

Jahresbericht 2002

# Niedrigenergiehaus Erlenbach

Autor und Koautor	Thomas Nordmann, Luzi Clavadetscher
beauftragte Institution	TNC Consulting AG
Adresse	Seestrasse 141 - CH 8703 - Erlenbach
E-mail, Internetadresse	mail@tnc.ch, www.tnc.ch
BFE Vertrags-Nummer	75'964
Dauer des Projekts (von – bis)	Feb. 2000 - bis Juli 2001 ; verlängert

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Energiekennwerte des Niedrigenergie- (MINERGIE) Einfamilienhaus Nordmann in Erlenbach mit kontrollierter Wohnungslüftung/-heizung, sowie thermischer- und photovoltaischer Solarenergienutzung werden messtechnisch überprüft.

Die gemessene thermische Energiekennzahl ohne Berücksichtigung der elektrischen Gewinne ist mit 78.4 kWh/m<sup>2</sup>a (282 MJ/m<sup>2</sup>a) um einen Faktor 1.9 höher als erwartet (42.1 kWh/m<sup>2</sup>a oder 152 MJ/m<sup>2</sup>a )

Die im Jahre 2001 durchgeführten Massnahmen erbrachten eine Reduktion des Heizenergiebedarfs um etwa 6%. Zusätzliche Massnahmen sollen den Bedarf weiter senken. Es ist aber nicht zu erwarten, dass die vorausgesagte Energiekennzahl von 137 MJ/m<sup>2</sup>a erreicht wird.

## Projektziele

Die Energiebilanz des Minergie-Gebäudes soll messtechnisch überprüft werden und die haustechnischen Anlagen mit Luftheizung und Wärmerückgewinnung kontrolliert werden.

Das untersuchte Gebäude ist ein Einfamilienhaus, Baujahr 1999, in Erlenbach, EBF = 266.5 m<sup>2</sup>. Das Mauerwerk besteht aus 49.5 cm porosiertem Backstein, U-Wert = 0.22 W/m<sup>2</sup>K. Die Fenster sind aus Holz mit Flügelverkleidungen aus Metall und einer 3-fach Verglasung, U-Wert = 0.7 W/m<sup>2</sup>K. Die Flachdächer sind Verbundkonstruktionen mit einem zusätzlichen Umkehrdach, U-Wert = 0.15 W/m<sup>2</sup>K. Zur Wärmeerzeugung werden 10 m<sup>2</sup> Röhren-Kollektoren und ein Propan Kondensations-Brenner eingesetzt. Eine Warmluftheizung mit Wärmerückgewinnung sorgt für die Wärmeverteilung und Belüftung. Zusätzlich ist an der Süd-Ost Fassade eine 2 kWp Photovoltaik Anlage installiert.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Die Berechnungen für den Energiebedarf und den Minergie Nachweis wurden anhand der Gebäudedaten vom Energieberater durchgeführt.

Erfassung der Energien der hydraulischen Kreisläufe: Solar Thermisch, Heizung und Warmwasser, relevante Temperaturen sowie Statussignale der Pumpen und Ventile und den elektrischen Ertrag der Photovoltaik Anlage. Alle Werte werden von einem elektronischen Datenlogger im Minutentakt abgefragt und als Stundenmittelwerte resp. -summen gespeichert. Zudem werden die Wandtemperaturen in allen vier Aussenwänden mit je sechs Fühler erfasst.

Es liegen Messdaten von Juni 2000 bis November 2002 vor.

### Messresultate

#### Heizperiode 2000/01

Die gemessene mit den Wärmetauscher der Temo Vex Einheit abgegebene Energie ist mit 61.5 kWh/m<sup>2</sup>a (221 MJ/m<sup>2</sup>a) das ist etwa 67 % höher als erwartet. Die abgegebene Energie für das Warmwasser ist mit 19.2 kWh/m<sup>2</sup>a (69 MJ/m<sup>2</sup>a) rund 13 % höher (Tabelle 1).

Die gemessene vom Gebäude benötigte thermische Energie vom Juni 2000 bis Mai 2001, ist um ein Faktor von 1.5 höher als erwartet (Tabelle 1).

Die gemessene thermische Energiekennzahl ohne Berücksichtigung der elektrischen Gewinne ist mit 78.4 kWh/m<sup>2</sup> a (282 MJ/m<sup>2</sup>a) um einen Faktor 1.86 höher als erwartet (42.1 kWh/m<sup>2</sup>a oder 152 MJ/m<sup>2</sup>a, (Tabelle 1).

#### Solaranlage

Die thermische Solar-Anlage erzielte einen Bruttoertrag von 501 kWh/m<sup>2</sup>a und Nettoertrag von 347 kWh/m<sup>2</sup>a. Diese Werte sind etwas tiefer als erwartet (Bruttoertrag = 558 kWh/m<sup>2</sup>a).

#### Photovoltaikanlage

Die PV-Fassadenanlage erreichte einen spezifischen Jahresertrag von 571 kWh/kWp. Dieser Ertrag ist etwas tiefer als die erwarteten 620 kWh/kWp.

#### Mehrverbrauch

Verschiedene, bei der Berechnung der Energiekennzahl nicht vollständig berücksichtigte Faktoren könnten zu diesem Mehrverbrauch beitragen:

- Bauaustrocknung
- Benutzerverhalten
- höhere Transmissionsverluste

- zu hohe Luftwechselrate
- ungenügende Nachtabsenkung
- ungenügende Wärmerückgewinnung
- nicht optimale Speicherbewirtschaftung
- höhere Speicherverluste
- Nichtberücksichtigung der Überschusswärme im Sommer
- schlechtes Zusammenwirken der verschiedenen Regel- und Steuereinheiten

Um den gewünschten Komfort im ganzen Gebäude zu erreichen, musste die Vorlauftemperatur des Heizkreislaufs relativ hoch eingestellt werden. Die Energiezufuhr zu dem vom Wärmeverteiler am weitesten entfernten Dachraum, mit fünf Aussenflächen, ist nicht optimal.

Jahreswerte		Messung 2000/01 MJ / m <sup>2</sup>	Faktor zu Minergie Nachweis	Messung 2001/02 MJ / m <sup>2</sup>	Faktor zu 2000/01	Minergie Nachweis MJ / m <sup>2</sup>
Energie Entnahme	Heizung	221.4	1.67	218.1	0.99	132.8
	Warmwasser	69.2		65.5		61.2
	Total	290.7	1.50	283.6	0.98	194.0
	Ertrag Solar	48.8	0.74	58.4	1.20	65.5
	Anteil	17%		21%		34%
Energiebedarf	Total thermisch	241.9	1.88	225.2	0.93	128.9
	Nutzungsgrad	86%		86%		85%
Endenergieverbrauch		282.4	1.86	263.2	0.93	151.6
	Gewinn elektrisch (20%)	18.3		19.0		14.4
<b>Energiekennzahl</b>		<b>264.1</b>	<b>1.95</b>	<b>244.3</b>	<b>0.93</b>	<b>137.2</b>
Elektrisch		2000/01 kWh		2001/02 kWh		Voraussage kWh
	Verbrauch	6'782	1.19	7'018	1.23	5'700
	PV-Produktion	1'166	0.92	1'293	1.02	1'268
	Anteil	17%		18%		22%

Tabelle 1: Die gemessenen Werte der Jahre (Juni bis Mai) 2000/01 und 2001/02 im Vergleich zum Minergie Nachweis.

### Durchgeführte Massnahmen

- Weiterführung der Messkampagne zur Überprüfung der laufenden Verbesserungen an der Anlage
- Optimierung der Heizkennlinie am Kessel/Brenner
- Verbesserungen am Speicherladekreis (ungewollte Zirkulation unterbinden um Durchmischung zu verhindern)
- Funktionsprüfung der Temo Vex (Wärmerückgewinnung) Einheit durch den Lieferanten

Die Funktionsprüfung an den Einstellungen der Temo Vex Einheit ergab, dass die Beschilderung des Umschalters Sommer- / Winterbetrieb falsch war und somit während der Heizperiode zuviel Aussenluft beigemischt wurde. Es wurde erwartet, dass durch den richtigen Betrieb der Energiebedarf des Gebäudes gesenkt werden könnte.

Heizperiode 2001/02

Wie aus *Tabelle 1* ersichtlich, ist die absolute Energieentnahme des Jahres 2001/02 (Juni 01 - Mai 02) um 2% kleiner als im Vorjahr. *Tabelle 2* zeigt ein Vergleich der des Energiebedarfs und der Energieproduktion während der Heizperioden 2000/01 und 2001/02. Die relative Entnahme ist nach *Tabelle 2* um 3% kleiner. Der relative Energiebedarf ist um etwa 7% geringer. Da die oben erwähnten Massnahmen erst im Dezember 2001 abgeschlossen wurden, ist anzunehmen, dass der spezifische Jahresverbrauch nach den Verbesserungen um etwa 6% tiefer ist.

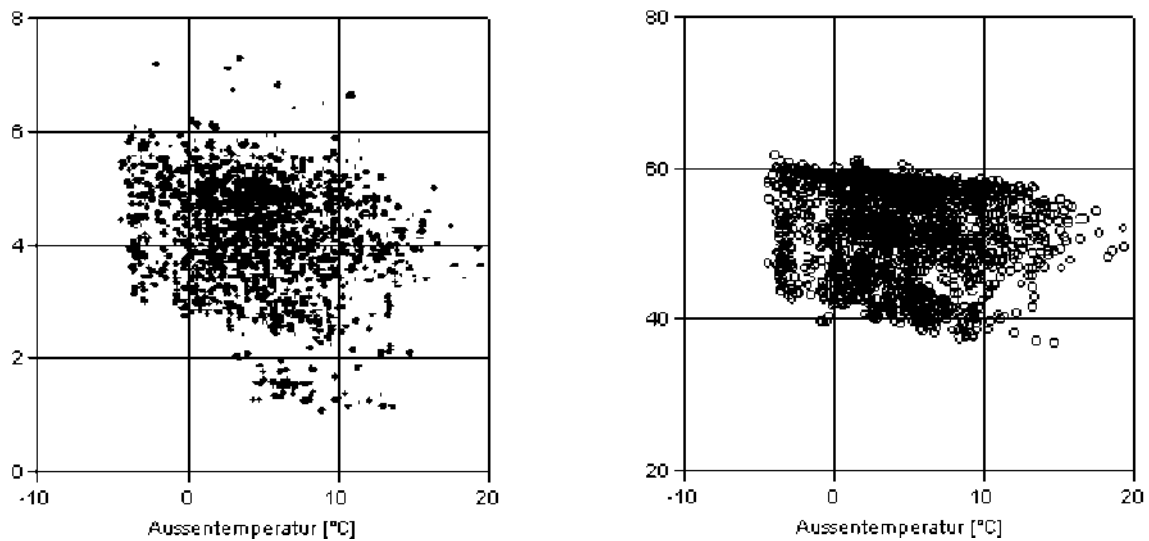
Heizperiode		Winter 2000/01	Winter 2001/02	Vergleich	
Meteo	Stunden	h 4'368	4'368		
	Stunden Daten	h 3'808	3'372		
	Datenverfügbarkeit*	87%	77%		
Meteo	Globalstrahlung				
	Einstrahlung Kollektoren	kW h/m <sup>2</sup> 318	411		
	Einstrahlung PV Anlage	kW h/m <sup>2</sup> 265	340		
	Aussentemperatur	°C 6.0	5.4		
Lüftungsgradstunden 24h 20°/20°		Gh 61'198	63'614	103.9%	
Energie Entnahme					
	Heizung	kW h 14'272	14'344		
	Warmwasser	kW h 2'770	2'706		
	Total thermisch	17'042	17'049		
	Kochen	kW h 148	155		
	Elektrisch	kW h 4'244	4'243		
	Total	kW h 21'434	21'447		
	Anteil Solar thermisch	6%	9%		
	Ertrag Solar thermisch	kW h 1'077	1'493		
	Anteil Solar elektrisch	10%	12%		
Spezifische Entnahme Heizung		kW h/Gh 0.233	0.225	96.7%	
Energiebedarf					
	Total thermisch	kW h 15'965	15'556		
	Elektrisch und Kochen	kW h 3'989	3'876		
	Total	kW h 19'954	19'432		
Spezifischer Bedarf thermisch		kW h/Gh 0.261	0.245	93.7%	
Endenergieverbrauch					
	Gas total	kW h 18'385	17'592		
	Elektrisch	kW h 3'841	3'721		
	Total	kW h 22'226	21'313		
Spezifischer Gasbedarf Heizung		kW h/Gh 0.298	0.274	92.0%	

Tabelle 2: Vergleich Energiebedarf und Produktion der Heizperioden (Okt.- März) 2000/01 und 2001/02.

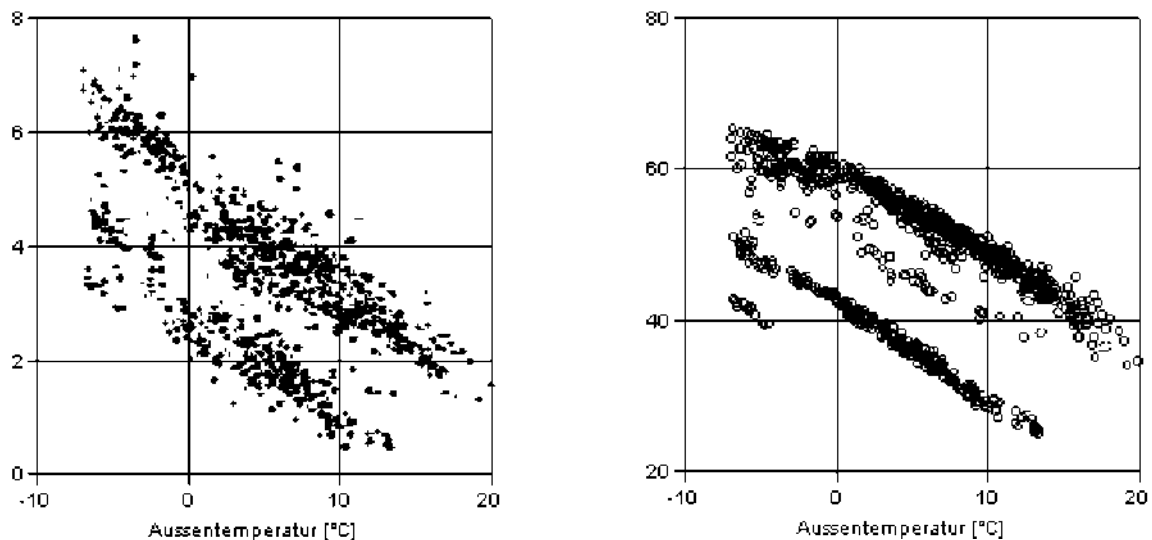
### Weitere Massnahmen

Durch den Einbau eines Radiators und der Abkoppelung des Dachraumes von der Warmluftheizung, kann die Raumtemperatur ohne Komforteinbusse im übrigen Gebäude reduziert werden und somit auch der gesamte Wärmebedarf. Diese Massnahme wurde im November 2002 durchgeführt.

In den *Figuren 1 und 2* sind die Leistungsdaten und Heizkennlinien vor und nach der Optimierung dargestellt.



*Figur 1: von der Heizung abgegebene Leistung und Vorlauftemperatur in Abhängigkeit zur Aussentemperatur, Januar bis März 2001*



*Figur 2: von der Heizung abgegebene Leistung und Vorlauftemperatur in Abhängigkeit zur Aussentemperatur, Januar bis März 2002. Die untere Punkteschar rührt von der Nachtabenkung her. Solar geheizt wird vor allem in der Übergangszeit, d. h. bei Aussentemperaturen über 12 °C.*

## Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Die im Dezember 2001 abgeschlossenen Massnahmen, insbesondere der korrekte Betrieb der Temo Vex Einheit, brachten nicht die gewünschten Energieeinsparungen und der Energiebedarf des Gebäudes ist immer noch um einen Faktor 1.6 zu höher als erwartet. Mit dem Einbau eines Radiators im Dachraum und der Absenkung der Raumlufttemperatur ist eine weitere Reduktion des Wärmebedarfs zu erwarten. Es ist aber nicht zu erwarten, dass die vorausgesagte Energiekennzahl von 137 MJ/m<sup>2</sup>a erreicht wird (*Tabelle 1*).

Um die Verbesserungen an den haustechnischen Anlagen zu überprüfen, werden die Messungen, noch bis zum Ende der nächsten Heizperiode, bis Frühjahr 2003 weitergeführt. Weiter sollte eine Nachberechnung des Energiebedarfs durch den Energieberater durchgeführt werden.