

Bundesamt für Energie
Bereich: Gebäudesysteme und -hülle (Ia)

"Nullenergiehaus dank Photovoltaik"



Inhalt:

| | Seite |
|---|--------------|
| Einleitung / Ausgangslage | 3 |
| Projektziele | 3 |
| Grundsätzliche Unterschiede der beiden DEFH-Hausteile | 3 |
| Kurzzusammenfassung der Resultate | 3 |
| | |
| Teil 1: Bau- und Baumehrkosten für den Niedrigenergiestandard (Minergie) | |
| Beschrieb Ausbaustandard des DEFH | 4 |
| Baukosten ohne energetische Zusatzmassnahmen | 4 |
| Baukosten mit energetischen Zusatzmassnahmen | 4 |
| Bemerkung zu den Baukosten | 5 |
| Bemerkung für zukünftige Bauten | 5 |
| | |
| Teil 2: Jahresbericht über die Energiemessungen | |
| Beschrieb Messkonzept | 6 |
| Bemerkungen zum Messkonzept | 6 |
| Einleitung zur Erfassung der Messwerte | 6 |
| | |
| Tabelle: Gemessene Werte Hausteil Ost (kWh Strom) | 7 |
| Tabelle: korrigierte Werte Hausteil Ost (kWh Strom) | 8 |
| | |
| Tabelle: Gemessene Werte Hausteil West (kWh Strom) | 9 |
| Tabelle: korrigierte Werte Hausteil West (kWh Strom) | 10 |
| | |
| Resultate (Vergleich zum Minergie-Standard) | 11 |
| | |
| Anhang: Situationsplan Mst. 1 : 200 | |

Impressum:

Bericht: September 1998

Auftraggeber: Bundesamt für Energie; Bereich Gebäudesysteme

Sachbearbeitung: Solargenossenschaft Frauenfeld

Projektleiter: Thomas Böhni

Industriestr. 23, 8500 Frauenfeld, Tel. 052 728 89 97, Fax .. 09

Architekt: H.U. Engeli; Lettenstr. 8; 9507 Stettfurt

Titelbild: DEFH in Niedrigenergiebauweise mit Photovoltaikanlage

Einleitung / Ausgangslage:

Im Zentrum von Frauenfeld wurde ein Doppel-Einfamilienhaus (DEFH) in Niedrigenergiebauweise erstellt.

Aus städtebaulichen Gründen musste die Hauptausrichtung (Süden) vom Bau strassenparallel leicht gegen Osten gedreht werden. In diesem Zusammenhang mussten auch die ursprünglich geplante Raum- sowie die Gartennutzung geändert werden. Die Wohnräume und der Garten liegen nun im Norden. Dies bedeutet, dass im Wohnbereich die grosse Fensterfront auch im Norden realisiert werden musste. Diese Nutzung verschlechtert die passive Sonnenenergienutzung.

Gegenüber Standardbauten wurde ein besserer K-Wert für die Aussenwände und Fenster realisiert, sowie eine kontrollierte Lüftung eingesetzt.

Die Wärme- und Warmwassererzeugung wird mit einer Wärmepumpe sichergestellt. Für zusätzliche Heizzwecke, sowie zur Verbesserung der Raumatmosphäre ist jede Haushälfte mit einem Schwedenofen bestückt.

Auf der einen Haushälfte ist eine 3.6 kWp Photovoltaikanlage montiert. Die Stromproduktion aus der Photovoltaikanlage wird in erster Linie zur Eigenbedarfsdeckung verwendet. Ueberschusstrom wird ins Netz abgegeben.

Die verwendeten Haushaltsgeräte wurden durch die Bauherrschaft ausgesucht. Die Güteklaasse der Geräte wurde nicht erfasst.

Projektziele:

- Nur geringe Mehrkosten für Niedrigenergiebauweise gegenüber dem heutigen Baustandard
- dementsprechend geringer Energieverbrauch und hoher Deckungsgrad durch Stromeigenerzeugung mit Photovoltaik-Anlage
- weitgehende Verwendung baubiologischer Materialen

Grundsätzliche Unterschiede der beiden DEFH-Hälften:

Das Haus Ost wird unter "Normbedingungen" mit 21 ° C im Wohnbereich und 18 ° C im Schlafbereich von 5 erwachsenen Personen bewohnt.

Das Haus West wird generell mit 3 -4 ° C höheren Raumtemperaturen von 2 Erwachsenen und einem Kind bewohnt.

Das Haus West ist mit einer 3.6 kWp Photovoltaikanlage bestückt.

Kurzzusammenfassung der Resultate:

Der Minergie-Standard wird im Bereich Wärme eingehalten. Im Bereich allgemeiner Haushaltstrom kann der Minergie-Standard jedoch nur zum Teil eingehalten werden. Die nicht-gedeckten Mehrkosten für die energetischen Zusatzmassnahmen liegen bei ca. 10000.-- Fr. pro Hausteil. Insgesamt wurde im Bereich rationeller Energienutzung ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis erzielt.

Teil 1: Bau- und Baumehrkosten für den Niedrigenergiestandard (Minergie)

Beschrieb Ausbaustandard des DEFH:

Das DEFH mit je 165 m² Wohnfläche ist in Massivbauweise erstellt. Die Wände sind aus Kalksandstein (Innen Sichtbauweise, weiß gestrichen, aussen mit 18 cm Steinwolle Wärmedämmung). Keller und Kellerdecke sind in Beton, alle übrigen Decken sind als Holzbalkendecken weiß lasiert ausgeführt. Im ganzen Haus ist eine Fußbodenheizung eingebaut. Sämtliche Böden (Ausnahme Badezimmer / WC) sind mit einem 2 cm Massiv-Holzparkett bestückt.

Fenstersims und Fensterbank sind mit Stein (Marmor / Granit) belegt.

Die Fenster sind 3 fach verglast und weisen einen k-Wert-Glas von 0.5 auf.

Das DEFH ist mit einer kontrollierten Lüftung versehen. Jedes Zimmer verfügt über eine eigene Frischluftzufuhr. Die Abluft wird in der Küche, im Bad und an verschiedenen Orten im Treppenhaus abgesaugt.

Die Bedienung der Heizungs- und Lüftungsanlage kann vom Wohnzimmer aus sichergestellt werden. Die Wärme für Heizung und Warmwasser (Bestellboilerprinzip) wird von der Wärmepumpe sichergestellt. Jede Haushälfte ist mit einer eigenen Wärmepumpe bestückt. Beide Wärmepumpen befinden sich im Untergeschoss in einem separaten Energieraum ausserhalb des Gebäudes.

Im Vergleich zu anderen kostenbewussten Bauten ist der Ausbaustandard als überdurchschnittlich zu bezeichnen.

Baukosten ohne energetische Zusatzmassnahmen:

| | Hausteil West | Hausteil Ost |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Umbauter Raum nach SIA: | 741 m ³ | 770 m ³ |
| Baukosten Gebäude: | 364194.-- Fr. | 390712.-- Fr. |
| Kosten umbauter Raum nach SIA: | 491.-- Fr. / m³ | 507.-- Fr. / m³ |

Baukosten mit energetischen Zusatzmassnahmen:

| | Hausteil West | Hausteil Ost |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Umbauter Raum nach SIA: | 741 m ³ | 770 m ³ |
| Mehrkosten für: | | |
| - Dachisolation (2. Isolationsschicht +60 mm) | 1500.-- Fr. | 1500.-- Fr. |
| - Aussenisolation 180 mm Steinwolle statt 100 mm | 2500.-- Fr. | 3000.-- Fr. |
| - Wärmepumpe mit Erdkollektor (keine Mehrkosten gegenüber Gasheizung) | | |
| - Beistellboiler (Mehrpreis gegenüber Elektroboiler) | 1000.-- Fr. | 1000.-- Fr. |
| - WRG-Lüftung (inkl. Montage) | 8500.-- Fr. | 8500.-- Fr. |
| - Fenster (k-Wert Glas 0.5 statt 1.1) | 5000.-- Fr. | 5500.-- Fr. |
| Total der Mehrkosten (ohne Photovoltaik) | 18500.-- Fr. | 19500.-- Fr. |
| Baukosten Gebäude (inkl. Mehrkosten): | 382694.-- Fr. | 410212.-- Fr. |
| Kosten umbauter Raum nach SIA (inkl. Mehrkosten): | 516.-- Fr. / m³ | 533.-- Fr. / m³ |
| Kosten für die 3.6 kWp-Photovoltaikanlage | 42000.-- Fr. | |

Bemerkung zu den Baukosten:

Die Mehrkosten von 18500.-- respektive 19500.-- Fr. können als gering bezeichnet werden. Wird die Energiekosteneinsparung mit berücksichtigt, so kann ca. die Hälfte der Mehrkosten amortisiert und verzinst werden (Das heisst effektiv verbleiben nicht gedeckte Mehrkosten von ca. 10000.-- Fr. pro Hausteil).

Dies entspricht einem Mehrpreis von ca. 2.7 % bei den Gebäude-Baukosten.

Diese Mehrkosten sind für eine energiebewusste Bauherrschaft ohne weiteres tragbar.

Werden die nichtgedeckten Mehrkostenvon ca. 10000.-- Fr. für Energiesparmassnahmen und die nicht gedeckten Mehrkosten (ca. 35000.-- Fr) für den Bau einer 3.6 kWp Photovoltaikanlage addiert, ergeben sich nicht gedeckte Gesamtkosten von ca. 45000.-- Fr. für den Hausteil West. Dies entspricht einem Mehrpreis von ca. 12 % bei den Gebäude-Baukosten.

Berücksichtigt man die aktuellen Fördermöglichkeiten(1998) für Photovoltaikanlagen und Wärmepumpen, so ist eine Förderung je nach Region zwischen 12400.-- Fr. und 28900.-- Fr. möglich. Durch diese Möglichkeit reduziert sich der nichtgedeckte Anteil auf 16100.-- bis 32600.-- Fr. Das heisst, in einer Region mit sehr guten Fördermöglichkeiten können die verbleiben nichtgedeckten Mehrkosten auch unter Einbezug einer Photovoltaikanlage als gering (< 5 % der Gebäude-Baukosten) bezeichnet werden.

Bemerkung für zukünftige Bauten:

Wird die Photovoltaikanlage trotzdem nicht realisiert, kann diese zu einem späteren Zeitpunkt ohne grösseren Aufwand nachgerüstet werden. Diese Option scheint uns wichtig, da Photovoltaikanlagen in 10 Jahren sehr wahrscheinlich wesentlich billiger sind, als heute. Wird die Dachfläche nach Süden ausgerichtet und werden auf der Südseite keine Dachaufbauten oder Fenster realisiert, ist eine 100 % ige Energieversorgung mit einer entsprechenden Photovoltaikanlage (ca. 5 kWp) möglich. Somit entspricht dieser Gebäudetyp auch in Zukunft dem Prinzip der Nachhaltigkeit.

Teil 2: Jahresbericht über die Energiemessungen

Beschrieb Messkonzept:

Da in diesen Bauten vorwiegend Strom und zum Teil etwas Holz für den Schwedenofen benötigt wird, wurden an verschiedenen Stellen Stromzähler montiert. Die Ablesung wurde während einem Jahr monatlich durchgeführt.

Folgende Zählerstationen wurden pro Haushalt erfasst:

1. Hauptstromzähler (EW - Kunde)
2. Zähler zur Erfassung des Stromverbrauchs der Wärmepumpe
(Darin enthalten ist der Verbrauch zur Wärme- und Warmwassererzeugung, sowie der Betrieb der Umlözpumpe)
3. Zähler zur Erfassung des Stromverbrauchs der Lüftungsanlage
(Darin enthalten ist der Verbrauch zur Luftumwälzung, sowie zur evtl. Nachheizung)
4. Zähler zur Erfassung der Stromproduktion aus der Photovoltaikanlage

Bemerkungen zum Messkonzept:

Da in diesem Projekt die Erfassung der effektiv benötigten Energie (Input) im Vordergrund stand, konnte die Messwerterfassung dementsprechend einfach realisiert werden. Daten wie die Arbeitszahl der Wärmepumpe konnten nicht erfasst werden.

Damit eine Gliederung im Bereich Stromverbrauch Wärmepumpe möglich war, wurden der Stromverbrauch für die Umlözpumpe und der Anteil für die Warmwasseraufbereitung rechnerisch ermittelt und vom Gesamtstromverbrauch der Wärmepumpe subtrahiert.

Einleitung zur Erfassung der Messwerte:

Die Messperiode umfasst die Zeit von Sept. 97 bis Aug. 98. Während dieser Zeit mussten einige Betriebsstörungen in Kauf genommen werden. Die nachfolgende Auflistung gibt eine kurze Übersicht dazu (nähere Informationen sind im Kapitel "Erläuterungen der Messwerte" Seite 7 -10 zu finden):

Da das Mischventil Warmwasseraufbereitung / Heizenergie nicht richtig funktionierte und die Umlözpumpe am Anfang im 24 Stundenbetrieb im Einsatz war, wurde der Beistellboiler laufend wieder entleert, sodass der Beistellboiler von der Wärmepumpe entkoppelt und mit einem Elektrostab betrieben werden musste. Durch die dauernde Zirkulation wurde die Wärme im Haus als unnötige Heizenergie verbraucht. Diese Misstände wurden in Etappen behoben, sodass der Heizstab für die Beistellboiler doch längere Zeit in Betrieb war. In einer ersten Etappe wurde das Warmwasser volumnfänglich mit dem Heizstab sichergestellt, danach folgte eine Periode in welcher der Heizstab nur noch zu Nachheizzwecken gebraucht wurde. In der letzten Messperiode konnte dann das Warmwasser wieder volumnfänglich mit der Wärmepumpe aufbereitet werden und die Umlözpumpen wurden nur noch nach Bedarf betrieben. Die Behebung der Misstände konnte nicht sofort erfolgen, da der zuständige Heizungsfachmann einen Unfall hatte und uns nicht zur Verfügung stand.

Die Messwerte wurden für beide Haushälften separat erfasst. Wegen der oben erwähnten Schwierigkeiten wurde ergänzend zur Tabelle "gemessene Werte" jeweils eine Tabelle "korrigierte Werte" erstellt. Die Tabelle "korrigierte Werte" ist in Anlehnung an die Tabelle "gemessene Werte" entstanden. In der Tabelle "korrigierte Werte" wurde versucht, einen Jahresbetrieb ohne Störungen zu simulieren. Darin wurde auch berücksichtigt, dass das DEFH im zweiten Jahr ca. 10% weniger Heizenergie benötigt, weil es dann keine Energie für die Bautrocknung mehr benötigt.

Tabelle: Gemessene Werte Hausteil Ost (kWh Strom)

| Monatlicher Stromverbrauch in kWh | Wärmepumpe (Heizenergie) | kontrollierte Lüftung | Warmwassererwärmung mittels Wärmepumpe | Umwälzpumpe | Haushalt | Photovoltaikanlage 3.6 kWp | Verbrauch total |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|-------------|-------------|----------------------------|-----------------|
| Sept. 97 | 4 | 11 | 35 | 119 | 314 | 0 | 483 |
| Okt. 97 | 70 | 31 | 35 | 123 | 355 | 0 | 614 |
| Nov. 97 | 230 | 25 | 0 | 119 | 443 | 0 | 817 |
| Dez. 97 | 168 | 29 | 0 | 123 | 713 | 0 | 1033 |
| Jan. 98 | 310 | 29 | 0 | 30 | 829 | 0 | 1198 |
| Feb. 98 | 212 | 24 | 0 | 28 | 637 | 0 | 901 |
| März 98 | 214 | 31 | 0 | 31 | 614 | 0 | 890 |
| April 98 | 121 | 24 | 0 | 30 | 478 | 0 | 653 |
| Mai 98 | 0 | 7 | 88 | 13 | 315 | 0 | 423 |
| Juni 98 | 0 | 8 | 78 | 12 | 295 | 0 | 393 |
| Juli 98 | 0 | 6 | 76 | 13 | 290 | 0 | 385 |
| Aug. 98 | 0 | 6 | 83 | 13 | 304 | 0 | 406 |
| total in kWh | 1331 | 231 | 395 | 652 | 5587 | 0 | 8196 |
| total in % | 16.24 | 2.82 | 4.82 | 7.95 | 68.17 | 0.00 | 100 |

Erläuterungen:

- Sämtliche fettgedruckten Werte sind Messwerte, sämtliche normal gedruckten Werte sind abgeleitete Werte.
- Die durchschnittliche Raumtemperatur betrug: OG = 19 °C; EG = 21 °C
- Der zusätzliche Einsatz von Holz im Schwedenofen lag bei ca. 1.5 Ster. Berücksichtigt man, dass der Schwedenofen nicht nur bei einem effektiven Heizenergiebedarf (- 20 %) in Betrieb war, so beträgt die effektiv für Heizzwecke zugeführte Energie ca. 2150 kWh oder 47 MJ / m²*a. Der Einsatz von Holz bewirkte jeweils eine Raumtemperaturerhöhung im EG um ca. 5 °C.
- Von Mitte Oktober bis Ende April konnte das Warmwasser nur teilweise oder gar nicht über die Wärmepumpe erzeugt werden. In dieser Periode wurde das Warmwasser mit dem Heizstab erwärmt. Die Verbrauchserfassung erfolgte dann über den Zähler Haushalt.
- Der durchschnittliche Stromverbrauch im Haushalt beträgt ca. 300 - 320 kWh / Mt.
- Während der Periode September bis Dezember war die Umwälzpumpe im 24 Stundenbetrieb im Einsatz. Dieser Misstand wurde ab Januar behoben. Fortan war die Umwälzpumpe (165 Watt) nur noch bei Bedarf in Betrieb, ca. 2.5 Std./ Tg. im Sommer und 6 Std. / Tg. im Winter.

Tabelle: korrigierte Werte Hausteil Ost (kWh Strom)

| Monatlicher Stromverbrauch in kWh | Wärmepumpe (Heizenergie) | kontrollierte Lüftung | Warmwasser-erwärmung mittels Wärmepumpe | Umwälzpumpe | Haushalt | Photovoltaikanlage 3.6 kWp | Verbrauch total |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|---|-------------|-------------|----------------------------|-----------------|
| Sept. 97 | 0 | 11 | 82 | 10 | 317 | 0 | 420 |
| Okt. 97 | 13 | 31 | 84 | 13 | 323 | 0 | 464 |
| Nov. 97 | 204 | 25 | 85 | 30 | 323 | 0 | 667 |
| Dez. 97 | 146 | 29 | 85 | 31 | 292 | 0 | 583 |
| Jan. 98 | 268 | 29 | 80 | 30 | 341 | 0 | 748 |
| Feb. 98 | 180 | 24 | 80 | 28 | 339 | 0 | 651 |
| März 98 | 152 | 31 | 72 | 20 | 314 | 0 | 590 |
| April 98 | 46 | 24 | 75 | 15 | 293 | 0 | 453 |
| Mai 98 | 0 | 7 | 70 | 10 | 336 | 0 | 423 |
| Juni 98 | 0 | 8 | 80 | 10 | 295 | 0 | 393 |
| Juli 98 | 0 | 6 | 79 | 10 | 290 | 0 | 385 |
| Aug. 98 | 0 | 6 | 86 | 10 | 304 | 0 | 406 |
| total in kWh | 1010 | 231 | 958 | 216 | 3767 | 0 | 6183 |
| total in % | 16.34 | 3.74 | 15.49 | 3.50 | 60.93 | 0.00 | 100 |

Erläuterungen:

- Anhand des normalen Haushaltsverbrauchs von Mai. - Aug. und anhand vom relativ konstanten Betrieb der Wärmepumpe zwischen Nov. und April, sowie der zuverlässigen Messung der Wärmepumpe zur Warmwasseraufbereitung zwischen Mai und Aug. wurden die korrigierten Werte für die beiden Hausteile gebildet. Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass im zweiten Betriebsjahr 10 % weniger Heizenergie benötigt wird, weil der Bau nun trocken ist und die Bautrockungsenergie deshalb nicht mehr benötigt wird.
- Sämtliche fettgedruckten Werte sind Messwerte, sämtliche normal gedruckten Werte sind abgeleitete Werte.
- Die durchschnittliche Raumtemperatur beträgt: OG = 19 °C; EG = 21 °C
- Der zusätzliche Einsatz von Holz im Schwedenofen liegt bei ca. 1.5 Ster. Berücksichtigt man, dass der Schwedenofen nicht nur bei einem effektiven Heizenergiebedarf (- 20 %) in Betrieb war, so beträgt die effektiv für Heizzwecke zugeführte Energie ca. 2150 kWh oder 47 MJ / m²*a.
- Der durchschnittliche Stromverbrauch im Haushalt beträgt ca. 290 - 341 kWh / Mt.
- Die Umwälzpumpe ist für eine reine Boilerladung ca. 2.5 Std. pro Tag in Betrieb. Während der Heizperiode erhöht sich der Betrieb auf total ca. 6 Std Laufzeit pro Tag.

Tabelle: Gemessene Werte Hausteil West (kWh Strom)

| Monatlicher Stromverbrauch in kWh | Wärmepumpe (Heizenergie) | kontrollierte Lüftung | Warmwassererwärmung mittels Wärmepumpe | Umwälzpumpe | Haushalt | Photovoltaikanlage 3.6 kWp | Verbrauch total |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|-------------|----------------|----------------------------|-----------------|
| Sept. 97 | 86 | 21 | 75 | 49 | 203 | -373 | 434 |
| Okt. 97 | 239 | 25 | 75 | 51 | 244 | -225 | 634 |
| Nov. 97 | 310 | 23 | 78 | 49 | 210 | -89 | 670 |
| Dez. 97 | 351 | 40 | 80 | 51 | 228 | -47 | 750 |
| Jan. 98 | 242 | 71 | 78 | 49 | 195 | -88 | 635 |
| Feb. 98 | 283 | 51 | 0 | 8 | 505 | -224 | 847 |
| März 98 | 268 | 16 | 0 | 8 | 442 | -275 | 734 |
| April 98 | 111 | 17 | 73 | 12 | 242 | -367 | 455 |
| Mai 98 | 41 | 6 | 74 | 11 | 178 | -509 | 310 |
| Juni 98 | 0 | 9 | 80 | 5 | 168 | -443 | 262 |
| Juli 98 | 0 | 5 | 79 | 5 | 149 | -419 | 238 |
| Aug. 98 | 0 | 6 | 82 | 5 | 209 | -442 | 302 |
| total in kWh | 1932 | 290 | 774 | 303 | 2972.76 | -3501 | 6271 |
| total in % | 30.81 | 4.62 | 12.34 | 4.82 | 47.40 | -55.83 | 100 |

Erläuterungen:

- Sämtliche fettgedruckten Werte sind Messwerte, sämtliche normal gedruckten Werte sind abgeleitete Werte.
- Die durchschnittliche Raumtemperatur betrug: OG = 22 °C; EG = 25 °C
- Der zusätzliche Einsatz von Holz im Schwedenofen lag bei ca. 1 Ster. Berücksichtigt man, dass der Schwedenofen nicht nur bei einem effektiven Heizenergiebedarf (- 20 %) in Betrieb war, so beträgt die effektiv für Heizzwecke zugeführte Energie ca. 1420 kWh oder 31 MJ / m²*a. Der Einsatz von Holz bewirkte jeweils eine Raumtemperaturerhöhung im EG um ca. 5 °C.
- Von Februar bis Ende März konnte das Warmwasser nur teilweise oder gar nicht über die Wärmepumpe erzeugt werden. In dieser Periode wurde das Warmwasser mit dem Heizstab erwärmt. Die Verbrauchserfassung erfolgte dann über den Zähler Haushalt.
- Während der Periode September bis Januar wurde das Warmwasser über die Wärmepumpe aufbereitet, jedoch wurde der Bestellboiler dauernd entleert, weil das Umschaltventil (Wärme / Warmwasser) defekt war. Dadurch wurde ein Teil dieser Energie ungewollt als Heizenergie verwendet.
- Der durchschnittliche Stromverbrauch im Haushalt beträgt ca. 150 - 200 kWh / Mt.
- Während der Periode September bis Januar war die Umwälzpumpe im 24 Stundenbetrieb im Einsatz. Dieser Misstand wurde ab Februar behoben. Fortan war die Umwälzpumpe (68 Watt) nur noch bei Bedarf in Betrieb, ca. 2.5 Std./ Tg. im Sommer und 6 Std. / Tg. im Winter.
- Für die erhöhte Raumtemperatur von 3 - 4 °C gegenüber dem Haus Ost wurden etwa 20 % mehr Heizenergie benötigt.
- Der 2 Personen- Haushalt (+ Kleinkind) benötigt gegenüber dem Hausteil Ost (5 Personenhaushalt) ca. 100 kWh mehr Strom für die Erzeugung der Heizwärme (.06*3*12*180/4)

Tabelle: korrigierte Werte Hausteil West (kWh Strom)

| Mondlicher Stromverbrauch in kWh | Wärmepumpe (Heizenergie) | kontrollierte Lüftung | Warmwassererwärmung mittels Wärmepumpe | Umwälzpumpe | Haushalt | Photovoltaikanlage 3,6 kWp | Verbrauch total |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------------|--|-------------|----------------|----------------------------|-----------------|
| Sept. 97 | 33 | 21 | 75 | 6 | 209 | -373 | 344 |
| Okt. 97 | 83 | 25 | 80 | 13 | 224 | -225 | 424 |
| Nov. 97 | 215 | 23 | 85 | 12 | 205 | -89 | 540 |
| Dez. 97 | 252 | 40 | 88 | 13 | 217 | -47 | 610 |
| Jan. 98 | 260 | 71 | 87 | 12 | 205 | -88 | 635 |
| Feb. 98 | 215 | 51 | 85 | 11 | 225 | -224 | 587 |
| März 98 | 225 | 16 | 83 | 13 | 228 | -275 | 564 |
| April 98 | 91 | 17 | 79 | 6 | 202 | -367 | 395 |
| Mai 98 | 28 | 6 | 79 | 6 | 191 | -509 | 310 |
| Juni 98 | 0 | 9 | 79 | 6 | 168 | -443 | 262 |
| Juli 98 | 0 | 5 | 78 | 6 | 149 | -419 | 238 |
| Aug. 98 | 0 | 6 | 81 | 6 | 209 | -442 | 302 |
| total in kWh | 1403 | 290 | 978 | 111 | 2429.16 | -3501 | 5211 |
| total in % | 26.92 | 5.57 | 18.76 | 2.13 | 46.62 | -67.18 | 100 |

Erläuterungen:

- Anhand des normalen Haushaltsverbrauchs von Mai. - Aug. und anhand des relativ konstanten Betriebes der Wärmepumpe zwischen Januar und April, sowie der zuverlässigen Messung der Wärmepumpe zur Warmwasseraufbereitung zwischen Mai und Aug. wurden die korrigierten Werte für die beiden Hausteile gebildet. Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass im zweiten Betriebsjahr 10 % weniger Heizenergie benötigt wird, weil der Bau nun trocken ist und die Bautrockungsenergie deshalb nicht mehr benötigt wird.
- Sämtliche fettgedruckten Werte sind Messwerte, sämtliche normal gedruckten Werte sind abgeleitete Werte.
- Die durchschnittliche Raumtemperatur beträgt: OG = 22 °C; EG = 25 °C
- Der zusätzliche Einsatz von Holz im Schwedenofen liegt bei ca. 1 Ster. Berücksichtigt man, dass der Schwedenofen nicht nur bei einem effektiven Heizenergiebedarf (- 20 %) in Betrieb war, so beträgt die effektiv für Heizzwecke zugeführte Energie ca. 1420 kWh oder 31 MJ / m²*a.
- Der durchschnittliche Stromverbrauch im Haushalt beträgt ca. 150 - 225 kWh / Mt.
- Die Umwälzpumpe ist für eine reine Boilerladung ca. 2.5 Std. pro Tag in Betrieb. Während der Heizperiode erhöht sich der Betrieb auf total ca. 6 Std Laufzeit pro Tag.
- Die Stromaufnahme der Wärmepumpe zur Warmwasseraufbereitung ist im Winter etwas höher weil die Arbeitszahl etwa um 0.5 tiefer liegt.
- Für die erhöhte Raumtemperatur von 3 - 4 °C gegenüber dem Haus Ost wurden etwa 20 % mehr Heizenergie benötigt.
- Der 2 Personen- Haushalt (+ Kleinkind) benötigt gegenüber dem Hausteil Ost (5 Personenhaushalt) ca. 100 kWh mehr Strom für die Erzeugung der Heizwärme (.06*3*12*180/4)

Resultate:

| | Standard Minergie-Haus | | Abweichung in % | Gemessene Werte Hausteil Ost (MJ/m ² *a) | Abweichung in % | Korrigierte Werte Hausteil Ost (MJ/m ² *a) | Abweichung in % | Gemessene Werte Hausteil West (MJ/m ² *a) | Abweichung in % | Korrigierte Werte Hausteil West (MJ/m ² *a) | Abweichung in % |
|---|-------------------------------|-----|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|--|-----------------|--|-----------------|
| Heizenergie in Form von Strom (Strom Wärmepumpe und Lüftung) | | | | 68 | | 54 | | -64 | | -87 | |
| Heizenergie in Form von Holz | | | | 47 | | 47 | | 31 | | 31 | |
| Energie zur Warmwassererwärmung (Strom für Wärmepumpe) | | | | 42 | | 42 | | 43 | | 43 | |
| Energiekennzahl für Wärme und Warmwasser (MJ / m²*a) | 160 | 100 | 157 | 98 | 143 | 89 | 10 | 6 | -13 | -8 | |
| Energiekennzahl für den allgemeinen Haushaltstrom (MJ / m²*a) | 60 | 100 | 127 | 211 | 87 | 145 | 67 | 112 | 55 | 92 | |

Erläuterungen:

Die Energiekennzahl für den Minergie-Standard wird im Bereich Wärme eingehalten. Dank der Photovoltaikanlage auf dem Hausteil West weist dieser Teil einen sehr guten Wert aus. Die Kennzahl für den allgemeinen Stromverbrauch liegt zum Teil wesentlich höher. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei den gemessenen Werten z.T. Strom für die reine Warmwassererwärmung benötigt wurde. D.h. die gemessenen Werte liegen mit Sicherheit über den zukünftig erwarteten Werten. Betrachtet man nur die korrigierten (in Zukunft erwarteten) Werte, dann werden auch diese Werte knapp eingehalten. Dazu muss erwähnt werden, dass der Hausteil Ost ein 5 Personenhaushalt und der Haushalt West ein 3 Personenhaushalt ist.

Ferner wichtig für die Beurteilung der Werte in der Tabelle ist, dass die Erdkollektorfläche für die Wärmepumpe nur ca. 60 m² pro Hausteil beträgt. Vergleicht man dazu die Wohnfläche von 165 m², dann wird ersichtlich, dass dieses Verhältnis weit unter der Norm liegt und im tiefen Winter mit einer Verschlechterung die Wärmepumpen-AZ gerechnet werden muss. Diese kleine Erdkollektorfläche wurde im Einvernehmen mit der Bauherrschaft realisiert. Zugleich wurde darauf hingewiesen, dass evtl. in einem strengen Winter mit Holz nachgeheizt werden muss und die Fenster nicht geöffnet (keine Fensterlüftung) werden dürfen. Die Erfahrung aus dem ersten Betriebsjahr zeigt, dass wenn nur eine kleine Erdkollektorfläche benötigt wird, auch ein kleines Grundstück genutzt werden kann und das eine kostengünstige Wärmepumpenanlage (keine höheren Investitionen als bei einer Gasheizung) realisiert werden kann.

Bemerkungen zu den gemessenen Werten:

Die Messwerte für die Warmwassererwärmung und die Umwälzpumpe konnten nur während einer kürzeren Periode erfasst werden. Deshalb musste der Jahresverbrauch für diese Komponenten abgeleitet und hochgerechnet werden.

Nieder-Baurech Parz. Nr. 2022 / 2003 in Frauenfeld

Situations Most 1/200

Plgr. A4 Datum: 30. April 96

Architekt: H.U. Engeli, dipl. Arch. ETH, Tel. 052 376 17 44
Littenstr. 8 9507 Stettfurt TG

