

Schlussbericht Januar 2004

Niedrigenergiehaus Erlenbach

ausgearbeitet durch
Luzi Clavadetscher - Thomas Nordmann
TNC Consulting AG



Auftraggeber:

Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden
Bundesamts für Energie

Auftragnehmer:

TNC Consulting AG, Erlenbach

Autoren:

Luzi Clavadetscher, TNC Consulting AG, Erlenbach
Thomas Nordmann, TNC Consulting AG, Erlenbach

Projektbegleitung:

Hans Bertschinger, EMPA Dübendorf
Mark Zimmermann, EMPA Dübendorf

2004

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogrammes "Rationelle Energienutzung in Gebäuden" des Bundesamtes für Energie erarbeitet. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen - Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 - office@bfe.admin.ch - www.admin.ch/bfe

Vertrieb: EMPA ZEN, www.empa-zen.ch/ren/Erlenbach.htm

ZUSAMMENFASSUNG

Messungen am Niedrigenergie (MINERGIE) Einfamilienhaus Nordmann in Erlenbach mit kontrollierter Wohnungslüftung / - Heizung, sowie thermischer- und photovoltaischer Solarenergienutzung.

Die gemessene thermische Energiekennzahl ohne Berücksichtigung der elektrischen Gewinne ist mit 282 MJ / m² a um einen Faktor 1.84 höher als die erwarteten 152 MJ / m² a .

Die im Jahre 2001 durchgeführten Massnahmen erbrachten eine Reduktion des Heizenergiebedarfs um etwa 10 %. Zusätzliche Massnahmen im Jahre 2002 erbrachte keine weitere Einsparung an Heizenergie.

In diesem Schlussbericht, nach Abschluss der Messungen nach 3 Betriebsjahren, sind die Energien zum und vom System in Tabellenform dargestellt. Grafische Auswertungen und Tabellen zeigen das Verhalten der einzelnen Teilkomponenten wie:

- Thermische Solaranlage
- Photovoltaikanlage
- Speicher
- Steuerung
- Wandtemperaturen
- Vergleich mit dem Nachbarhaus
- Infrarotmessungen

Die Messungen wurden im Mai 2003 abgeschlossen.

Inhaltsverzeichnis

Ausgangslage	5
Das Messprojekt	5
Das Objekt	5
Ziel der Arbeit	6
Projektziele	6
Lösungsweg	6
Vorgehen	6
Durchgeführte Arbeiten	6
Messdatenerfassung	6
Auswertung der Messdaten	6
Hauptergebnisse	7
Heizperiode 2000/01	8
Heizperiode 2001/02	8
Heizperiode 2002/03	9
Temo Vex Einheit	9
Detaillierte Auswertungen und Darstellungen	10
Heizkennline	10
Heizkennline Periode 2000/01	10
Heizkennline Periode 2001/02	11
Heizkennline Periode 2002/03	11
Thermische Solaranlage	12
Photovoltaikanlage	12
Speichertemperatur	13
Speicherverluste	13
Steuerung	14
Wandtemperaturen	14
Vergleich mit dem Nachbarhaus	16
Infrarotmessungen	17
Aufgetretene Probleme	17
Messeinrichtung	17
Bewertung	17
Periode 2000/01	17
Periode 2000/01	17
Periode 2000/01	17
Hülle	18
Temo Vex Einheit	18
Symbolverzeichnis	19
Thermische Anlage	19
Gemessene Werte	19
Berechnete Werte	19
PV-Anlage	19
Gemessene Größen	19
Berechnete Werte	19
Anhang	20

Ausgangslage

Das Messprojekt

Energieverbrauchs Messungen am Niedrigenergie (MINERGIE) Einfamilienhaus Nordmann, Grundstrasse 10, in Erlenbach mit kontrollierter Wohnungslüftung / - Heizung, sowie thermischer- und photovoltaischer Solarenergienutzung.

Das Objekt

Einfamilienhaus, Baujahr 1999, in Erlenbach, EBF = 266.5 m². Das Mauerwerk besteht aus 49.5 cm porosierte Backstein, k-Wert = 0.22 W/m² K. Die Fenster sind aus Holz mit Flügelverkleidungen aus Metall und einer 3-fach Verglasung, k-Wert = 0.7 W/m² K. Die Flachdächer sind Verbundkonstruktionen mit einem zusätzlichen Umkehrdach, k-Wert = 0.15 W/m² K. Zur Wärmeerzeugung sind 10 m² Röhren-Kollektoren und ein Propan Kondensations-Brenner eingesetzt. Eine Warmlufttheizung mit Wärmerückgewinnung sorgt für die Wärmeverteilung und Belüftung. Zusätzlich ist an der Süd-Ost Fassade eine 2 kWp Photovoltaik Anlage installiert.

Gebäude	Typ	Einfamilienhaus		
	Bauart	Schwerer Bau, top gedämmt		
Energiebezugsfläche	266.5 m ²			
Energiekennzahl Wärme	38.1 kWh/m ²	137.16 MJ/m ²		
Heizenergiebedarf	36.9 kWh/m ²	132.84 MJ/m ²		
Warmwasser	17 kWh/m ²	61.2 MJ/m ²		
Total	53.9 kWh/m ²	194.04 MJ/m ²		
Lüftungsanlage und Heizverteilung				
	Warmluftheizung	TemoVex	480s mit WRG	
	Wirkungsgrad WRG	80 %		
	Laufzeit	30 Wochen		
	Luftmenge	177 m ³ /h		
	el. Leistung	170 W		
	Betr. pro Woche	168 h/Wo		
Heizkessel				
	Viessmann Vitodens 300, Propan			
	Nennleistung	18 kW		
	modulierend von	8 bis 18 kW		
Solar Anlage	Kollektoren	Schweizer Röhrenkollektor		
	Absorberfläche	10.4 m ²		
	Jahresertrag	558 kWh/m ²	2008.8 MJ/m ²	
	Deckungsgrad			
	Heizung	22 %		
	Warmwasser	59 %		
Speicher	Typ	Jenny Rossnagel		
	Inhalt	1280 liter		
	Gewicht	290 kg		
	Isolation	160 mm		
PV-Anlage	Module	BP Solar BP585		
	Array	24 Module		
	Nennleistung	2.04 kWp		
	Modulfläche	14.78 m ²		
	Inverter	Sunnyboy 2000		
	Nennleistung	1.8 kW		
	Jahresertrag	620 kWh/kWp		

Tabelle 1: Gebäudefdaten und Haustechnikanlagen.

Ziel der Arbeit

Projektziele

Die Messungen sollen Aufschluss über das Verhalten der haustechnischen Anlagen, sowie über den tatsächlichen Energieverbrauch des Gebäudes geben.

Lösungsweg

Vorgehen

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.

Durchgeführte Arbeiten

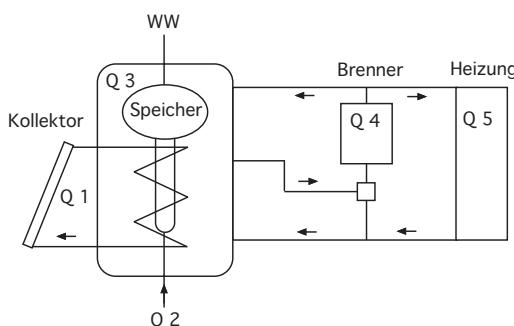
Die Messeinrichtung wurde Ende Februar 2000 eingebaut und schrittweise in Betrieb genommen. Für die folgenden Auswertungen wurden die Messdaten der letzten 3 Betriebsjahre verwendet.

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

Um etwelche Wärmebrücken in der Gebäudehülle zu identifizieren wurden zudem im Winter 2002 von der EMPA thermographische Messungen durchgeführt.

Messdatenerfassung

Von der Datenerfassung wurden die zugeführten Energien von der Solaranlage zum Speicher ($Q_1 = Q_{\text{Sol}}$) und die Gasmenge zum Brenner ($Q_4 = E_{\text{Gas H}}$), sowie die weggeföhrten Energien, Warmwasser ($Q_2 = Q_{\text{WW}}$) und Heizung ($Q_5 = Q_{\text{Heiz}}$) im Stundenrythmus registriert. Zudem wurde der Ladezustand des Speichers ($Q_3 = Q_{\text{Sp}}$) mit einem Integralfühler erfasst (Figur 1 und Tabelle 2). Die von der Photovoltaikanlage produzierte Energie (E_{IO}) und die verbrauchte elektrische Energie (E_U) sowie für das Kochen benötigte Gasmenge ($E_{\text{Gas K}}$) wurden ebenfalls erfasst.



Figur 1,

Prinzipschema.

Einstrahlung (Kollektoren)	$H_{\text{I Sol}}$	[kWh/m ²]
Umgebungstemperatur	T_a	[°C]
Solarkreis	Q_1	[kWh]
Warmwasser	Q_2	[kWh]
Speichererwärmung	Q_3	[kWh]
Gas Heizung	Q_4	[kWh]
Gas Kochen	$E_{\text{Gas K}}$	[kWh]
Heizung	Q_5	[kWh]
Warmwassermenge	m_{WW}	[l]

Tabelle 2,

Erfasste Größen, Thermische Anlage.

Auswertung der Messdaten

Die gemessenen Stundenwerte wurden auf Monatwerte komprimiert und eine Energiebilanz erstellt. Überschuss Energie (U_{tot}) in den Sommermonaten ist die vom System nicht verwendete Energie. Um eine Überhitzung des Speichers und des Solarkreises zu verhindern wurde diese Energie in einen im Heizraum angebrachten Radiator abgeleitet. Die vom System tatsächlich verbrauchte Solarenergie ($Q_{\text{Sol U}}$) wurde daraus berechnet. Die thermische Verlustenergie (V_{tot}) ist der Unterschied des Energieverbrauchs zum Energiebedarf und beinhaltet die Leitungs- und Speicherverluste sowie die Brennerverluste (Tabelle 3). Der jeweilige Ladezustand des Speichers am Anfang und am Ende der Messperiode wurde nicht berücksichtigt.

berschuss Energie	Ue_{tot}	=	$Q_{Sol} - Q_{WW} - Q_{Heiz}$
Anteil Solar thermisch	f_{sol}	=	$(Q_{Sol} - Ue_{tot}) / (Q_{WW} + Q_{Heiz})$
Ertrag Solar thermisch	$Q_{Sol\,U}$	=	$(Q_{WW} + Q_{Heiz}) * f_{sol}$
Anteil Solar elektrisch	f_{PV}	=	E_{IO} / E_L
Elektrisch und Kochen	E_{FU+K}	=	$E_{FU} + E_{Gas\,K}$
Total thermisch	$Q_{tot\,T}$	=	$Q_{WW} + Q_{Heiz} - Q_{Sol\,U}$
Energiebedarf total	Q_{tot}	=	$E_{FU+K} + Q_{tot\,T}$
Energieverbrauch total	E_{tot}	=	$E_{Gas\,T} + E_{Gas\,K} + E_{FU}$
Verluste	V_{tot}	=	$E_{tot} - Q_{tot}$
Verbrauch elektrisch	E_{FU}	=	$E_L - E_{IO}$

Tabelle 3, Aus den Messdaten berechnete Werte.

Hauptergebnisse

Der gemessene Heizenergiebedarf des Gebäude während der Messperiode ist um ein Faktor 1.64 höher als erwartet, der solare Ertrag ist 85 % der Voraussage. Der resultierende thermische Endenergieverbrauch ohne Berücksichtigung der indirekten Gewinne ist um ein Faktor 1.84 höher als erwartet. Der elektrische Energiebedarf, der Ertrag der Thermischen Solaranlage und die Produktion der photovoltaischen Anlage entsprechen der Voraussage (Tabelle 4). Tabelle 5 zeigt die eine detaillierte Aufstellung der gemessenen Jahreswerte der drei Betriebsjahre. Tabelle 6 ist ein Vergleich zu den vom Energieberater durchgeföhrten Berechnungen. Die detaillierten Monatsauswertungen befinden sich im Anhang.

Jahreswerte		Messung 2000/01 MJ / m ²	Messung 2001/02 MJ / m ²	Messung 2002/03 MJ / m ²	Mittel 2000/03 MJ / m ²	Minergie Nachweis MJ / m ²	Vergleich <i>f</i>
Thermisch							
Energie Entnahme							
Heizung	Q_{Heiz}	226	204	225	218	133	1.64
Warmwasser	Q_{WW}	69	66	68	68	61	1.11
Total		295	270	292	286	194	1.47
Direkte Gewinne							
Ertrag Solar	$Q_{Sol\,U}$	50	60	58	56	66	0.85
Anteil		17%	22%	20%	19%	34%	
Energiebedarf							
Total thermisch	$Q_{tot\,T}$	245	211	235	230	129	1.79
Verluste total	V_{tot}	38	53	56	49	23	2.16
Total	E_{tot}	282	263	291	279	152	1.84
indirekte Gewinne	G_{EI}					14	
Endenergieverbrauch (Propan)	$E_{Gas\,T}$	282	263	291	279	137	2.03
Elektrisch							
Verbrauch	E_L	kWh 6'782	kWh 7'050	kWh 5'791	kWh 6'541	kWh 5'700	1.15
PV-Produktion	E_{IO}	1'178	1'260	1'209	1'216	1'268	0.96
Anteil		17%	18%	21%	19%	22%	

Tabelle 4; Übersicht der Resultate der drei Betriebsjahre und Vergleich zum Minergie Nachweis.

			Messung		Messung	Messung	Messung
			2000/01	2001/02	X	2002/03	X
Meteo							
Globalstrahlung	H	kWh/m ²					
Einstrahlung Kollektoren	H _{sol}	kWh/m ²	1'195	1'271		1'262	1'243
Einstrahlung PV Anlage	H _{PV}	kWh/m ²	762	813		789	788
Aussentemperatur	T _a	°C	11.1	10.5		10.7	10.7
Energie produziert							
Solar Thermisch	Q _{Sol}	MJ/m ²	72	73		73	72
Photovoltaik	E _{io}	MJ/m ²	16	17		16	16
Total		MJ/m ²	88	90		90	89
Energie Entnahme							
Heizung	Q _{Heiz}	MJ/m ²	226	204	-10%	225	218
Warmwasser	Q _{WW}	MJ/m ²	69	66		68	68
Total thermisch		MJ/m ²	295	270		292	286
Kochen	E _{Gas K}	MJ/m ²	4	4		4	4
Elektrisch	E _L	MJ/m ²	92	95		78	88
Total		MJ/m ²	391	369		374	378
berschuss	Ue _{tot}	MJ/m ²	22	13		16	17
Anteil Solar thermisch			17%	22%		20%	20%
Ertrag Solar thermisch	Q _{Sol U}	MJ/m ²	50	60	16%	58	56
Anteil Solar elektrisch			17%	18%		21%	19%
Energiebedarf							
Total thermisch	Q _{tot T}	MJ/m ²	245	211	-16%	235	230
Elektrisch und Kochen		MJ/m ²	80	82		66	76
Total	Q _{tot}	MJ/m ²	325	293		301	306
Verluste total	V _{tot}		38	53		56	49
Endenergieverbrauch							
Energie Gas thermisch	E _{Gas T}	MJ/m ²	282	263	-7%	291	279
Gas total	E _{Gas tot}	MJ/m ²	287	267		295	283
Elektrisch	E _{FLU}	MJ/m ²	76	78		62	72
Energiekennzahl total	E _{tot}	MJ/m ²	362	346		357	355
Gewinne		MJ/m ²					
Energiekennzahl thermisch	E _{tot T}	MJ/m ²	282	263		291	279
Wasserverbrauch							
Warmwasser	m _{WW}	m ³ / d	107	105		98	103

Tabelle 5,

Detaillierte Resultate der drei Betriebsjahren und Mittelwerte der gesamten Messperiode, in Kolonne X ist die Veränderung zum Vorjahr.

Heizperiode 2000/01

Schon nach der ersten Winterperiode war es klar, dass das Gebäude wesentlich mehr Energie benötigt als angenommen. Im Herbst 2001 wurden folgende Massnahmen und Kontrollen durchgeführt:

- Optimierung der Heizkennlinie am Kessel/Brenner
- Verbesserungen am Speicherladekreis um ungewollte Zirkulation zu unterbinden und Entschichtung zu verhindern.
- Funktionsprüfung der Temo Vex Einheit (Wärmerückgewinnung) durch den Lieferanten

Die Funktionsprüfung an den Einstellungen der Temo Vex Einheit ergab, dass die Beschilderung der 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 5 ersichtlich, ist die absolute Entnahme an Heizenergie des Jahres 2001/02 um 10 % kleiner als im Vorjahr und der Endenergieverbrauch um 7 % kleiner. Allerdings war der Komfort, vor allem im Dachzimmer, um einiges tiefer.

			Messung	Berechnung	Energieberater	
			2000 bis 2003	nach SIA	Polysun	Minerie
				(ohne Solar)		Nachweis
Meteo						
Globalstrahlung	H	kWh/m ²				
Einstrahlung Kollektoren	H _{I Sol}	kWh/m ²	1'243	1'157	1'086	
Einstrahlung PV Anlage	H _{I PV}	kWh/m ²	788	8.1	1'173	
Aussentemperatur	T _a	°C	10.7		803	
Energie produziert					9.5	
Solar Thermisch	Q _{Sol}	MJ/m ²	72		72	
Photovoltaik	E _{IO}	MJ/m ²	16		17	
Total		MJ/m ²	89		89	
Energie Entnahme						
Heizung	Q _{Heiz}	MJ/m ²	218		133	
Warmwasser	Q _{WW}	MJ/m ²	68		59	
Total thermisch		MJ/m ²	286		192	
Kochen	E _{Gas K}	MJ/m ²	4			133
Elektrisch	E _L	MJ/m ²	88			61
Total		MJ/m ²	378	126%		194
berschuss	Ue _{tot}	MJ/m ²	17	6%		
Anteil Solar thermisch				20%		
Ertrag Solar thermisch	Q _{Sol U}	MJ/m ²	56	19%		
Anteil Solar elektrisch				19%		
Energiebedarf						
Total thermisch	Q _{tot T}	MJ/m ²	230	77%	179	
Elektrisch und Kochen		MJ/m ²	76	25%	77	128
Total	Q _{tot}	MJ/m ²	306	100%	256	
Verluste total	V _{tot}		49	16%	22	23
Endenergieverbrauch						
Energie Gas thermisch	E _{Gas T}	MJ/m ²	279	93%	201	
Gas total	E _{Gas tot}	MJ/m ²	283	94%		150
Elektrisch	E _{EL}	MJ/m ²	72	24%	77	
Energiekennzahl total	E _{tot}	MJ/m ²	355	118%	278	
Gewinne		MJ/m ²				14
Energiekennzahl thermisch	E _{tot T}	MJ/m ²	279	93%	201	150
Wasserverbrauch						137
Warmwasser	m _{WW}	m ³ / d	103			

Tabelle 6,

Vergleich der Mittelwerte der drei Betriebsjahren zu den Berechnungen des Energieberaters.

Heizperiode 2002/03

Als erstes wurde die Warmluftzufuhr zum Dachzimmer optimiert und als auch das den gewünschten Komfort nicht brachte, wurde dann zusätzlich ein Warmwasserradiator eingebaut. Diese Massnahme wurde im November 2002 durchgeführt.

Bedingt durch diese Massnahmen wurde die Heizkennlinie am Brenner/Kessel neu eingestellt werden. Diese Massnahme resultierte dann in der Periode 2002/03 in einem Mehrverbrauch an Heizenergie um 9 % gegenüber dem Vorjahr. Der Endenergieverbrauch erhöhte sich um 10 %.

Temo Vex Einheit

Messungen des Besitzer an der Temo Vex Einheit im Januar 2003 zeigten eine relativ hohe Temperatur der Fortluft. Es ist daraus zu schliessen, dass die Wärmerückgewinnung der Einheit nicht optimal ist oder die Luftwechselrate zu hoch eingestellt ist. Es kann sein, das die tatsächlichen Verluste bei dieser Einheit wesentlich höher sind als angenommen und dadurch einen Mehrverbrauch an Heizenergie verursachen.

Datum	07-Jan-03	08-Jan-03
Zeit	14:00	6:00
	bew lkt	bew lkt
Temperaturen	[°C]	[°C]
Aussen	-2.0	-5.0
Zuluft nach Erdregister	10.3	9.5
nach WRG	24.7	24.8
nach Register	61.3	57.8
Abluft	25.5	26.8
Umluft	24.5	25.4
Fortluft	19.9	19.5
Vorlauf	70.0	68.0

Tabelle 7,

Messwerte der Temo Vex Einheit, Januar 2003.

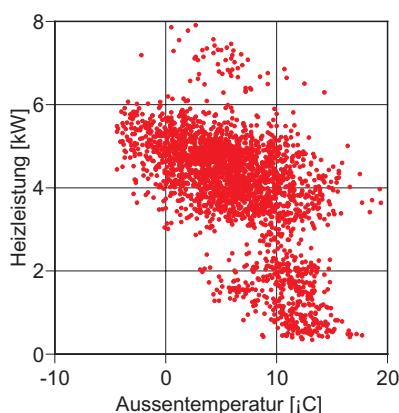
Detaillierte Auswertungen und Darstellungen

Heizkennline

In den folgenden Figuren, 2 bis 10, ist die Einstellung der Heizkennline am Gas Brenner/Kessel ersichtlich. In den Figuren mit den blauen Punkten ist die Vorlauftemperatur zur Außentemperatur aufgetragen, jeweils für den Tag- (06:00 bis 22:00) und Nachtbetrieb. In den Figuren mit den roten Punkten ist die an die Temo Vex Einheit abgegebene Leistung zur Außentemperatur im Tagbetrieb dargestellt. Alle Werte sind Stundenwerte der gesamten Periode bei Betrieb der Heizung.

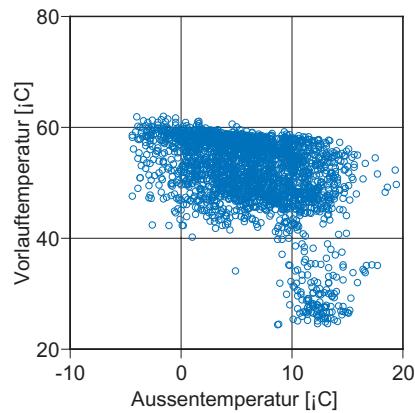
Die in der Periode 2002/03 an die Temo Vex abgegebene Leistung bei 0°C Umgebungstemperatur ist im Mittel etwa 7 kW bei einer Vorlauftemperatur von 70°C (Figur 8 und 9).

Heizkennline Periode 2000/01



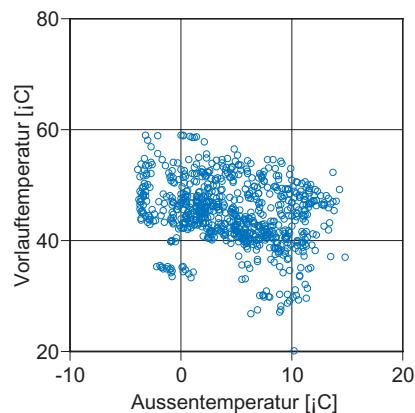
Figur 2,

von der Heizung abgegebene Leistung zur Außentemperatur, Tagbetrieb, Heizperiode 2000/01.



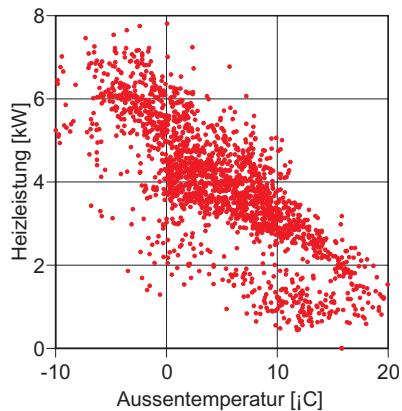
Figur 3,

Vorlauftemperatur zur Außentemperatur, Tagbetrieb, Heizperiode 2000/01.

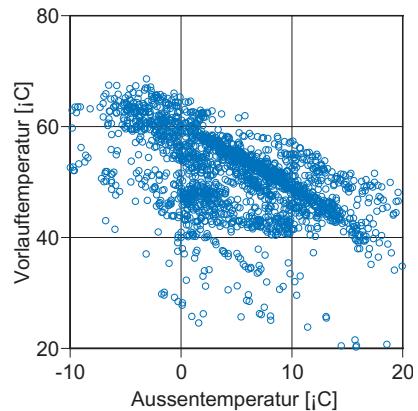


Figur 4,

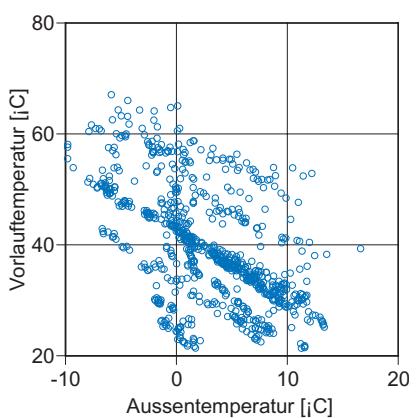
Vorlauftemperatur zur Außentemperatur, Nachtbetrieb, Heizperiode 2000/01.

Heizkennline Periode 2001/02

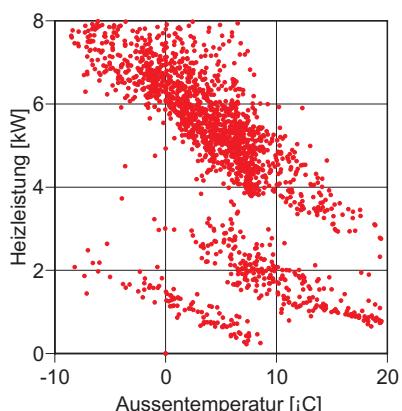
Figur 5, von der Heizung abgegebene Leistung zur Aussentemperatur, Tagbetrieb, Heizperiode 2001/02.



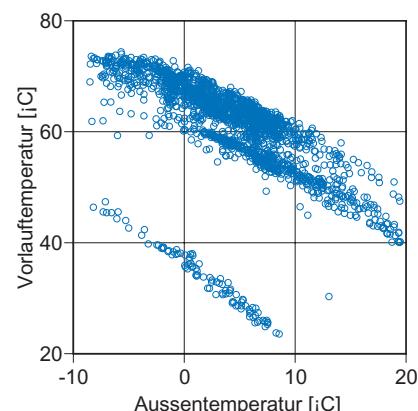
Figur 6, Vorlauftemperatur zur Aussentemperatur, Tagbetrieb, Heizperiode 2001/02.



Figur 7, Vorlauftemperatur zur Aussentemperatur, Nachtbetrieb, Heizperiode 2001/02.

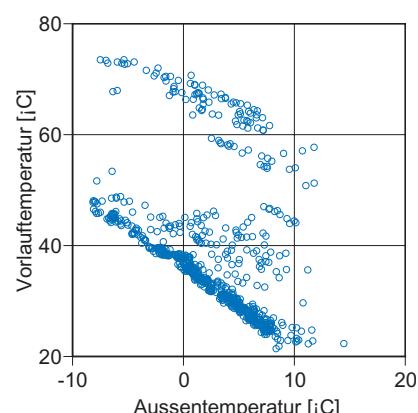
Heizkennline Periode 2002/03

Figur 8, von der Heizung abgegebene Leistung zur Aussentemperatur, Tagbetrieb, Heizperiode 2002/03.



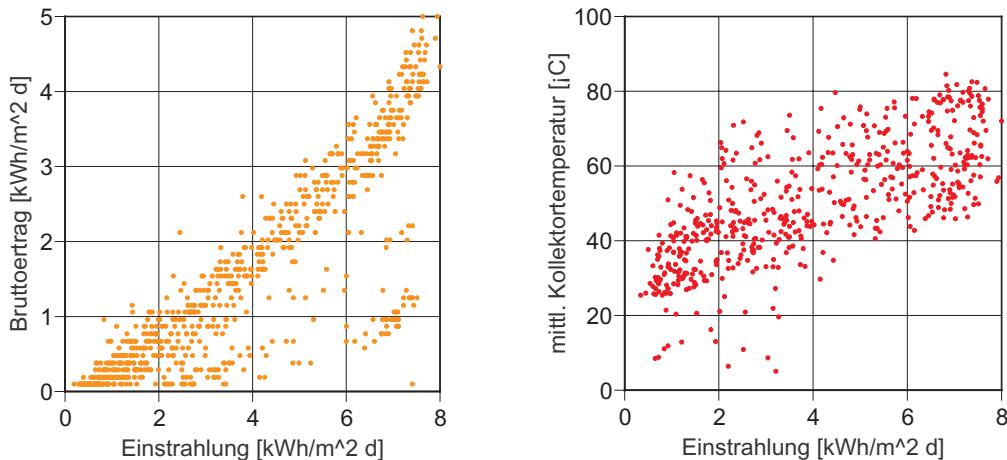
Figur 9, Vorlauftemperatur zur Aussentemperatur, Tagbetrieb, Heizperiode 2002/03.

Figur 10, Vorlauftemperatur zur Aussentemperatur, Nachtbetrieb, Heizperiode 2002/03.



Thermische Solaranlage

In den drei Betriebsjahren erzielte die thermische Solar-Anlage einen mittleren Bruttoertrag von $516 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$. Dieser Wert entspricht der Voraussage. Der Nettoertrag ist mit $396 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$ bei 80 % der erwarteten $495 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$. Die gemessene Einstrahlung war um 6 % höher als der angenommene Wert.



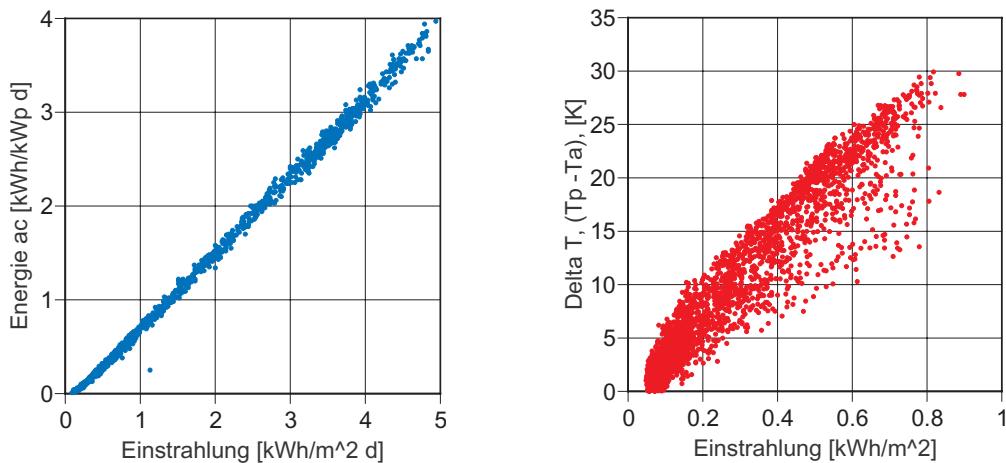
Figur 11; Bruttoertrag [kWh/m^2] der thermischen Solaranlage, Tageswerte.

Figur 12, mittlere Kollektortemperatur zur Einstrahlung, Tageswerte.

Photovoltaikanlage

Die PV-Fassadenanlage erreichte während der Messperiode einen spezifischen Jahresertrag von 596 kWh/kWp . Dieser Ertrag ist um 4 % tiefer als die erwarteten 622 kWh/kWp . Die Erwärmung der Module ist mit 35 K/kW tiefer als der Erfahrungswert von etwa 50 K/kW für Fassadenanlagen und deutet auf eine gute Hinterlüftung. Die gemessene Einstrahlung an der Süd-Ost Fassade war 2 % tiefer als der berechnete Wert.

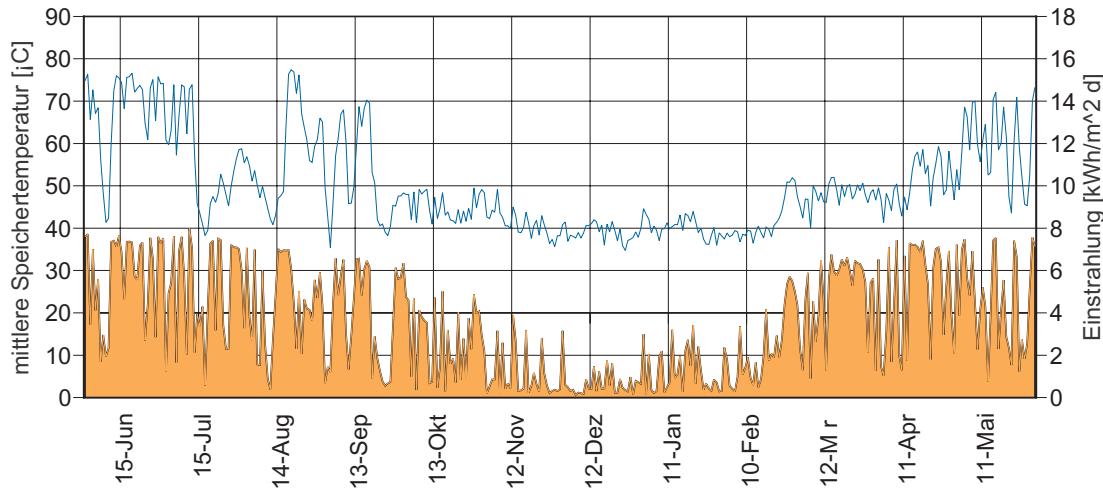
Figur 13; spezifischer Ertrag AC [kWh/kWp d] der Photovoltaik Anlage, Tageswerte.



Figur 14, Erwärmung der Module zur Einstrahlung, Stundenwerte.

Speichertemperatur

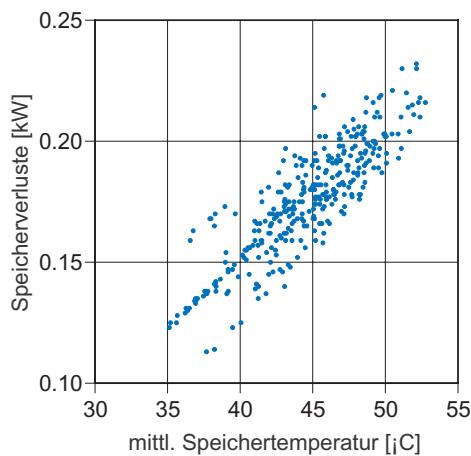
Mittels einem Integral Fühler konnte die mittlere Speichertemperatur und der Energieinhalt ermittelt werden. Figur 15 zeigt den Jahresverlauf der Speichertemperatur, sowie die tägliche Einstrahlung. Während der Ferienzeit, Juli/August, waren die Kollektoren teilweise abgedeckt.



Figur 15: mittlere Speichertemperatur um Mitternacht und Tagessummen der Einstrahlung, Periode 2002/2003.

Speicherverluste

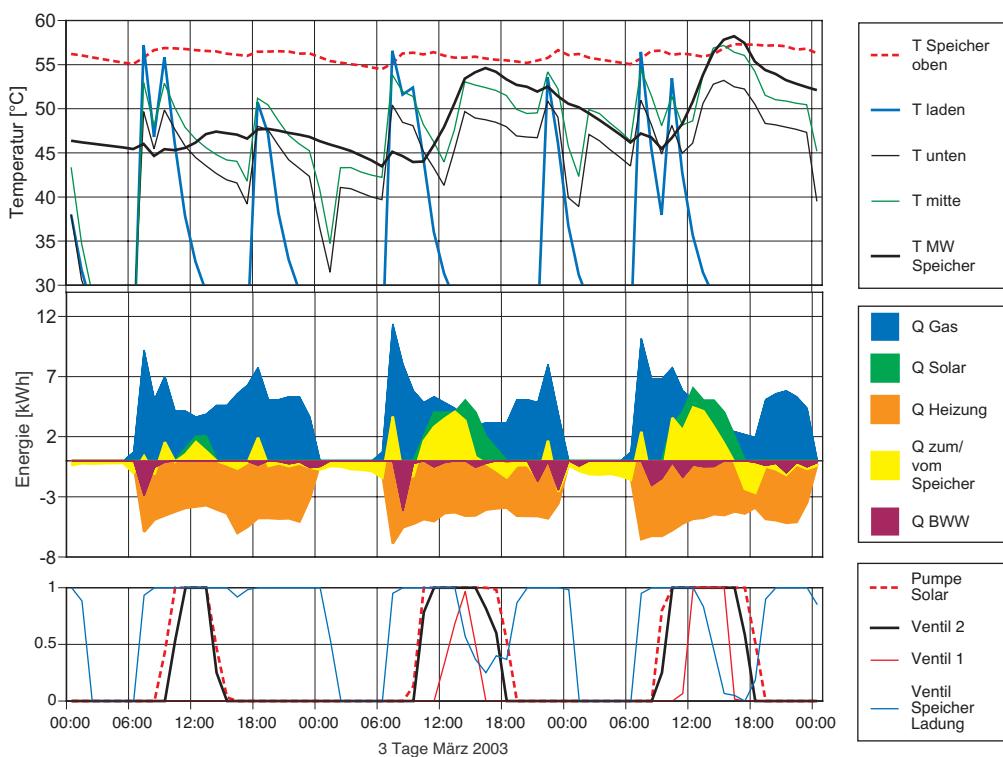
Die ermittelten Speicherverluste während dem Stillstand (keine Energiezufuhr und -entnahme) sind etwa 6.7 W/K .



Figur 16: Speicherverluste, Stundenwerte, Oktober 2001.

Steuerung

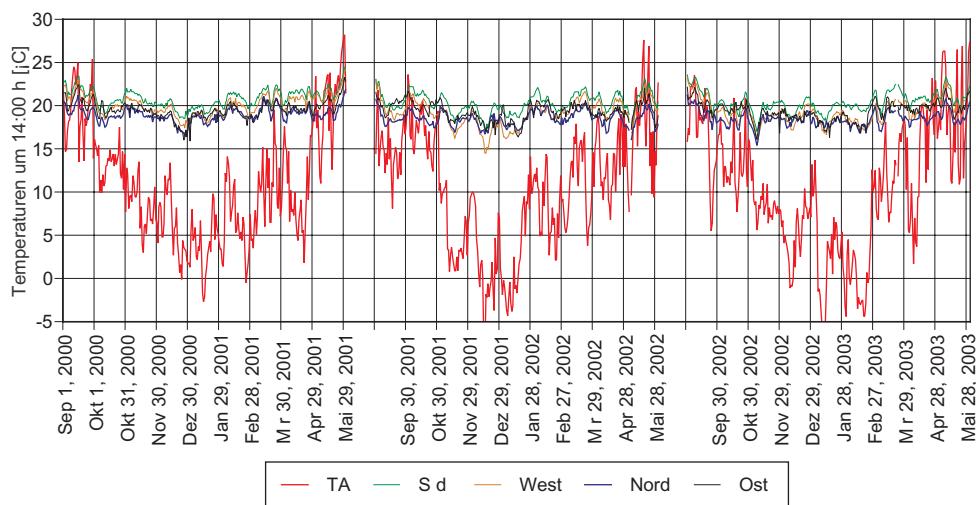
Figur 17 zeigt die Lade- und Entladezyklen des Speichers während 3 Tagen im März 2003.



Figur 17: Speichertemperaturen, Energie produziert und verbraucht, Energie vom und zum Speicher und Statussignale, Stundenwerte, März 2003.

Wandtemperaturen

In jeder Wandfläche (N - O - S - W) ist je ein Backstein mit sechs Temperaturfühlern versehen. Diese Wandtemperaturen wurden vom Datenlogger als Stundenwerte während der ganzen Messperiode erfasst.



Figur 18: Aussentemperatur und Wandtemperaturen innen um 14:00 Uhr, September bis Mai, 2000 bis 03.

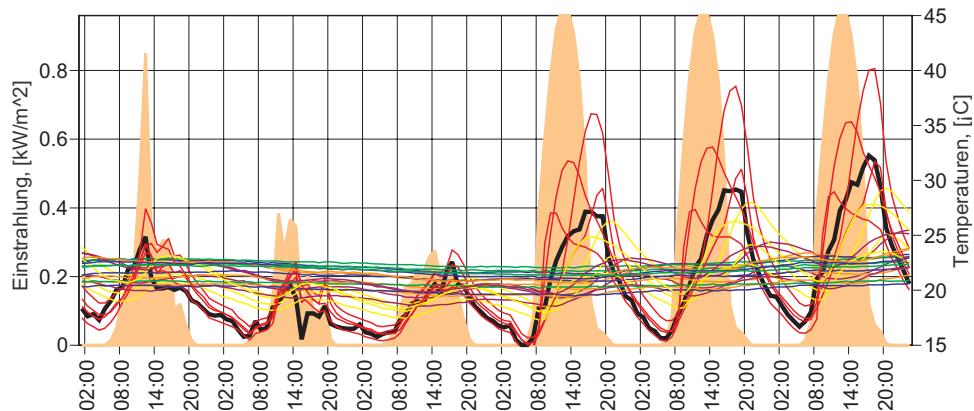
Die Wandtemperatur im inneren des Gebäudes ist etwa gleich der Raumtemperatur. Die Auswertung in Tabelle 8 zeigt den spezifischen Heizenergiebedarf zur mittleren Raumtemperatur. Der spezifische Heizenergiebedarf ist die an den Wärmetauscher der Warluftheizung abgegebene Energie zu den Lüftungsgradstunden.

Periode	H_i [kWh/m ²]	T_a [°C]	E_{rel} [kWh/Kh]	$T_{W\text{Nord}}$ [°C]	$T_{W\text{Sd}}$ [°C]
2000/01	724	10.95	0.221	18.97	20.86
2001/02	790	10.32	0.187	18.48	20.32
2002/03	794	10.39	0.208	18.44	20.41

Tabelle 8,

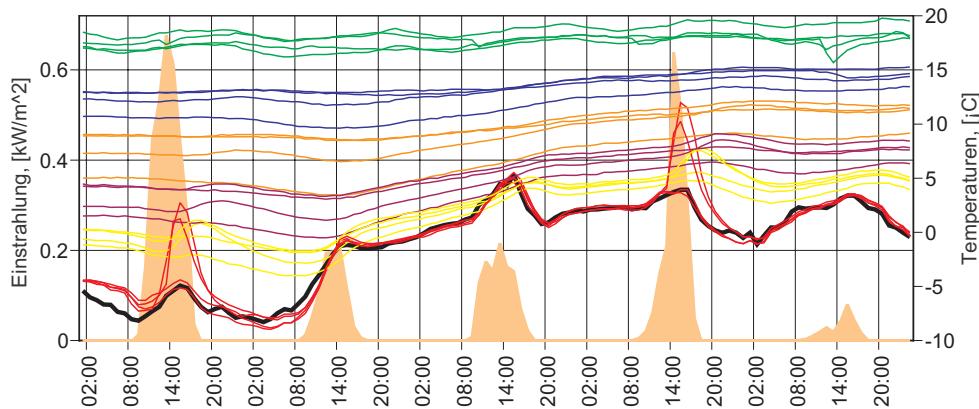
Einstrahlung, Aussentemperatur, spezifischer Heizenergiebedarf und die mittleren Wandtemperaturen innen gegen Norden und Süden um 14:00 h, im Vergleich 2000 bis 2003.

Die Darstellung der Messdaten aller Wandtemperaturen (je 6 Fühler nach N O S W), der Umgebungstemperatur und der Einstrahlung in den Figuren 19 und 20 zeigt dass die thermischen Einflüsse aussen bis in die Wandmitte erkennbar. Die innere Temperatur ist stabil trotzdem sich die Südwand aussen im Sommer bei hoher Einstrahlung bis auf 40 °C erwärmt und im Winter mit der Aussentemperatur bis - 8 °C abkühlt. Die fette schwarze Linie ist die Umgebungstemperatur.



Figur 19,

Einstrahlung, Aussentemperatur und Wandtemperaturen, , 24. - 29 Juli 2002.



Figur 20,

Einstrahlung, Aussentemperatur und Wandtemperaturen, 12. - 16. Januar 2003.

Vergleich mit dem Nachbarhaus

Das Nachbarhaus, Grundstrasse 8, ist identisch zum untersuchten Objekt, hat aber weniger stark isolierte Wände und Fenster und eine konventionelle Ölheizung. Anhand des Heizölverbrauchs vom April 2000 bis Oktober 2002 (31 Monate) konnte die thermische Energiekennzahl des Gebäudes bestimmt werden. Tabelle 9 zeigt den Vergleich zum Messhaus und zu den Berechnungen des Architekten. Der effektive Verbrauch und die Berechnung decken sich sehr genau. Allerdings sind in den 31 Monaten der Auswerteperiode nur 2 Heizperioden enthalten. Der effektive Jahresverbrauch des Gebäudes ist schätzungsweise etwa um ein Faktor 1.2 höher.

Der thermische Energiebedarf des Nachbarhauses ist um ein Faktor 1.2 höher und der Endenergiebedarf um ein Faktor 1.5 höher (Tabelle 9).

Vergleich		Grundstrasse			
April 00 bis Okt. 02	Jahreswerte	Nr. 10	Nr. 8	Nr. 8	
		Verbrauch	Verbrauch	Vorgaben	
		effektiv	effektiv	nach SIA	
	EBF	m ²	266.5	223.0	223.0
W rmeverluste	Q _{t+1}	MJ/m ² a	234.3	293.7	292.7
Gewinne	G _{tot}	MJ/m ² a	50.0	53.2	53.2
Heizenergiebedarf	Q _{Heiz}	MJ/m ² a	184.3	240.5	239.5
Warmwasser	Q _{ww}	MJ/m ² a	66.3	60.0	60.0
Energiebedarf	Q_{tot}	MJ/m² a	250.6	1.2	300.5
Ertrag Solar	Q _{Sol U}	MJ/m ² a	57.7		
		MJ/m ² a	192.9		
Verluste	V _{tot}	MJ/m ² a	42.4	53.0	52.9
Endenergiebedarf	E_{tot}	MJ/m² a	235.3	1.5	353.5
		MJ/a	62'707	78'826	78'575
		kWh/a	17'419	21'896	21'826
Verbrauch Heiz I EL		I	1'742	2'190	2'183
		I/m ²	6.54	9.82	9.79

Tabelle 9: Vergleich zum Nachbarhaus, Grundstrasse 8.

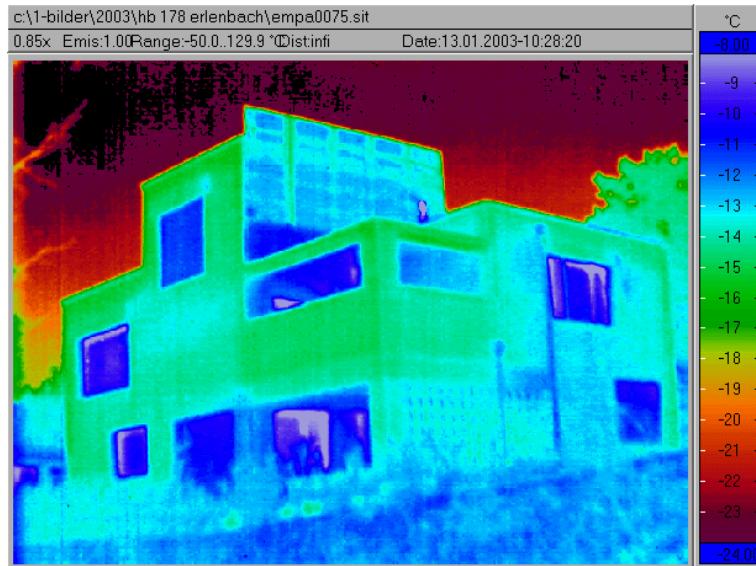
Der wesentliche Unterschied ist in der Hülle der beiden Gebäude. Der verwendete Poroton Isolier-Backstein ist beim Gebäude Nr. 10 , 49 cm und beim Gebäude Nr. 8 , 36 cm dick. Das Haus Nr. 10 hat zusätzlich noch einen beheizten Raum im Untergeschoss.

Grundstrasse		
	Nr. 10	Nr. 8
EBF	266.5	230.0
Wand	0.21	0.28
Dach	0.15	0.15
Fenster	1.00	1.30

Tabelle 10, Vergleich K-Werte, Hülle, Grundstrasse 10 und 8.

Infrarotmessungen

Die am 13. Januar 2003 von der EMPA durchgeführten IR-Aufnahmen des Gebäudes zeigten keine Mängel an der Gebäudehülle. Weitere IR-Aufnahmen befinden sich im Anhang.



Figur 21, IR-Aufnahme, Grundstrasse 10, Gesamtansicht von Süden.

Aufgetretene Probleme

Messeinrichtung

Die Erfassung der Energiemengen wurde innerhalb der Messperiode mehrmals unterbrochen. Die Ursache lag an einem schlechten elektrischen Kontakt der Pulszählereinheit des Dataloggers. Die Energiemengen der entsprechenden Monatsdaten der vorliegenden Auswertungen wurden unter Berücksichtigung der Meteodata auf 100% Betrieb hochgerechnet.

Bewertung

Die gemessene thermische Energiekennzahl mit 279 MJ / m² a um einen Faktor 1.84 höher als im Minergienachweis nachgewiesen. Der elektrische Energiebedarf, der Ertrag der Thermischen Solaranlage und die Produktion der photovoltaischen Anlage entsprechen der Voraussage.

Verschiedene von der Messung und Auswertung nicht vollständig erfasste Faktoren könnten zu diesem Mehrverbrauch oder anderen Abweichungen beitragen:

Periode 2000/01

- nicht optimale Einstellung der Heizkennlinie, ungenügende Nachabsenkung
- falsche Beschilderung für Sommer- / Winterbetrieb und damit zu hohe Luftwechselrate im Winter

Periode 2000/01

- nicht optimale Wärmeverteilung im Obergeschoss

Periode 2000/01

- Einstellung der Heizkennlinie, hohe Vorlauftemperatur, bedingt durch den Einbau eines Radiators im Obergeschoss

Hülle

- höhere Transmissionsverluste als erwartet

Temo Vex Einheit

- zu hohe Luftwechselrate
- ungenügende Wärmerückgewinnung
- schlechte Effizienz des Wasser/Luft Wärmetauschers bei hoher Leistung

Erlenbach, 12. Januar 2004

Symbolverzeichnis

Thermische Anlage

Gemessene Werte

Einstrahlung (Kollektoren)	H_{ISol}	[kWh/m ²]
Umgebungstemperatur	T_a	[∞C]
Solarkreis	Q_{Sol}	[kWh]
Warmwasser	Q_{WW}	[kWh]
Speichererwärmung	Q_{Sp}	[kWh]
Gas Heizung	$E_{Gas\ T}$	[kWh]
Gas Kochen	$E_{Gas\ K}$	[kWh]
Heizung	Q_{Heiz}	[kWh]
Warmwassermenge	m_{WW}	[l / h]

Berechnete Werte

Überschuss Energie	Ue_{tot}	[kWh]
Anteil Solar thermisch	f_{sol}	---
Ertrag Solar thermisch	$Q_{Sol\ U}$	[kWh]
Anteil Solar elektrisch	f_{PV}	---
Elektrisch und Kochen	$E_{FU + K}$	[kWh]
Total thermisch	$Q_{tot\ T}$	[kWh]
Energiebedarf total	Q_{tot}	[kWh]
Energieverbrauch total	E_{tot}	[kWh]
Verluste	V_{tot}	[kWh]
Verbrauch elektrisch	E_{FU}	[kWh]

PV-Anlage

Messung und Auswertung nach den EU-Richtlinien

Gemessene Größen

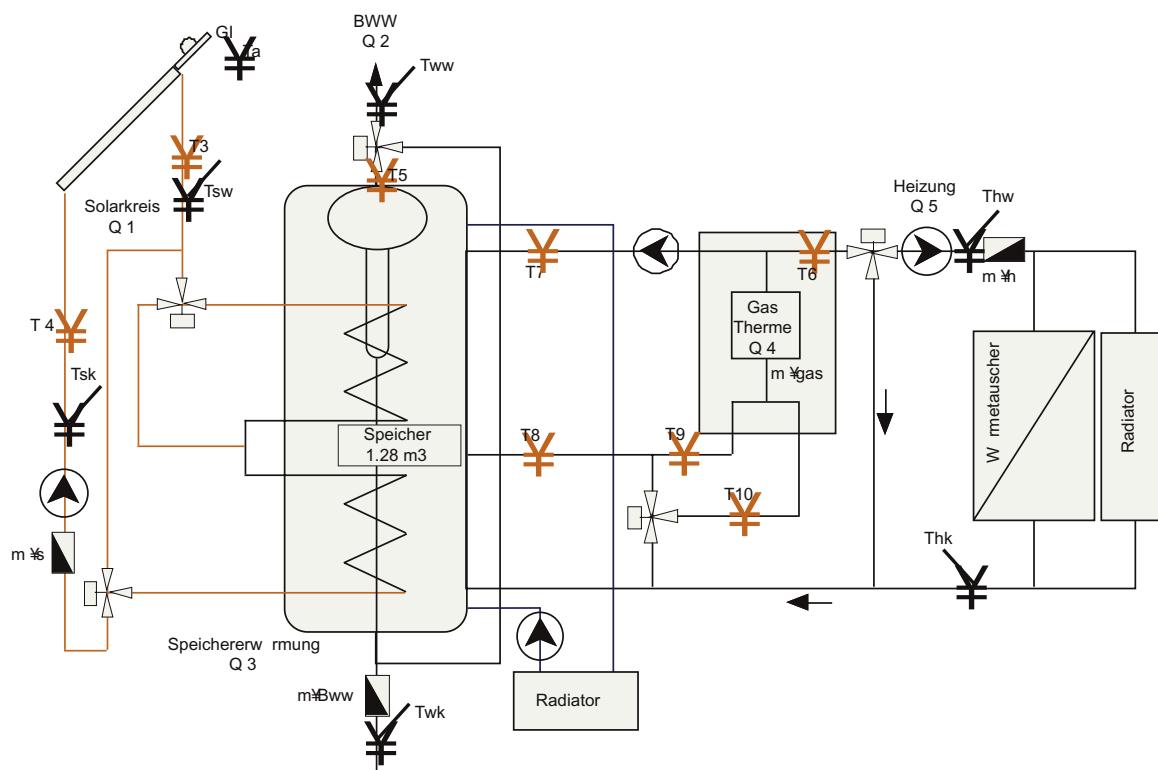
Einstrahlung (Modulebene)	H_I	[kWh/m ²]
Umgebungstemperatur	T_a	[∞C]
Modultemperatur	T_p	[∞C]
Energie Solargenerator	E_A	[kWh]
Energie Inverter	E_{IO}	[kWh]

Berechnete Werte

Referenz Ertrag	Y_r	[kWh/(kWp*d)]
Generator Ertrag	Y_a	[kWh/(kWp*d)]
Anlagen Ertrag	Y_f	[kWh/(kWp*d)]
Inverter Verluste	L_s	[kWh/(kWp*d)]
Umwandlungs Verluste	L_c	[kWh/(kWp*d)]
Performanz	PR	---
Betriebswirkungsgrad (Generator)	n_{Feld}	---
Betriebswirkungsgrad (Inverter)	n_{Inv}	---
Gesamtwirkungsgrad	n_{tot}	---
Verfügbarkeit Inverter	Betr	[%]
Verfügbarkeit Feld	Feld	[%]
Modultemperatur bei Betrieb	$T_p\ b$	[∞C]
spez. Jahresertrag	Y_{fa}	[kWh/(kWp*a)]

Anhang

- 1 Prinzipschema und Messstellen
- 2 Monatswerte 2000/01
- 3 Monatswerte 2001/02
- 4 Monatswerte 2002/03
- 5 Monatswerte Heizperiode 2000/01
- 6 Berechnungen Energieberater
- 7 - 9 Minergie Nachweis
- 10 Monatswerte PV-Anlage
- 11 - 15 Infrarot Aufnahmen



Einstrahlung (Kollektoren)	$H_{\text{I Sol}}$	[kWh/m ²]
Umgebungstemperatur	T_a	[iC]
Solarkreis	Q ₁	[kWh]
Warmwasser	Q ₂	[kWh]
Speichererwärmung	Q ₃	[kWh]
Gas Heizung	Q ₄	[kWh]
Gas Kochen	E _{Gas T}	[kWh]
Heizung	E _{Gas K}	[kWh]
Warmwassermenge	Q ₅	[kWh]
	m_{BWW}	[l]

Monatsdaten, Minergiehaus Erlenbach, Periode 2000/01

	Jun.00	Jul.00	Aug.00	Sept.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jan.01	Feb.01	Mr.01	Apr.01	Mai.01	Jahr
	720	744	744	720	744	720	744	744	672	744	720	744	8'760
Stunden Daten	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	8'200
Datenverfügbarkeit*													94%
Meteo													
Globalstrahlung H	179	134	159	133	54	54	32	44	69	70	104	164	1'195
Einstrahlung Kollektoren H _{c,sil}	86	72	95	89	39	51	31	43	59	48	63	86	762
Einstrahlung PV Anlage H _{DPV}	19.3	17.2	20.1	15.9	11.1	6.5	4.5	2.2	4.2	7.5	7.7	16.6	11.1
Außentemperatur T _a													
Energie produziert													
Solar Thermisch**	670	601	244	208	56	92	215	352	509	957	5'301		
Photovoltaik	143	59	78	45	66	93	75	99	133		1'178		
Total kWh	893	505	893	505	286	101	158	308	426	608	1'090	6'480	
Energie Entnahme													
Heizung Q _{H_{Heiz}}	0	0	0	0	933	2'315	2'536	3'400	2'814	2'580	1'966	154	16'698
Warmwasser Q _{WW}	438	296	248	400	397	496	546	435	443	453	484	488	5'125
Total thermisch	438	296	248	400	1'330	2'811	3'835	3'257	3'033	2'451	642	2'824	295
Kochen E _{c,sil,k}	34	26	13	30	24	30	34	23	15	21	29	34	3'14
Elektrisch E _{el}	375	323	303	329	662	752	818	711	603	698	681	526	6'782
Total kWh	847	646	564	760	2'016	3'594	3'934	4'569	3'874	3'752	3'160	1'203	28'919
berschuss Ue _{tot}	455	208	422	201									391
Anteil Solar thermisch f _{sol}	100%	100%	100%	100%	18%	7%	2%	2%	7%	12%	21%	100%	17%
Ertrag Solar thermisch Q _{SolU}	438	296	248	400	244	208	56	92	215	352	509	642	3'701
Anteil Solar elektrisch f _{PV}	35%	33%	49%	43%	9%	10%	6%	9%	15%	11%	15%	25%	17%
Energiebedarf													
Total thermisch Q _{tot,T}	kWh	242	168	216	628	705	807	668	525	644	611	427	18'123
Elektrisch und Kochen E _{EL+K}	kWh	276	60	257	412	363	406	361	257	436	231	2783	245
Verluste total	V _{tot}												325
Endenergieverbrauch													38
Energie Gas thermisch E _{c,sil,T}	kWh	61	13	30	1'343	3'015	3'388	4'149	3'404	2'938	2'377	231	20'905
Gas total E _{c,sil,net}	kWh	87	155	187	603	3'045	3'423	4'172	3'418	2'959	2'406	265	21'219
Elektrisch E _{El}	kWh	242	215	675	675	773	645	510	623	582	393	5'603	287
Nutzungsgrad total	E _{tot}												76
Nutzungsgrad thermisch													362
Warmwasserverbrauch m ³ Raum.	8.9	6.9	5.0	8.6	9.5	10.7	11.7	8.5	8.7	8.8	9.8	9.9	90%
													87%
													107

* Die Messwerte wurden auf 100% korrigiert.

** Wegen noch nicht eingebautem Energierz. hier wurden die Werte für die Monate Juni und Juli gesch. tzt.
In den Monaten Juli und August waren die Kollektoren wegen Abwesenheit zum Teil abgedeckt.

Monatsdaten, Minergiehaus Erlenbach, Periode 2001/02

	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sept.01	Okt.01	Nov.01	Dez.01	Jan.02	Feb.02	Mr.02	Apr.02	Mai.02	Jahr
	720	744	744	720	744	720	744	744	672	744	720	744	8'760
Stunden Daten	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	7'203
Datenverfügbarkeit*													82%
Meteo													
Globalstrahlung H	154	169	158	84	105	40	43	52	57	128	141	139	1'271
Einstrahlung Kollektoren H _{1, c_{al}}	74	84	91	55	35	45	51	46	91	88	72	83	813
Einstrahlung PV Anlage H _{1,DV}	20.1	20.5	12.5	13.7	3.6	0.6	1.1	6.0	7.5	9.8	14.0	10.5	10.5
Aussentemperatur T _a	16.5												
Energie produziert													
Solar Thermisch **	834	442	418	439	113	60	202	276	656	733	753	5'369	
Photovoltaik	115	130	144	84	127	52	68	76	70	144	139	109	1'260
Total	kWh	949	572	586	502	566	165	128	278	346	800	872	6'629
Energie Entnahme													
Heizung Q _{heizung}	0	0	0	565	172	2'532	3'155	3'163	2'241	2'104	969	226	15'128
Warmwasser Q _{wasser}	451	197	194	367	377	435	561	389	466	478	516	448	4'879
Total thermisch	451	197	194	932	549	2'966	3'716	3'552	2'707	2'583	1'485	674	20'007
Kochen E _{Cook}	27	10	14	34	24	32	30	21	24	23	30	23	293
Elektrisch E _{elektrisch}	486	331	328	600	607	774	789	763	654	657	614	449	7'050
Total	kWh	964	538	535	1'156	1'179	3'772	4'535	4'336	3'385	3'264	2'129	27'350
verschuss	kWh	383	245	248									369
Anteil Solar thermisch	f _{sol}	100%	100%	100%	45%	80%	4%	2%	6%	10%	25%	49%	22%
Ertrag Solar thermisch	Q _{SolU}	451	197	194	418	439	113	60	202	276	656	733	674
Anteil Solar elektrisch	f _{PV}	24%	39%	44%	14%	21%	7%	9%	10%	11%	22%	23%	18%
Energiebedarf													
Total thermisch und Kochen	Q _{tot,T}	kWh	398	210	198	514	110	2'853	3'656	3'350	2'431	1'927	752
Elektrisch	Q _{tot,E}	kWh	398	210	198	549	504	753	751	708	608	536	505
Verluste total	V _{tot}	kWh	34	19	338	237	297	349	1'338	551	339	171	239
Endenergieverbrauch													
Energie Gas thermisch	E _{gas,T}	kWh	34	19	852	347	3'150	4'005	4'688	2'982	2'266	923	19'505
Gas total	E _{gas,r4}	kWh	61	29	14	887	371	3'182	4'034	4'709	3'006	2'289	953
Elektrisch	E _{EL}	kWh	371	201	184	515	480	722	721	687	584	513	475
Total	E _{tot}	kWh	432	230	198	1'402	851	3'904	4'756	5'396	3'590	2'802	1'428
Nutzungsgrad total													
Nutzungsgrad thermisch		m ³	10.5	4.3	4.2	8.9	9.4	9.9	12.3	7.7	9.5	9.1	10.0
Warmwasserverbrauch		m ³											105

* Die Messwerte wurden auf 100% korrigiert.

** In den Monaten Juli und August waren die Kollektoren wegen Abwesenheit zum Teil abgedeckt.

90

	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sept.01	Okt.01	Nov.01	Dez.01	Jan.02	Feb.02	Mr.02	Apr.02	Mai.02	Jahr
	720	744	744	720	744	720	744	744	672	744	720	744	8'760
Stunden Daten	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	7'203
Datenverfügbarkeit*													82%
Meteo													
Globalstrahlung H	154	169	158	84	105	40	43	52	57	128	141	139	1'271
Einstrahlung Kollektoren H _{1, c_{al}}	74	84	91	55	35	45	51	46	91	88	72	83	813
Einstrahlung PV Anlage H _{1,DV}	20.1	20.5	12.5	13.7	3.6	0.6	1.1	6.0	7.5	9.8	14.0	10.5	10.5
Aussentemperatur T _a	16.5												
Energie produziert													
Solar Thermisch **	834	442	418	439	113	60	202	276	656	733	753	5'369	
Photovoltaik	115	130	144	84	127	52	68	76	70	144	139	109	1'260
Total	kWh	949	572	586	502	566	165	128	278	346	800	872	6'629
Energie Entnahme													
Heizung Q _{heizung}	0	0	0	565	172	2'532	3'155	3'163	2'241	2'104	969	226	15'128
Warmwasser Q _{wasser}	451	197	194	367	377	435	561	389	466	478	516	448	4'879
Total thermisch	451	197	194	932	549	2'966	3'716	3'552	2'707	2'583	1'485	674	20'007
Kochen E _{Cook}	27	10	14	34	24	32	30	21	24	23	30	23	293
Elektrisch E _{elektrisch}	486	331	328	600	607	774	789	763	654	657	614	449	7'050
Total	kWh	964	538	535	1'156	1'179	3'772	4'535	4'336	3'385	3'264	2'129	27'350
verschuss	kWh	383	245	248									369
Anteil Solar thermisch	f _{sol}	100%	100%	100%	45%	80%	4%	2%	6%	10%	25%	49%	22%
Ertrag Solar thermisch	Q _{SolU}	451	197	194	418	439	113	60	202	276	656	733	674
Anteil Solar elektrisch	f _{PV}	24%	39%	44%	14%	21%	7%	9%	10%	11%	22%	23%	18%
Energiebedarf													
Total thermisch und Kochen	Q _{tot,T}	kWh	398	210	198	514	110	2'853	3'656	3'350	2'431	1'927	752
Elektrisch	Q _{tot,E}	kWh	398	210	198	549	504	753	751	708	608	536	505
Verluste total	V _{tot}	kWh	34	19	338	237	297	349	1'338	551	339	171	239
Endenergieverbrauch													
Energie Gas thermisch	E _{gas,T}	kWh	34	19	852	347	3'150	4'005	4'688	2'982	2'266	923	19'505
Gas total	E _{gas,r4}	kWh	61	29	14	887	371	3'182	4'034	4'709	3'006	2'289	953
Elektrisch	E _{EL}	kWh	371	201	184	515	480	722	721	687	584	513	475
Total	E _{tot}	kWh	432	230	198	1'402	851	3'904	4'756	5'396	3'590	2'802	1'428
Nutzungsgrad total													
Nutzungsgrad thermisch		m ³	10.5	4.3	4.2	8.9	9.4	9.9	12.3	7.7	9.5	9.1	10.0
Warmwasserverbrauch		m ³											105

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

53

Monatsdaten, Minergiehaus Erlenbach, Periode 2002/03

	Jun.02	Jul.02	Aug.02	Sept.02	Okt.02	Nov.02	Dez.02	Jan.03	Feb.03	Mr.03	Apr.03	Mai.03	Jahr
Stunden Daten	720	744	720	744	720	744	720	744	672	744	720	744	8760
Datenverf gbarkeit*	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	308	327	95	626	6237
Meteo													71%
Globalstrahlung H	172	159	136	110	88	32	21	37	64	149	144	1'262	1'262
Einstrahlung Kollektoren H _{1,sol}	81	79	76	73	69	26	18	37	57	108	90	789	789
Einstrahlung PV Anlage H _{1,pv}	20.5	19.6	18.8	13.9	10.7	6.9	4.4	0.9	-1.1	7.7	10.1	10.7	10.7
Aussentemperatur T _a													MJ/m ² a
Energie produziert													73
Solar Thermisch** Q _{s,th}	905	475	423	501	437	138	42	72	244	708	744	5'421	5'421
Photovoltaik E _{p,th}	122	119	117	114	107	38	24	54	84	173	142	1209	1209
Energie Entnahme													90
Heizung Q _{heizung}	0	0	0	354	994	2'377	2'916	3'419	3'415	2'071	959	125	16'629
Warmwasser Q _{wasser}	424	244	176	399	474	503	558	530	468	469	371	405	5'021
Total thermisch	424	244	176	753	1'467	2'880	3'474	3'950	3'883	2'540	1'330	531	21'651
Kochen E _{coo-k}	28	14	10	25	23	32	28	27	25	29	22	18	281
Elektrisch E _e	371	201	184	515	480	722	721	687	584	513	475	340	5'791
Total	823	458	369	1'293	1'970	3'634	4'223	4'663	4'492	3'082	1'827	888	27'722
berschuss Ue _{tot}	481	231	247										374
Anteil Solar thermisch f _{sol}	100%	100%	100%	67%	30%	5%	1%	2%	6%	28%	56%	100%	20%
Ertrag Solar thermisch Q _{sol}	424	244	176	501	437	138	42	72	244	708	744	531	4'259
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	33%	59%	63%	22%	22%	5%	3%	8%	14%	34%	30%	34%	21%
Energiebedarf													66
Total thermisch Q _{tot,T}	kWh	276	96	77	252	1'030	2'743	3'432	3'878	3'639	1'832	586	17'392
Elektrisch und Kochen E _{EL+K}	kWh	276	96	77	426	395	716	726	660	525	369	355	4'862
Total	Q _{tot}	276	96	77	678	1'426	3'459	4'157	4'538	4'164	2'201	941	22'254
Verluste total	V _{tot}	kWh	5	234	518	547	402	411	471	721	655	199	4'162
Endenergieverbrauch													56
Energie Gas thermisch E _{gas,T}	kWh	5	10	486	1'549	3'290	3'834	4'288	4'110	2'553	1'241	199	21'554
Gas total E _{gas,ra}	kWh	28	19	511	1'571	3'322	3'862	4'316	4'135	2'582	1'263	217	21'834
Elektrisch E _{EL}	kWh	249	82	67	401	373	684	698	633	500	340	333	4'582
Total	E _{tot}	kWh	276	100	77	912	1'944	4'006	4'559	4'949	4'635	2'921	15'96
Nutzungsgrad total													357
Nutzungsgrad thermisch													84%
Warmwasserverbrauch	m ³	8.5	5.3	3.8	9.0	9.8	9.8	10.5	9.7	8.4	8.5	7.0	8.0
													98

* Die Messwerte wurden auf 100% korrigiert.

** In den Monaten Juli und August waren die Kollektoren wegen Abwesenheit zum Teil abgedeckt.

Monatsdaten, Minergiehaus Erlenbach, Heizperiode 2000 bis 2003

Winter 2000/2003									
	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jan.01	Feb.01	Mr.01	Okt.01	Nov.01	Dez.01
Stunden	h 744	720	744	744	672	744	744	720	744
Stunden Daten	h 744	420	744	744	603	553	744	720	744
Datenverf. gbarkeit*	100%	58%	100%	90%	74%	87%	100%	100%	100%
Meteo									
Globalstrahlung H									
Einstrahlung PV Anlage H _{iso}	kWh/m ² 54	54	32	44	69	70	323	105	40
Einstrahlung PV Anlage H _{IPV}	kWh/m ² 39	51	31	43	59	48	271	81	35
AussenTemperatur T _a	°C 11.1	6.5	4.5	2.2	4.2	7.5	6.0	13.7	3.6
Lüftungsgradstufen 24h/20j/20j	Kh 6659	9744	11578	13275	10643	9299	61198	4659	11798
Energie produziert									
Solar Thermisch Q _{solar}	kWh 244	208	56	92	215	352	1167	439	113
Photovoltaik E _{pv}	kWh 59	78	45	66	93	75	415	127	52
Total	kWh 303	286	101	158	308	426	1582	566	165
Energie Einnahme									
Heizung Q _{heiz}	kWh 933	2315	2536	3400	2814	2580	14578	172	2532
Warmwasser Q _{ww}	kWh 387	486	546	435	443	453	2770	377	435
Total thermisch	kWh 1330	2811	3081	3835	3297	3033	17348	549	2966
Kochen E _{gas}	kWh 24	30	34	23	15	21	148	24	32
Elektrisch E _{el}	kWh 662	752	818	711	603	698	4244	607	774
Total	kWh 2016	3594	3934	4669	3874	3752	21740	1179	3772
Verbrauch U _{tot}	kWh 1086	2603	3025	3743	3042	2681	16181	110	2853
Anteil Solarthermisch f _{solar}	% 18%	7%	2%	7%	12%	7%	80%	4%	2%
Entrag Solarthermisch Q _{solar}	kWh 244	208	56	92	215	352	1167	439	113
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	% 9%	10%	6%	9%	15%	1%	10%	21%	7%
Spezifische Einnahme Heizung									
Anteil Solarthermisch f _{solar}	kWh/kWh 0.140	0.238	0.219	0.256	0.264	0.277	0.238	0.037	0.215
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	kWh/kWh 0.140	0.238	0.219	0.256	0.264	0.277	0.238	0.037	0.215
Energiebedarf									
Total thermisch	kWh 628	705	807	668	525	644	3977	504	753
Elektrisch und Kochen Q _{sat}	kWh 1714	3308	3332	4411	3567	3326	20158	613	3607
Spezifischer Bedarf thermisch	Q _{sat}	kWh/kWh 0.163	0.267	0.261	0.282	0.286	0.288	0.024	0.242
Verluste total V _{et}	kWh 257	412	363	406	361	257	2056	237	297
Endenergieverbrauch									
Energie Gastermisch E _{gas}	kWh 1343	3015	3388	4149	3404	2938	18237	347	3150
Gas total E _{gas}	kWh 1368	3045	3423	4172	3418	2959	18385	371	3182
Elektrisch E _{el}	kWh 603	675	773	645	510	623	3829	480	722
Spezifischer Gasbedarf Heizung	E _{tot}	kWh/kWh 0.1971	3720	4195	4147	3928	3582	22214	851
Nutzungsgrad total									
Nutzungsgrad thermisch	m³/kWh 87%	89%	91%	92%	91%	93%	91%	72%	92%
Warmwasserverbrauch	m³/kWh 81%	86%	88%	90%	89%	91%	89%	32%	85%

* Die Messwerte wurden auf 100% korrigiert.

Winter 2001/2002									
	Okt.02	Nov.02	Dez.02	Mr.03	Feb.03	Jan.03	Okt.02	Nov.02	Dez.02
Stunden	h 744	720	744	744	672	744	744	4368	744
Stunden Daten	h 744	420	744	744	603	553	744	3372	744
Datenverf. gbarkeit*	100%	58%	100%	90%	74%	87%	100%	100%	100%
Meteo									
Globalstrahlung H									
Einstrahlung PV Anlage H _{iso}	kWh/m ² 54	54	32	44	69	70	323	105	40
Einstrahlung PV Anlage H _{IPV}	kWh/m ² 39	51	31	43	59	48	271	81	35
AussenTemperatur T _a	°C 11.1	6.5	4.5	2.2	4.2	7.5	6.0	13.7	3.6
Lüftungsgradstufen 24h/20j/20j	Kh 6659	9744	11578	13275	10643	9299	61198	4659	11798
Energie produziert									
Solar Thermisch Q _{solar}	kWh 244	208	56	92	215	352	1167	439	113
Photovoltaik E _{pv}	kWh 59	78	45	66	93	75	415	127	52
Total	kWh 303	286	101	158	308	426	1582	566	165
Energie Einnahme									
Heizung Q _{heiz}	kWh 933	2315	2536	3400	2814	2580	14578	172	2532
Warmwasser Q _{ww}	kWh 387	486	546	435	443	453	2770	377	435
Total thermisch	kWh 1330	2811	3081	3835	3297	3033	17348	549	2966
Kochen E _{gas}	kWh 24	30	34	23	15	21	148	24	32
Elektrisch E _{el}	kWh 662	752	818	711	603	698	4244	607	774
Total	kWh 2016	3594	3934	4669	3874	3752	21740	1179	3772
Verbrauch U _{tot}	kWh 1086	2603	3025	3743	3042	2681	16181	110	2853
Anteil Solarthermisch f _{solar}	% 18%	7%	2%	7%	12%	7%	80%	4%	2%
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	% 9%	10%	6%	9%	15%	1%	10%	21%	7%
Spezifische Einnahme Heizung									
Anteil Solarthermisch f _{solar}	kWh/kWh 0.140	0.238	0.219	0.256	0.264	0.277	0.238	0.037	0.215
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	kWh/kWh 0.140	0.238	0.219	0.256	0.264	0.277	0.238	0.037	0.215
Energiebedarf									
Total thermisch	kWh 628	705	807	668	525	644	3977	504	753
Elektrisch und Kochen Q _{sat}	kWh 1714	3308	3332	4411	3567	3326	20158	613	3607
Spezifischer Bedarf thermisch	Q _{sat}	kWh/kWh 0.163	0.267	0.261	0.282	0.286	0.288	0.024	0.242
Verluste total V _{et}	kWh 257	412	363	406	361	257	2056	237	297
Endenergieverbrauch									
Energie Gastermisch E _{gas}	kWh 1343	3015	3388	4149	3404	2938	18237	347	3150
Gas total E _{gas}	kWh 1368	3045	3423	4172	3418	2959	18385	371	3182
Elektrisch E _{el}	kWh 603	675	773	645	510	623	3829	480	722
Spezifischer Gasbedarf Heizung	E _{tot}	kWh/kWh 0.1971	3720	4195	4147	3928	3582	22214	851
Nutzungsgrad total									
Nutzungsgrad thermisch	m³/kWh 87%	89%	91%	92%	91%	93%	91%	72%	92%
Warmwasserverbrauch	m³/kWh 81%	86%	88%	90%	89%	91%	89%	32%	85%

Winter 2002/2003									
	Okt.03	Nov.03	Dez.03	Mr.04	Feb.04	Jan.03	Okt.03	Nov.03	Dez.03
Stunden	h 744	720	744	744	672	744	744	4368	744
Stunden Daten	h 744	420	744	744	603	553	744	3372	744
Datenverf. gbarkeit*	100%	58%	100%	90%	74%	87%	100%	100%	100%
Meteo									
Globalstrahlung H									
Einstrahlung PV Anlage H _{iso}	kWh/m ² 54	54	32	44	69	70	323	105	40
Einstrahlung PV Anlage H _{IPV}	kWh/m ² 39	51	31	43	59	48	271	81	35
AussenTemperatur T _a	°C 11.1	6.5	4.5	2.2	4.2	7.5	6.0	13.7	3.6
Lüftungsgradstufen 24h/20j/20j	Kh 6659	9744	11578	13275	10643	9299	61198	4659	11798
Energie produziert									
Solar Thermisch Q _{solar}	kWh 244	208	56	92	215	352	1167	439	113
Photovoltaik E _{pv}	kWh 59	78	45	66	93	75	415	127	52
Total	kWh 303	286	101	158	308	426	1582	566	165
Energie Einnahme									
Heizung Q _{heiz}	kWh 933	2315	2536	3400	2814	2580	14578	172	2532
Warmwasser Q _{ww}	kWh 387	486	546	435	443	453	2770	377	435
Total thermisch	kWh 1330	2811	3081	3835	3297	3033	17348	549	2966
Kochen E _{gas}	kWh 24	30	34	23	15	21	148	24	32
Elektrisch E _{el}	kWh 662	752	818	711	603	698	4244	607	774
Total	kWh 2016	3594	3934	4669	3874	3752	21740	1179	3772
Verbrauch U _{tot}	kWh 1086	2603	3025	3743	3042	2681	16181	110	2853
Anteil Solarthermisch f _{solar}	% 18%	7%	2%	7%	12%	7%	80%	4%	2%
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	% 9%	10%	6%	9%	15%	1%	10%	21%	7%
Spezifische Einnahme Heizung									
Anteil Solarthermisch f _{solar}	kWh/kWh 0.140	0.238	0.219	0.256	0.264	0.277	0.238	0.037	0.215
Anteil Solar elektrisch f _{pv}	kWh/kWh 0.140	0.238	0.219	0.256	0.264	0.277	0.238	0.037	0.215
Energiebedarf									
Total thermisch	kWh 628	705	807	668	525	644	3977	504	753
Elektrisch und Kochen Q _{sat}	kWh 1714	3308	3332	4411	3567	3326	20158	613	3607
Spezifischer Bedarf thermisch	Q _{sat}	kWh/kWh 0.163	0.267	0.261	0.282	0.286</			

Berechnungen Energieberater, Minergiehaus Erlenbach

Effektive Nutzung nach den Berechnungen von 1.4.99

Antrag für Registrierung
MINERGIE-Konformität

- Einzelgebäude (Gebühr 150 Fr.) Einzelgebäude (Gebühr 750 Fr.)
 Mehrfachnutzung (Gebühr 300 Fr.) Mehrfachnutzung (Gebühr 2'000 Fr.)

Antragsteller/in: Thomas Nordmann

Verantwortlich: Urs Gadola c/o energa

Funktion (z.B. Bauherrschaft, GU): Bauherr

Adresse: TNC ASylstr. 84 8708 Männedorf

Tel.: 01 921 13 14 Fax: 01 921 13 77

Präzise Bezeichnung des Gebäudes oder Gebäudetyps:

Gebäudetyp: EFH MFH DL-Gebäude

Gebäudefrösse (EBF): 266.5 m²

Einzelgebäude, Standort: 8703 Erlenbach, Grundstr.

Mehrfachnutzung, Name des Gebäudetyps:

Bei Mehrfachnutzung:

Notwendige Aufstellungsbedingungen zur Gewährleistung des MINERGIE-Standards:

Hauptfensterflächen gegen Süd Ost / West

Bedingungen für die Haustechnik (z.B. WP/Quelle, Solarenergie, Lüftung,

Produktename):

Beilagen zu Label-Antrag:

Nachweise SIA 380/1, MINERGIE-Nachweis und Ausführungspläne 1:50

Beilagen zu Konformitätsantrag:

MINERGIE-Nachweis

Die Unterzeichnenden

- erklären, dass die erwähnten Gebäude dem MINERGIE-Standard entsprechen (nur für Konformität).
- erklären, dass sie das MINERGIE-Reglement (Ausgabe vom Dez 1998) zur Kenntnis genommen haben.
- anerkennen das MINERGIE-Reglement als integrale Bedingung jeder Nutzung der Marke MINERGIE.
- sind mit der Veröffentlichung der registrierten Daten (Architekt/in, Planer/in, Gebäudestandort, Eigentümer/in, usw.) einverstanden nicht einverstanden

Ort

Datum

Unterschrift der Antragsteller/innen

Stäfa 6/11/1998

Thomas Nordmann

Grundlagen für Nachweis MINERGIE-Standard

Version 2, 15.1.98

(Für Wohnbauten und Dienstleistung)

Gebäudebezeichnung, Adresse

Einfamilienhaus Nordmann
Grundstrasse 8704 Erlenbach

Baujahr: 1999
Höhe 450 m.ü.M

Angaben aus der Berechnung des Wärmebedarfs gemäss SIA 380/1

1 Haustyp	<input checked="" type="checkbox"/> EFH	<input type="checkbox"/> MFH	<input type="checkbox"/> Dienstleistung	
2 Energiebezugsfläche (EBF)		korrigiert:	266,5 m ²	
		unkorrektiert:	257,1 m ²	
3 Gebäudevolumen (netto)			507,0 m ³	
4 Heizenergiebedarf inkl. 10% Wärmebrücken			9'845 kWh/a	pro m ² 36,9 kWh/m ² a
5 Warmwasser			4371 kWh/a	pro m ² 17,0 kWh/m ² a

Technische Angaben mechanische Lüftungsanlage

6 Wirkungsgrad WRG		80 %
7 Laufzeit/Heizperiode		30 Wochen
8 Luftmenge	Stufe 1	Stufe 2
9 Elektrische Leistung aller Ventilatoren	177	
10 Betriebsstunden pro Woche (max. 168h)	170	
	(Summe = 168 h/Wo)	168 h/Wo

Verteiltemperaturen

11 Temperaturen Heizung (Auslegung Wärmeabgabe)	t _{Rückl.}	35	t _{Vorl.}	45 °C
12 Temperatur Brauchwarmwasser (Planung)	t _{WW}			55 °C

Technische Angaben Wärmeerzeugung

13 Heizkessel	Nutzungsgrad:	Deckungsgrad	
		Heizung	Warmwasser
Typ: <input type="checkbox"/> Öl <input checked="" type="checkbox"/> Gas <input type="checkbox"/> Andere	85,0 %	78	41 %
14 Holzfeuerung	Nutzungsgrad:	100,0 %	

Typ:

15 Elektrisch direkt	Nutzungsgrad:	100,0 %	
16 Fernwärme	Nutzungsgrad:		%

17 Wärmepumpe (Heizung)	Jahresarbeitszahl:	-	
Typ: <input type="checkbox"/> Erdsonde <input type="checkbox"/> Luft/Wasser <input type="checkbox"/> Grundwasser <input type="checkbox"/> Andere			%

18 Wärmepumpe (Warmwasser)	Jahresarbeitszahl:	-	
Typ: <input type="checkbox"/> Erdsonde <input type="checkbox"/> Luft/Wasser <input type="checkbox"/> Grundwasser <input type="checkbox"/> Andere			%

19 WKK	Wirkungsgrad thermisch	%	
	Wirkungsgrad elektrisch	%	

20 Andere Wärmeerzeugung	Nutzungsgrad:	%	
.....			

Endenergie: Brennstoff Elektrizität Erneuerbar

21 Solarenergie Thermisch	Absorberfläche:	8,5 m ²	
Netto Jahresertrag pro m ² Absorberfläche:		558 kWh/m ² a	22 59 %

22 Ertrag aus Photovoltaik	Nennleistung:	2250 Wp	
Netto-Jahres-Ertrag pro Wp		0,62 kWh/Wp,a	

23	Kontrollsumme Deckungsgrad:	100	100 %
.....			

Nachweis MINERGIE-Standard (Für Wohnbauten und Dienstleistung)

Version 2, 15.1.98

Gebäudebezeichnung, Adresse

Einfamilienhaus Nordmann
Grundstrasse 8704 Erlenbach

Baujahr: 1999

	zugeführte Energie Elektrizität kWh/m²a	benötigte Wärme kWh/m²a
Bedarf für Heizung und Warmwasser		
(Übertrag aus Blatt "Grundlagen")		
31 Heizenergiebedarf		36.9
32 Warmwasser		17.0
33 Total benötigte Wärme		53.9
Deckung des Bedarfs für Heizung und Warmwasser		
34 Heizkessel	42.1	35.8
35 Holzfeuerung		
36 Elektrisch direkt		
37 Fernwärme		
38 Wärmepumpe (Heizung)		
39 Wärmepumpe (Warmwasser)		
40 Wärmekraftkopplung (WKK)		
41 Andere Wärmeerzeugung		
42 Solarenergie Thermisch		
43 Photovoltaikanlage	5.2 *	
44 Elektrizität für mechanische Lüftungsanlage	3.2	
mittlerer Luftwechsel = 0.35 1/h		
thermisch wirksamer Luftwechsel = 0.07 1/h		
45 Total zugeführte Energie / benötigte Wärme	- 2	42.1
46 Gewichtung Elektrizität: mit Faktor 2 multiplizieren		- 4
47 Energiekennzahl Wärme (MINERGIE-Spezifikation, vgl. Zeile 46)		38.1
48 MINERGIE-Standard erfüllt (vgl. Zeile 47):	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Neubauten max. 45 kWh/m²a, Bauten mit Baujahr < 1990 max. 90 kWh/m²a		

Beilagen:

- Heizenergiebedarfsberechnung (inkl. nötige Beilagen)
- Prinzipschema Heizung und Lüftung

Für technische Rückfragen:

Name, Telefon:

Urs Gadola c/o energa

Tel. 926 66 00

Ort, Datum, Unterschrift:

Stäfa 6/4/99 *Urs Gadola*

* Automatischer Übertrag von Formular "Grundlagen"
funktioniert nicht.

Monatswerte PV-Anlage, Minergiehaus Erlenbach

GRUND 2.04 [kWp]	tM [h]	Batt. Inv/ [kWh/m²]	H [°C]	T am [°C]	E A [kWh]	E IO+ [kWh]	ins Netz [kWh]	Kummiuliert [kWh]
2000	7'344	3174	661	13.4	1'145	1'032	1'032	10'98
2001	8'760	3646	766	10.6	1312	1'186	2'218	11'91
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	13'66
2003	7'983	3586	826	12.1	1403	1'270	4'667	13'97
März 00..	Nov. 03	14'026				4'667		
mittel	8'212	3507	756	11.8	1'292	1'167	1'167	

Jan. 02	744	225	51	1.1	84	76	76	2'294
Feb. 02	672	226	46	6.0	78	70	70	2'364
Mär. 02	744	324	91	7.5	158	144	144	2'509
Apr. 02	720	357	88	9.8	153	139	139	2'648
Mai. 02	744	383	72	14.0	122	109	109	2'757
Jun. 02	720	407	81	20.5	136	122	122	2'879
Jul. 02	744	401	79	19.6	132	119	119	2'998
Aug. 02	744	378	76	18.8	129	117	117	3'115
Sept. 02	720	309	73	13.9	126	114	114	3'229
Okt. 02	744	281	69	10.7	118	107	107	3'336
Nov. 02	720	180	26	6.9	43	38	38	3'373
Dez. 02	744	149	18	4.4	28	24	24	3'397
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	3'397

Jan. 01	744	200	43	2.2	73	66	66	10'98
Feb. 01	672	237	59	4.2	102	93	93	11'91
Mär. 01	744	286	48	7.5	84	75	75	12'66
Apr. 01	720	343	63	7.7	110	99	99	13'64
Mai. 01	744	398	86	16.6	147	133	133	14'97
Jun. 01	720	398	74	16.5	128	115	115	16'12
Jul. 01	744	402	84	20.1	144	130	130	17'43
Aug. 01	744	381	91	20.5	158	144	144	18'87
Sept. 01	720	304	55	12.5	95	84	84	19'71
Okt. 01	744	293	81	13.7	139	127	127	2'098
Nov. 01	720	205	35	3.6	58	52	52	2'150
Dez. 01	744	199	45	0.6	75	68	68	2'218
2001	8'760	3646	766	10.6	1'312	1'186	1'186	2'218

GRUND 2.04 [kWp]	tM [h]	Batt. Inv/ [kWh/m²]	H [°C]	T am [°C]	E A [kWh]	E IO+ [kWh]	ins Netz [kWh]	Kummiuliert [kWh]
2000	7'344	3174	661	13.4	1'145	1'032	1'032	10'98
2001	8'760	3646	766	10.6	1312	1'186	2'218	11'91
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	13'66
2003	7'983	3586	826	12.1	1403	1'270	4'667	13'97
März 00..	Nov. 03	14'026				4'667		
mittel	8'212	3507	756	11.8	1'292	1'167	1'167	

Jan. 02	744	225	51	1.1	84	76	76	2'294
Feb. 02	672	226	46	6.0	78	70	70	2'364
Mär. 02	744	324	91	7.5	158	144	144	2'509
Apr. 02	720	357	88	9.8	153	139	139	2'648
Mai. 02	744	383	72	14.0	122	109	109	2'757
Jun. 02	720	407	81	20.5	136	122	122	2'879
Jul. 02	744	401	79	19.6	132	119	119	2'998
Aug. 02	744	378	76	18.8	129	117	117	3'115
Sept. 02	720	309	73	13.9	126	114	114	3'229
Okt. 02	744	281	69	10.7	118	107	107	3'336
Nov. 02	720	180	26	6.9	43	38	38	3'373
Dez. 02	744	149	18	4.4	28	24	24	3'397
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	3'397

Jan. 01	744	200	43	2.2	73	66	66	10'98
Feb. 01	672	237	59	4.2	102	93	93	11'91
Mär. 01	744	286	48	7.5	84	75	75	12'66
Apr. 01	720	343	63	7.7	110	99	99	13'64
Mai. 01	744	398	86	16.6	147	133	133	14'97
Jun. 01	720	398	74	16.5	128	115	115	16'12
Jul. 01	744	402	84	20.1	144	130	130	17'43
Aug. 01	744	381	91	20.5	158	144	144	18'87
Sept. 01	720	304	55	12.5	95	84	84	19'71
Okt. 01	744	293	81	13.7	139	127	127	2'098
Nov. 01	720	205	35	3.6	58	52	52	2'150
Dez. 01	744	199	45	0.6	75	68	68	2'218
2001	8'760	3646	766	10.6	1'312	1'186	1'186	2'218

GRUND 2.04 [kWp]	tM [h]	Batt. Inv/ [kWh/m²]	H [°C]	T am [°C]	E A [kWh]	E IO+ [kWh]	ins Netz [kWh]	Kummiuliert [kWh]
2000	7'344	3174	661	13.4	1'145	1'032	1'032	10'98
2001	8'760	3646	766	10.6	1312	1'186	2'218	11'91
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	13'66
2003	7'983	3586	826	12.1	1403	1'270	4'667	13'97
März 00..	Nov. 03	14'026				4'667		
mittel	8'212	3507	756	11.8	1'292	1'167	1'167	

GRUND 2.04 [kWp]	tM [h]	Batt. Inv/ [kWh/m²]	H [°C]	T am [°C]	E A [kWh]	E IO+ [kWh]	ins Netz [kWh]	Kummiuliert [kWh]
2000	7'344	3174	661	13.4	1'145	1'032	1'032	10'98
2001	8'760	3646	766	10.6	1312	1'186	2'218	11'91
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	13'66
2003	7'983	3586	826	12.1	1403	1'270	4'667	13'97
März 00..	Nov. 03	14'026				4'667		
mittel	8'212	3507	756	11.8	1'292	1'167	1'167	

GRUND 2.04 [kWp]	tM [h]	Batt. Inv/ [kWh/m²]	H [°C]	T am [°C]	E A [kWh]	E IO+ [kWh]	ins Netz [kWh]	Kummiuliert [kWh]
2000	7'344	3174	661	13.4	1'145	1'032	1'032	10'98
2001	8'760	3646	766	10.6	1312	1'186	2'218	11'91
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	13'66
2003	7'983	3586	826	12.1	1403	1'270	4'667	13'97
März 00..	Nov. 03	14'026				4'667		
mittel	8'212	3507	756	11.8	1'292	1'167	1'167	

GRUND 2.04 [kWp]	tM [h]	Batt. Inv/ [kWh/m²]	H [°C]	T am [°C]	E A [kWh]	E IO+ [kWh]	ins Netz [kWh]	Kummiuliert [kWh]
2000	7'344	3174	661	13.4	1'145	1'032	1'032	10'98
2001	8'760	3646	766	10.6	1312	1'186	2'218	11'91
2002	8'760	3620	770	11.1	1308	1'179	1'179	13'66
2003	7'983	3586	826	12.1	1403	1'270	4'667	13'97
März 00..	Nov. 03	14'026				4'667		
mittel	8'212	3507	756	11.8	1'292	1'167	1'167	