

Referenzhaus in Marzoll (Bayern)

1. Allgemeine Daten

beheizte Wohnfläche	230 qm
Wärmebedarf	70 kWh/qm
Anzahl der Bewohner	4 Pers.
Wärmepumpe	9kW thermisch
Solarflachkollektoren	16 qm südwest
Dachneigung	23° südwest
Wärmespeicher	4.000 Liter
unterirdischer Wasser-Eis-Speicher	40 cbm Stahltank



Beispielhaus in Marzoll

Es handelt sich um ein Holzständerhaus mit jeweils 87 qm Wohnfläche im Erd- und im Obergeschoss, sowie Büro, Gästezimmer und Sauna im Untergeschoss - zusammen sind das 230 qm beheizte Wohnfläche. Die Wärmeerzeugung erfolgt durch einen 16 qm großen Solarflachkollektor (Tinox-Selbstbau) mit einem 4.000 Liter fassenden drucklosen Pufferspeicher, im Keller geschweißt und einer Wärmepumpe mit 9 kW Leistung nebst 40 cbm unterirdischem Tank als Wasser-Eis-Speicher. Es handelt sich also um ein 2-Speichersystem, einen höheren Wirkungsgrad kann man mit einem 3-Speichersystem erreichen. Das Haus liegt in ca. 500m Höhe über Normalnull neben einem bewaldeten Berghang. Hierdurch ist die Sonneneinstrahlung für die Kollektoren beeinträchtigt. Zusätzlich zur Supersolarheizung gibt es einen Kaminofen im Haus.

Beim Hausbau wurde besonderer Wert auf ökologisches Material gelegt. Erbaut wurde es aus 160 mm Holzständern mit einer Gesamtwandstärke von 345 mm. Die inneren Wände sind aus Lehmsteinen erstellt und das Gebäude sowohl innen als auch außen mit Lehmputz versehen. Die Wärmeverteilung erfolgt durch eine "PYD-Alu-Fußbodenheizung" aus Berchtesgaden, die unter Holzfußböden verlegt ist. Für die Außenwandkonstruktion wurde ein k-Wert von 0,25 W/qmK errechnet, also die Hälfte des von der Wärmeschutzverordnung 1995 vorgeschriebenen Wertes.

Vergleich des Wärmebedarfs und der Betriebskosten für 230 qm beheizte Wohnfläche	kWh p.a.	Euro p.a.	Energieverbrauch	Betriebskosten
Wärmeschutzverordnung '95 Ölheizung	31.294	1.095	100 %	100 %
Wärmeschutzverordnung '95 Wärmepumpe (Erdkollektor)	26.600	771	85,0 %	70,4 %
Wärmeschutzverordnung '95 Wasser-Eis-Speicher	13.300	386	52,5 %	35,2 %
Niedrig-Energie-Haus Wärmepumpe (Erdkollektor)	19.700	571	63,0 %	52,3 %
Niedrig-Energie-Haus Wasser-Eis-Speicher	9.850	286	31,5 %	26,1 %

Berechnungskontrolle für die 5. Zeile (damit Sie es nachvollziehen können, andere Zeilen entsprechend):

Wärmebedarf: $230 \text{ qm} \times 70 \text{ kWh/qm} = 16.100 \text{ kWh} + 3.600 \text{ kWh Warmwasser} = 19.700 \text{ kWh}$

Erforderliche Restwärme: $19.700 \text{ kWh} : 2 = 9.850 \text{ kWh}$ bei 50 % solarer Deckung

Elektrischer Strom: bei einer Leistungszahl 3 gilt $9.850 \text{ kWh} : 3 = 3.283 \text{ kWh}$

(die erforderliche Wasserpumpe ist für etwa 1.120 h mit 500 W enthalten),

Primärenergie: 3.283 kWh x 3 (33% Wirkungsgrad im Kraftwerk) = 9.850 kWh

Jährliche Betriebskosten: 3.283 kWh elektrischer Strom x 8,7 Cent/kWh = 286 Euro

2. Verbrauchsdaten

Betriebsjahr	elektrischer Strom		Kaminholz		maximales Eis
	kWh	Euro	Ster	Euro	cbm
01.05.2000-30.04.2001	4.657	405	3	90	20
01.05.2001-30.04.2002	5.692	495	1,5	45	25
01.05.2002-30.04.2003	5.719	498	2	90	20
01.05.2003-30.04.2004	6.159	536	1,75	100	30
01.05.2004-30.04.2005	5.202	520	2	60	25

3. Primärer Energieverbrauch im Vergleich zu einer Ölheizung:

(bei CO₂ und Energie ohne Holz, weil dieses ein nachwachsender Rohstoff ist)

Betriebsjahr	theoretischer Verbrauch einer Ölheizung	Solarheizung mit ergänzender Wärmepumpe	Einsparung an CO ₂	Einsparung an Energie	Einsparung an Kosten
2000/2001	33.653 kWh	13.971 kWh	5.024 kg	58 %	58 %
2001/2002	35.066 kWh	17.076 kWh	4.564 kg	51 %	56 %
2002/2003	36.026 kWh	17.157 kWh	4.792 kg	52 %	53 %
2003/2004	37.142 kWh	18.477 kWh	4.730 kg	50 %	51 %
2004/2005	34.093 kWh	15.606 kWh	4.704 kg	54 %	62 %

Der Wärmebedarf des Gebäudes wird durch bewohnte Räume im Keller wesentlich mitbestimmt. Dort beträgt die Temperaturdifferenz zwischen Raum und Erdreich ganzjährig stets 10 °C und erfordert dadurch eine ständige Beheizung dieser Räume.

Das Solarhaus in Marzoll ist jetzt 5 Jahre bewohnt.

Der theoretische Verbrauch einer Ölheizung hätte in den ersten 5 Jahren jährlich 35.196 kWh für Heizung und Warmwasser betragen. Tatsächlich wurden im Durchschnitt nur 16.457 kWh verbraucht (elektrischer Strom mal Faktor 3 wegen Wirkungsgrad im Kraftwerk). Es wurden also 53 % an Primärenergie eingespart und unsere Umwelt jährlich von 4,8 Tonnen CO₂ entlastet. Die Kosten waren gegenüber einer Ölheizung durchschnittlich in den ersten 4 Jahren um 55 % niedriger. Im 5. Jahr lagen diese um 62 % niedriger, weil sich die Kosten für Öl von gut 30 Cent/Liter auf über 50 Cent/Liter erhöht haben. Somit hat sich diese Solarheizung weiter zum Vorteil gegenüber einer Ölheizung entwickelt.

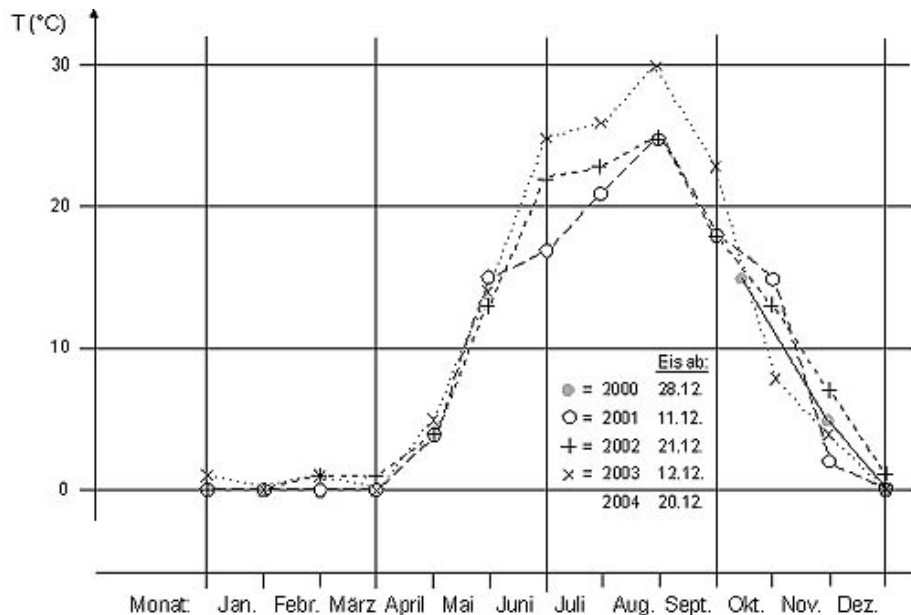
Über die 16 qm Solarkollektoren wurden etwa 33 % des Energiebedarfs gedeckt. Das Haus hat damit einen primären Energiebedarf von lediglich 65 kWh/qm, trotz der beheizten Kellerräume. Es erfüllt sogar die erst später erlassenen neuen Bestimmungen der Energie-Einsparverordnung (EnEV 2002).

Anmerkungen:

1. Der unterirdische Wasser-Eis-Speicher ist ein Stahltank mit 2,5 m Durchmesser und 8 m Länge. Er wurde horizontal unter der Terrasse eingebaut, was sich bezüglich einer gleichmäßigen Eisverteilung auf der Oberfläche als ungünstig herausgestellt hat.
2. Im zweiten Betriebsjahr wurde mehr Energie als im ersten Betriebsjahr benötigt, was hauptsächlich am total verregneten September, sowie der starken Kälteperiode im Dezember und Januar lag.
3. Im dritten Betriebsjahr fing der eigentliche Winter erst am 06. Januar an und Anfang April erfolgte noch ein später Wintereinbruch.

4. Das vierte Betriebsjahr war ein extremes Jahr. Der Hochsommer fing bereits im Mai an und die sommerliche Hitze war fast unerträglich. Der unterirdische Speicher erreichte eine Temperatur von 31° und schützte so die Kollektoren sehr wirkungsvoll vor Überhitzung.

Bisher war kein Jahr wie eines der voran gegangenen. Im fünften Betriebsjahr war der Januar sonnig und mild. Dafür kam der richtige Winter dann im Februar mit reichlich Schnee und starker Kälte im März.



Am Herbstanfang hat die Wärmepumpe durch das solar erwärmte Wasser des Speichers eine hohe Leistungszahl. Das hat sich besonders günstig im Oktober 2003 ausgewirkt, denn in diesem Monat gab es 14 Tage Frost, ein Fall der nicht so oft vorkommt.

Ergebnisse Solaranlage

Seit März 2000 bewohnt die Familie das Haus. Die gesamte Warmwasserversorgung und die erforderliche Heizwärme für die im Keller liegenden Räume wurden bis Mitte Oktober 2000 alleine durch die 16 qm große Solarfläche und den überdrucklosen Wärmespeicher erzeugt. Bei einem Wärmebedarf von 3/4 für die Heizung (hier etwa 15 % des Jahresbedarfs) und 1/4 für den Warmwasserverbrauch (hier gut 6 Monate) errechnet sich eine solare Deckungsrate von 35 %.

Der Kollektor lieferte bei Sonnenschein stündlich bis zu 500 Liter 60° warmes Wasser in den Wärmespeicher. Die aufgetretenen Schlechtwetterperioden konnten bis auf zwei Extremfälle überbrückt werden. Diese beiden Fälle hätten für jeweils etwa 3 bis 4 Stunden einen Betrieb der Wärmepumpe erfordert (die Inbetriebnahme der Wärmepumpe erfolgte erst am 16. Oktober). So war in diesen Perioden das verfügbare warme Brauchwasser leider unter 40° gesunken. Für die Heizung hatte die verfügbare Wärme ausgereicht.

Von Anfang Dezember 2000 bis Ende Januar 2001 war der solare Gewinn durch das 23° flache Dach, die südwestliche Ausrichtung und durch Verschattungen nur noch gering. Bei Sonnenschein wurde etwa eine Stunde 40° warmes Wasser erzeugt. Am 15. Februar 2001 lieferte der Kollektor bereits wieder 60° erwärmtes Wasser in den Wärmespeicher. Der Wasser-Eis-Speichers wird aber auch ohne Sonne erwärmt. Dazu muss die Temperatur des Solarkollektors nur um 7° über der Wassertemperatur liegen.

Der Wärmespeicher fasst 1.300 Liter für die Warmwassererzeugung und 2.700 Liter für die Heizwassererwärmung. Bei solarer Beladung betrug die Temperaturspreizung 20° (oben +62°, unten +42°). Nach einem Tag Entnahme ohne Beladung betrug der Inhalt oben +52° und unten +42° und sank danach täglich gleichmäßig oben und unten um 5°. Am vierten Tag ging der zur Erzeugung von Warmwasser nutzbare Wärmevorrat zu Ende, weil das erwärmte Wasser nicht mehr 40° erreichte. Der Heizwärmebedarf für die Kellerräume wurde in dieser Zeit vollständig

solar gedeckt, da die Vorlauftemperatur hierfür nur 30° beträgt.

Ergebnisse Wärmepumpe

Die Wärmepumpe, mit 2,47 kW elektrischer Anschlussleistung und 9,04 kW thermischer Wärmeabgabe, wurde am 16. Oktober 2000 durch Supersolar in Betrieb genommen und versorgt den Wärmespeicher nun hauptsächlich nachts mit Wärme, falls die Sonne am vorangegangenen Tag nicht ausreichend schien. Für ein komplettes Jahr, das am 30. April 2001 endete, sind einschließlich des Stroms für die Pumpen zur Wasserberieselung und Beladung des Speichers = 4.657 kWh elektrischer Strom verbraucht worden.

Im Sommer 2000 wurde der Wasser-Eis-Speicher durch überschüssige Wärme des Solarkollektors auf 26° erwärmt. Seine Temperatur fiel gegen Ende Dezember 2000, trotz ständiger Wärmeentnahme, nur sehr langsam auf 0°. Folglich strömte ein Teil der Wärme aus dem umgebenden wärmeren Erdreich in diesen zurück. Ab dem 28. Dezember 2000 entstand beim Betrieb der Wärmepumpe Eis. Das Ablösen des Eises erfolgt durch Heißgas, das in die senkrecht angeordneten Verdampferplatten geleitet wird. Im weiteren Verlauf des Winters hatte sich eine recht dicke Schicht von Brucheis an der Oberfläche angesammelt, die Ende April 2001 bis auf einen geringfügigen Rest wieder geschmolzen war.

Der Sommer 2001 war im Juni recht kalt und auch die Sonnenstunden waren im Juni und September geringer als sonst üblich. Der September war mit 25 Regentagen zudem total verregnet. Für zusätzliche Wärme wurden vom 01.05.2001 bis zum 31.10.2001 für die Wärmepumpe 230 kWh elektrischer Strom verbraucht. Das Wasser im Wasser-Eis-Speicher war Ende August 2001 auf 25 °C erwärmt.

Auch der November 2001 war relativ kalt und ohne viel Sonnenschein - es fiel sogar der erste Schnee. In diesem Monat wurden 768 kWh elektrischer Strom verbraucht. Dieser relativ hohe Verbrauch kann durch einen Wasserschaden durch den übermäßigen Regen mit der anschließenden Raumtrocknung erklärt werden. Die Summe seit dem 01.05.2001 beläuft sich damit auf 998 kWh. Bei einem Durchschnittspreis von 8,5 Cent/kWh sind das 85 Euro in 7 Monaten für Warmwasser und Heizwärme. Bei Außentemperaturen über 7° wird das Wasser im Wasser-Eis-Speicher durch den Solarkollektor erwärmt - auch nachts. Die Temperatur des Wassers betrug Ende November nur noch + 3°.

Der Dezember 2001 bricht bezüglich Frost alle Rekorde ! In den Nächten vom 13. zum 14. und vom 14. zum 15. wurden in Marzoll als niedrigste Temperatur jeweils - 24 °C gemessen. Bereits am 11. Dezember begann sich, nach der Abkühlung des Speichers auf 0 °C, an den Verdampferplatten Eis zu bilden. Im Dezember wurden bis zum 31.12.2001 für die Wärmepumpe 1.207 kWh elektrischer Strom verbraucht. Folglich wurden 19,4 cbm Eis gebildet, von denen 10,3 cbm durch Erdwärme über die Wand des Behälters wieder geschmolzen wurden. Jahresendstand = 9,1 cbm Eis im 40.000 Liter Erdtank.

Auch im Januar 2002 war es in den ersten 3 Wochen sehr kalt. 7 Wochen strenger Frost in Folge kommen so zeitig im Winter selten vor. Die Wärmepumpe verbrauchte 1.302 kWh elektrischen Strom und erzeugte 31,4 cbm Eis. Hiervon wurden durch die Behälterwand 14,5 cbm und im letzten Drittel Januar 2,7 cbm durch den Solarkollektor geschmolzen. Ende Januar sind 14,2 cbm Eis mehr im Behälter. Gesamt-Eis-Summe = 23,3 cbm.

Der Februar 2002 war sehr wechselhaft. Bis zum 13. war es bis +15° warm, danach kalt - einmal nachts bis -10° - und es gab etwa 20 cm Schnee, dann war es wechselhaft mit viel Regen um + 4°. Die Wärmepumpe verbrauchte 906 kWh elektrischen Strom und erzeugte 18,2 cbm Eis. Geschmolzen wurden im Februar, durch das nun etwas stärker ausgekühlte Erdreich, etwa 10,5 cbm und durch den Solarkollektor etwa 6,2 cbm. Am Monatsende waren es etwa 1,5 cbm mehr Eis. Gesamt-Eis-Summe = 24,8 cbm. Die Solaranlage wurde für März wieder auf Vorrang Wärmespeicher umgestellt, weil diese bei gutem Sonnenschein über mindestens 3 Stunden 60° warmes Wasser in den Speicher ablieferte.

Im März 2002 waren es bis Monatsmitte mild abgemildert, dann 40. bis zum 05. kalt, nachher

im März 2002 war es bis Monatsmitte mild aber regnerisch, vom 18. bis zum 25. kalt, wobei nachts teilweise Frost bis -10° herrschte, und danach schien die Sonne reichlich, aber die Nächte waren frostig. Die Wärmepumpe verbrauchte 697 kWh elektrischen Strom und erzeugte etwa 15 cbm Eis. Geschmolzen wurden 14 cbm durch Erdwärme und 11,8 cbm durch den Solarkollektor. Dadurch konnten 10,8 cbm vom Bestand Ende Februar geschmolzen werden. Der Endstand beträgt nun noch 14,0 cbm. Der Verbrauch an Holz betrug im gesamten Winter etwa 1,5 Ster für den Kaminofen.

Der April 2002 ist nun der letzte Monat der ersten zwei Betriebsjahre dieser Anlage. Die Wärmepumpe verbrauchte 583 kWh elektrischen Strom und konnte vorwiegend ohne Eisbildung laufen. Am Monatsende ist das gesamte Eis von zuletzt noch 14 cbm geschmolzen.

Wärmebedarf und Betriebskosten der ersten 3 Jahre

(01.05.2000 bis 30.04.2003)

Genauere Daten für den jährlichen Wärmebedarf stehen nun nach einjähriger Betriebszeit zur Verfügung. Es wurden 4.657 kWh elektrischer Strom für 17 Pf / kWh verbraucht (gemittelter Tarifwert zwischen Tag- und Nachtbetrieb) = 792 DM. Zusätzlich wurden etwa 3 Ster Holz für 4.305 kWh im Kaminofen verheizt. Die Kosten für das Holz betragen 180 DM (Summe = 972 DM).

Mit der zuvor errechneten solaren Deckung von 35 % und dem Holz für den Kaminofen betrug der Wärmebedarf = 28.605 kWh/a (Berechnung: 4.657 kWh - 778 kWh Wasserpumpe = 3.879 kWh : 2,47 kW Stromaufnahme WP x 9 kW Heizleistung WP = 14.300 kWh + 4.305 kWh Holz = 18.605 kWh + 10.000 kWh Solarkollektor = 28.605 kWh/a).

Eine Ölheizung mit 85 % Wirkungsgrad hätte = 33.653 kWh/a ohne Solaranlage und ohne Holz verbraucht. Verglichen mit der primären Energie für den elektrischen Strom von 13.971 kWh (4.657 kWh x 3 wg. Kraftwerk nur 33 %) wurden folglich 51 % primäre fossile Energie eingespart und für die Betriebskosten ebenfalls 58 % weniger ausgegeben (Öl = 10 kWh und 0,70 Pf pro Liter = 2.356 DM), ohne hierbei die höheren Wartungskosten einer Ölheizung zu berücksichtigen.

Der Wärmebedarf ist höher als erwartet ausgefallen. Das ist mit der klimatisch ungünstigen Lage zu erklären: Bäume, auf einer südlich angrenzenden Erhebung, verschatten das Haus im Dezember und Januar fast vollständig. Zumindest in dieser Zeit ist es dort um bis zu 5° kälter als in der Umgebung. Auch wurde keine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Trotzdem beträgt der Bedarf an Wärme, auf den primären Energieverbrauch umgerechnet, nur 61 kWh/qm im Jahr und erfüllt damit sogar die neue Energie-Einspar-Verordnung EnEV 2002.

Zusammenfassung für das 1. Betriebsjahr: Die Kosten für Heizung und Warmwasser betragen 972 DM entsprechend 497 Euro, das sind 51 % weniger als bei einer Ölheizung (2.356 DM bzw. 1.186 Euro). Die solare Deckung erreichte 35 %, mehr ist aber bei der flachen Dachneigung von 23° und einer Ausrichtung nach Südwesten nicht zu erzielen - auch nicht bei einer größeren Fläche, da diese zuviel Überschusswärme im Sommer erzeugen würde. Trotzdem wurden 51 % primäre Energie eingespart. Bitte vergleichen Sie dieses Ergebnis eines 230 qm großen Hauses mit Ihren jährlichen Betriebskosten zur Wärmeversorgung!

01.05.2001 bis 30.04.2002

Im 2. Betriebsjahr wurden in den 6 Sommermonaten, vom 01.05. bis zum 31.10.2001, für die Wärmepumpe 230 kWh elektrischer Strom verbraucht (Kosten: 39 DM bzw. 20 Euro).

Vom 01.11. bis zum 28.02. (4 Wintermonate), wurden 4.183 kWh elektrischer Strom verbraucht (Kosten: 711 DM bzw. 364 Euro), die bei einer Leistungszahl = 3 der Wärmepumpe (einschließlich der Wasserpumpe) etwa 12.549 kWh Wärme entsprechen. Eine Ölheizung hätte mit 85 % Wirkungsgrad hierfür 1.476 Liter Öl für 1.033 DM bzw. 528 Euro erfordert (0,70 DM pro Liter). Unser System hat alleine in diesen vier Wintermonaten 31 % niedrigere Kosten verursacht und 15 % weniger primäre Energie verbraucht.

In der Gesamtzeit vom 01.05.2001 bis zum 30.04.2002 wurden 5.692 kWh elektrischer Strom für 968 DM bzw. 495 Euro verbraucht. Der etwas höhere Verbrauch im zweiten Betriebsjahr ist dem total verregneten September 2001 und der extremen Kälte im Dezember 2001 und Januar 2002 anzulasten.

01.05.2002 bis 30.04.2003

Im 3. Betriebsjahr wurden vom 01.05.2002 bis zum 30.09.2002 (Zeitraum von fünf Monaten) 127,2 kWh elektrischer Strom verbraucht. Die Wärmepumpe lief insgesamt nur knapp 39 Stunden und die Kosten betragen gerade mal 11,07 Euro (bei einem gemittelten Durchschnittspreis von 8,7 Cent/kWh). Das Wasser im Speicher erreichte 25 °C. Vom elektrischen Strom wurden alleine 110 kWh nach dem 23.09. verbraucht. Es waren für den September ungewöhnlich kalte und regenreiche Tage. In Lagen über 800 Metern fiel der erste Schnee und in zwei Nächten gab es sogar im Ort leichten Frost. Der Oktober 2002 war kein "goldener Herbstmonat". Es wurden 308 kWh elektrischer Strom verbraucht und die Temperatur im "Wasser-Eis-Speicher" sank auf 13 °C ab.

Im November - der nasskalt, mit wenig Sonne aber ohne Frost und Schnee war - wurden 578 kWh verbraucht und die Wassertemperatur fiel nun auf 7 °C. Die thermischen Solarkollektoren liefern in den Monaten November und Dezember auch bei gutem Sonnenschein praktisch keinen Beitrag für die Heizung und das warme Brauchwasser, da die Vorlauftemperatur 40 °C nicht übersteigt (hier ungünstige Südwest-Ausrichtung und flache Neigung von 23°). Allerdings wird der "Wasser-Eis-Speicher" solar erwärmt, wodurch die Wärmepumpe einen höheren Wirkungsgrad erreicht.

Der Dezember fiel dieses Jahr zu warm aus. Es wurden 980 kWh verbraucht (im Vorjahr waren es 23 % mehr). So herrschten Ende Dezember (am 31.12. um 11:00) draußen +7,6 °C bei einer Tagesdurchschnitts-Temperatur von +8,4 °C und zeitweise kräftigem Regen.. Dieses belegt das ungewöhnliche Wettergeschehen eindrucksvoll. Im "Wasser-Eis-Speicher" schwimmt etwas Eis an der Oberfläche, seine Temperatur beträgt +1 °C nach zwischenzeitlich 0 °C.

Erst am 06. Januar wird es winterlich. Aber nach 1 1/2 Wochen ist diese Episode vorbei. Bis zum 29. Januar ist kein strenger Winter in Sicht. Danach beginnt es kräftig zu schneien - doch es bleibt bis zum Monatsende ohne besonders starke Kälte. Der Stromverbrauch betrug im Januar 1.359 kWh für etwa 118 Euro. Am Monatsende befinden sich nun etwa 12 bis 15 cbm Eis im Erdtank und der Winter nimmt Ende Januar und Anfang Februar einen erneuten Anlauf.

Der Februar hat gezeigt, dass er immer noch zum Winter zählt. Er war sehr sonnenreich und dadurch bedingt herrschte nachts sehr strenger Frost. Der Stromverbrauch betrug 1.261 kWh für etwa 110 Euro (Summe seit dem 01.05.2002 = 4.613 kWh für etwa 401 Euro). Am Monatsende befinden sich knapp 20 cbm Eis im Erdtank.

Im März betrug der Stromverbrauch 699 kWh für etwa 61 Euro. Vom November bis einschließlich März wurden 4.877 kWh elektrischer Strom für etwa 424 Euro verbraucht. Im Erdtank befindet sich inzwischen wesentlich weniger Eis, als noch im Februar.

Auch im April musste die Wärmepumpe noch Wärme bereitstellen. Der Stromverbrauch betrug 407 kWh für etwa 35 Euro. Die Summe seit dem 01.05.2002 (gesamtes 3. Betriebsjahr) beträgt 5.719 kWh für etwa 498 Euro. Im Erdtank befinden sich nur noch ganz geringe Eisreste, seine Temperatur beträgt inzwischen +5 °C.