultate. In allen drei Objekten war die Luft immer wieder zu trocken. Bei den Raumluftfeuchtigkeiten sind während den kältesten vier Monaten 15 bis 30% der Messwerte (15-Min-Intervalle) in einem eher zu trockenen Bereich (20-30% r.F.). Am extremsten wurde dieser Umstand in Objekt 3 beobachtet. Grund dafür ist vor allem die Tatsache, dass die Luftvolumenströme nicht der Personenbelegung angepasst wurden (Austrocknung durch Überlüften). Diese Situationen sind bei allen aktiv belüfteten Gebäuden immer wieder beobachtet worden und können daher als nicht „Kompakthaustechnik“-spezifisch bezeichnet werden.

Die Analyse der CO<sub>2</sub>-Messungen fällt dagegen wieder sehr positiv aus. Auch bei hoher Personenpräsenz konnte durch die Komfortlüftung in den untersuchten Räumen eine gute Luftqualität gewährleistet werden.

## ENERGIEVERBRAUCH

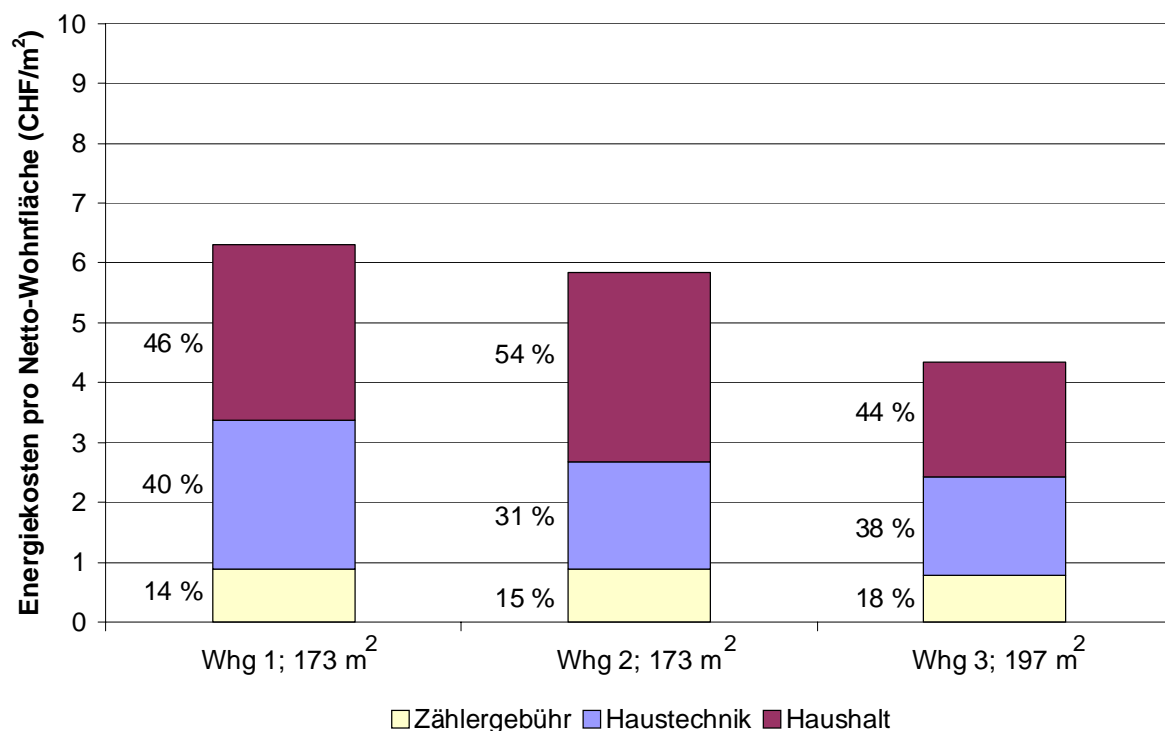
Die nachfolgende Tabelle zeigt zusammenfassend den Vergleich zwischen dem IST-Verbrauch, den Planungswerten und den MINERGIE-Anforderungen. In Objekt 1 sind die Werte mehr oder wenig deutlich überschritten, in Objekt 2 ziemlich genau eingehalten und in Objekt 3 vermutlich unterschritten (noch nicht abgeschlossen).

**TABELLE 1** VERGLEICH DER ENERGIEKENNZAHLEN ZWISCHEN DEN PLANUNGS-, IST- UND MINERGIE-P-ANFORDERUNGSWERTEN VON **OBJEKT 2** (MITTELWERTE DER GEMESSENEN WOHNUNGEN)

	Einheit	Planung	Ist	Anforderung
Heizwärmebedarf-MP	kWh/m <sup>2</sup>	10.8	6.9	11.4
Energiekennzahl Wärme	kWh/m <sup>2</sup>	28.6	31.4	30.0
Drucktest-Ergebnis	h <sup>-1</sup>	< 0.60	0.42	0.60
Haushaltsgeräte Effizienzkl. A/A <sup>+</sup>	-	Ja	Ja	Ja
Raumlufttemperatur (Winter)	°C	20	22.3	-
Warmwassertemperatur	°C	60	47.6	-
Personenbelegung	Pers	-	3 / 3 / 6	-
Zuluftvolumenstrom pro Person	m <sup>3</sup> /(h*Pers)	-	37	30

Erfreulich sind die insgesamt sehr tiefen Stromkosten für die Wohnungen. Von CHF 4.30 bis 8.60 pro Quadratmeter und Jahr reicht das Spektrum. Die Kosten für die Haustechnik allein (Lüften, Heizen und Warmwasser, evtl Kühlen) betrugen CHF/m<sup>2</sup> 1.50 bis 3.30 im Jahr (vgl. Figur 1).

**FIGUR 1** SPEZIFISCHE ENERGIEKOSTEN PRO M<sup>2</sup> NETTO-WOHNFLÄCHE FÜR DAS GESAMTE JAHR (1. OKTOBER 2007 BIS 30. SEPTEMBER 2008) IN DEN DREI WOHNUNGEN VON OBJEKT 2



## Nationale Zusammenarbeit

Dieses Projekt ist ein gemeinsam getragenes Projekt zwischen Industrie (Firmen Satag Thermotechnik AG, Gasser Baumaterialien AG), Dienstleistungen (Firmen Credit Suisse, hässig sustech gmbh) und Fachhochschulen (HSLU und FHNW). Von der Finanzierung her leistet der AXPO Naturstromfonds einen Grossteil der Projektbeiträge. Der energie-cluster.ch hat sich zudem bereit erklärt das Projekt zu kommunizieren.

## Internationale Zusammenarbeit

Die Ergebnisse sollen nach Möglichkeit im Rahmen der Passivhaustagung im 2009 oder 2010 in Deutschland kommuniziert werden.

## Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Die Arbeiten verliefen weitgehend planmässig, abgesehen vom Ausfall einiger Messfühler während beschränkten Zeiträumen. Der Ermittlung von Kennzahlen und dem Vergleich mit Werten aus der Literatur sind enge Grenzen gesetzt. In realen Umgebungen sind die Messergebnisse immer auch von unterschiedlichen Randbedingungen beeinflusst, welche Vergleiche sehr schwierig machen. Es braucht also immer auch Interpretation.

Anfangs 2009 werden nun die Messungen sowie Auswertungen abgeschlossen. Die Folgerungen inbezug auf die Zielsetzungen sind noch zu ziehen. Der Projektabschluss ist für Ende März 2009 vorgesehen.

## Referenzen

- Menti, U.-P., Tschui, A., Schnyder, P., MINERGIE-P und Passivhaus, Luftheizung und andere Wärmeverteilungssysteme, Hochschule für Technik + Architektur Luzern, 2006
- Bühning, A., Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Einsatz von Lüftungs-Kompaktgeräten mit integrierter Kompressionswärmepumpe, technische Universität Hamburg-Harburg, 2001
- Huber, A., Widmer, P., Kostengünstige Wärmepumpenheizung für Niedrigenergiehäuser - Technisches Handbuch: Grundlagen, Planungsvorgehen und Praxisbeispiele, Fachhochschule beider Basel (FHBB), im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2000
- Afjei, T., Calculation method for the seasonal performance of heat pump compact units and validation, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland, University of Applied Sciences Lucerne HTA, in charge of Swiss Federal Office of Energy, 2007
- Binz, A., MINERGIE-P MFH Eichgut Winterthur - Die Gebäudehülle als Erfolgsfaktor für MINERGIE-P-Bauten, 2007, [www.minergie.ch](http://www.minergie.ch)
- Hässig, W., Warum nach MINERGIE-P bauen? - Erste Erfahrungen eines Planers und Bauherren am gebauten Beispiel, 2006
- Balzer Ingenieure AG, MINERGIE-P Mehrfamilienhaus, Chur, 2007, [www.balzer-ingenieure.ch](http://www.balzer-ingenieure.ch)
- Geschäftsstelle MINERGIE, MINERGIE-P Mehrfamilienhaus Eichgut in Winterthur, 2006
- Nilan AG, Energetische Revolution in Richtung Minergie P - mit 90 Stück dezentralen Nilan VP18-10P die für Lüftung, Luftheizung und BWW-Produktion sorgen, [www.nilan.ch](http://www.nilan.ch)

## Anhang

### Systemnutzungsgrad

(Nutzwärme für WW+Heizung+Lüftung (inkl. EWT)+Wärmeverluste gegen Umgebung zu aufgewendeter Energie für Solar+WP+Lüftung+Elektroheizung+Nebenaggregate+Zusatzheizung)

$$SNG = \frac{Q_w + Q_v + Q_{hr}}{E_{KG} + Q_{ZH}}$$

$Q_w$	Nutzenergie Warmwasser
$Q_v$	Nutzenergie Lüftung inkl. EWT
$Q_{hr}$	Wärmeverluste Kompaktgerät gegen Umgebung
$Q_{ZH}$	el. Energiebezug Zusatzheizung (z.B. Elektroöfen, Holzöfen)
$E_{KG}$	el. Energiebezug Kompaktlüftungsgerät (ER 601)

### Wärmeerzeugungsgrad Kompaktgerät

(Nutzwärme für WW+Heizung (ohne EWT+ohne WRG)+Wärmeverluste gegen Umgebung zu aufgewendeter Energie für Solar+WP+Elektroheizung+Nebenaggregate)

$$WNG_{KG-WP} = \frac{Q_w + Q_{h-WP} + Q_{hr}}{E_{KG-WP}}$$

$Q_w$	Nutzenergie Warmwasser
$Q_{h-WP}$	Nutzenergie Heizung, Kriterium für Heizfall: $t_{ZUL} > t_{ABL}$
$Q_{hr}$	Wärmeverluste Kompaktgerät gegen Umgebung (Prüfstandsgrösse, fix)
$E_{KG-WP}$	el. Energiebezug Kompaktlüftungsgerät ohne el. Energiebez für Lüftung (ER 501)

### Nutzungsgrad Kompaktgerät/Wärmepumpe

(Nutzwärme für WW+Heizung+Lüftung (ohne EWT)+Wärmeverluste gegen Umgebung zu aufgewendeter Energie für Solar+WP+Lüftung+Elektroheizung+Nebenaggregate)

$$WNG_{KG} = \frac{Q_w + Q_{v-KG} + Q_{hr}}{E_{KG}}$$

$Q_w$	Nutzenergie Warmwasser
$Q_{v-KG}$	Nutzenergie Lüftung ohne EWT
$Q_{hr}$	Wärmeverluste Kompaktgerät gegen Umgebung (Prüfstandsgrösse, fix)
$E_{KG}$	el. Energiebezug Kompaktlüftungsgerät (ER 601)

### Strombedarf für Lüftung

$$E_{v\_VE} = t_{v\_VE} \cdot P_{v\_VE}$$

$t_{v\_VE}$	Laufzeit Ventilatoren Lüftung
$P_{v\_VE}$	el. Leistungsaufnahme Ventilatoren Lüftung

### Heizenergie Elektroheizung

$$Q_{h\_EH} = t_{h\_EH} \cdot P_{h\_EH}$$

$t_{h\_EH}$	Laufzeit Elektroheizung
$P_{h\_EH}$	el. Leistungsaufnahme Elektroheizung

#### Nutzenergie Warmwasser

$$Q_w = V_{w\_WW} * \rho_{w\_WW} * c_{p_w} (t_{w\_WW}) * (t_{w\_WW} - t_{w\_KW})$$

$V_{w\_WW}$  Durchfluss Warmwasser (FR 303)

$t_{w\_WW}$  Temperatur Warmwasser (TR 302)

$t_{w\_KW}$  Temperatur Kaltwasser (TR 301)

$\rho_{w\_WW}$  Dichte Warmwasser

$c_{p_w}$  spez. Wärmekapazität Warmwasser

#### Nutzenergie Lüftung, inkl. EWT (Effektiver Heizwärmebedarf)

$$Q_v = H_{v\_ZUL} - H_{v\_geb\_AUL}$$

$H_{v\_ZUL}$  Enthalpiestrom Zuluft

$H_{v\_geb\_AUL}$  Enthalpiestrom Aussenluft vor EWT

#### Nutzenergie Lüftung, ohne EWT

$$Q_h = H_{v\_ZUL} - H_{v\_AUL}$$

$H_{v\_ZUL}$  Enthalpiestrom Zuluft

$H_{v\_AUL}$  Enthalpiestrom Aussenluft vor Kompaktgerät

#### Nutzenergie Heizung (ohne Beitrag WRG)

$$Q_{h\_WP} = H_{v\_ZUL} - H_{v\_ZUL\_WRG}$$

$H_{v\_ZUL}$  Enthalpiestrom Zuluft

$H_{v\_AUL}$  Enthalpiestrom Zuluft nach WRG