

Die Optimierung  
der Solar- und Umweltenergie-Nutzung  
mit  
Wärmepumpe und „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“



Version: 15. August 1997

Hartwig Graßhoff  
Winfried Hesse

Barbarossastraße 4  
D 83435 Bad Reichenhall  
☎ FAX+49 (08651) 627 16  
✉ [hgrasshoff@t-online.de](mailto:hgrasshoff@t-online.de)  
☎ +49 (030) 85 96 30 89  
FAX +49 (030) 851 14 90

# INHALT

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>4</b>
1.1. Warum Energieeinsparung?	4
1.2. Wie kann man Energie ökologisch und ökonomisch sinnvoll einsparen?	4
<b>2. DAS „WASSER-EIS-SPEICHER-SYSTEM<sup>DP</sup>“</b>	<b>5</b>
2.1. Schema des Systems	5
2.2. Funktionsbeschreibung	5
2.3. Energieverbrauch im Vergleich	6
<b>3. DIE ANLAGE</b>	<b>7</b>
3.1. Erforderliche System-Komponenten	7
3.1.1. Solaranlage	7
3.1.2. Kamin oder Kachelofen	7
3.1.3. Luftkühler	7
3.1.4. Pufferspeicher (mit Schichtbeladung!)	7
3.1.5. Wärmepumpe mit Regelung	7
3.2. Technische Daten der verschiedenen Wärmepumpen	7
3.3. Unsere Lieferung beinhaltet folgende Elemente:	8
3.4. Darstellung des optimierten Gesamtsystems	8
3.5. Heizen und Kühlen mit dem „Wasser-Eis-Speicher <sup>DP</sup> “-System	9
<b>4. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>10</b>
4.1. Vorteile des Konzeptes	10
<b>5. FÖRDERPROGRAMME</b>	<b>11</b>
Förderprogramme der Bundesregierung	11
Förderungen für Eigenheimerwerb (gültig ab 1. Januar 1996)	11
Eigenheimzulage und Kinderzulage	11
Öko-Komponenten	12
ZUSAMMENFASSUNG	12
Förderprogramm für Wärmeschutzmaßnahmen in Altbauten der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	13
Strompreise:	13
Ausnahmeregelungen und Bemerkungen:	13
<b>6. INFORMATIONEN</b>	<b>14</b>
6.1. Die Wärmepumpe	14
6.1.1. Definition, Prinzip einer Wärmepumpe und ihre Verwendung	14
6.2. Das Niedrig-Energie-Haus (NEH)	15
<b>7. HÄUFIG GESTELLTE FRAGEN</b>	<b>17</b>
Frage: Was unterscheidet das vorgestellte System von herkömmlichen Wärmepumpen-Systemen und welche Wärmequellen können genutzt werden - mit den Vor- und Nachteilen?	17
Frage: Welche Voraussetzungen sind zu erfüllen, damit die Anlage sinnvoll eingesetzt werden kann?	18
Frage: Welches Kältemittel wird im System verwendet? Ist es FCKW frei?	18
Frage: Was ist Photovoltaik und welche Probleme sind damit verbunden?	18
Frage: Woher sollte der Strom für den Betrieb der Wärmepumpe kommen?	19
Frage: Was ist bei der Planung eines Gebäudes mit sparsamem Energieverbrauch zu beachten?	19
Frage: Was ist bei der Planung eines Gebäudes mit der vorgestellten Anlage zu beachten?	20
Frage: Wie groß muß der „Wasser-Eis-Speicher <sup>DP</sup> “ für ein 150m <sup>2</sup> Niedrig-Energie-Haus (NEH) sein?	20
Frage: Wie hoch sind die Betriebskosten bei 150m <sup>2</sup> Wohnfläche und 50kWh/m <sup>2</sup> Heizwärmebedarf im Jahr?	21

Frage: Wann rechnet sich die vorgestellte Anlage unabhängig von ökologischen Gesichtspunkten?	21
Frage: Was würde ein Hausbauer im Falle eines erneuten Neubaus besser machen?	21
Frage: Wie kann man eine Schlechtwetterperiode vorteilhaft überbrücken?	21
Frage: Welche Vorteile bieten überdrucklose Pufferspeicher?	22
Frage: Welche Arbeiten können mit handwerklichem Geschick selbst ausgeführt werden?	22
<b>8. ANHANG</b>	<b>23</b>
<i>8.1. Wärmebedarf eines Niedrig-Energie-Hauses (NEH)</i>	23
8.1.1. Kenngrößen:	23
8.1.2. Betriebskosten für 120m <sup>2</sup> Wohnfläche	23
8.1.3. Vergleich der Erstellungskosten des „Wasser-Eis-Speicher <sup>DP*</sup> “-Systems mit den einer Ölheizung	24
8.1.4. Tabellarische Zusammenstellung der möglichen Förderhilfen	24
<i>8.2. Speichermedien / Speichergrößen für Wohnwärme</i>	25
8.2.1 Einige Stoffeigenschaften	25
8.2.2 Berechnungsbeispiel	25
8.2.3. Vergleich mit anderen Wärmepumpen-Verfahren:	26
<i>8.3. Theoretische Betrachtung der Energiebilanz</i>	27
8.3.1. Vorgaben der Verbrauchsdaten für das Beispielhaus	27
8.3.2. Erläuterung der Berechnung	27
8.3.3. Solarenergiedaten	28
8.3.4. Kurzbilanz:	28
8.3.5. Jahresbilanz auf Monatsbasis:	29
<i>8.4. Auswertung von Wetterdaten</i>	30
8.4.1. Wetterdaten München - Erding	30
8.4.2. Kurzbilanz für eine 4kW-Wärmepumpe	30
8.4.3. Bilanz des Zeitraumes November 1993 bis Februar 1994 für München (Flughafen Erding), 120m <sup>2</sup> Haus - Beispiel, 4kW-WP	31
8.4.4. Bilanz des Zeitraumes November 1994 bis Februar 1995 für Bad Reichenhall (eigene Aufzeichnungen), 120m <sup>2</sup> Haus - Beispiel, 4kW-WP	32
8.4.5. Bilanz des Zeitraumes November 1995 bis Februar 1996 für Bad Reichenhall (eigene Aufzeichnungen), 120m <sup>2</sup> Haus - Beispiel, 4kW-WP	33
<b>INDEX</b>	<b>23</b>

## ABBILDUNGEN

• Bild 1: Schema des Systems .....	5
• Bild 2: Energieverbrauch.....	6
• Bild 3: Systemaufbau.....	8
• Bild 4: Heizen und Kühlen .....	9
• Bild 5: Funktionsweise der Wärmepumpe .....	14
• Bild 6: Energiebilanz eines Hauses.....	16
• Bild 7: Wärmepumpensysteme .....	17

•

# 1. EINLEITUNG

## 1.1. Warum Energieeinsparung?

Immer wieder wird gesagt: „Wir müssen Energie sparen!“. Es ist deshalb an der Zeit, sich darum zu bemühen, daß es getan wird!

Energieeinsparung ist ein wichtiger Beitrag zur Daseinsvorsorge. Angesichts eines starken Wachstums der Weltbevölkerung ist eine Verringerung des Energieverbrauchs und ein schonender Umgang mit den Energiereserven und der Umwelt notwendig.

## 1.2. Wie kann man Energie ökologisch und ökonomisch sinnvoll einsparen?

Der Idealfall wäre ein Haus, das keine Wärme an die Umgebung abgibt. Doch dieses Ziel läßt sich , wenn überhaupt, nur mit einer aufwendigen Isolierung erreichen. Das ist wirtschaftlich nicht sinnvoll. Also sollte ein Mittelweg zwischen ökologischer und ökonomischer Lösung gesucht werden.

Da die Wärme stets den Ausgleich anstrebt, entweicht sie bei Kälte durch Wände und Fenster. Man sollte diesen Verlust ersetzen, indem man die Wärme zurückholt - wie es z.B. mit einer Wärmepumpe möglich ist.

Heute wird die Wärme hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe wie Öl, Gas oder Kohle erzeugt. Dadurch wird aber die Luft mit Schadstoffen verunreinigt, der Kohlendioxydgehalt der Atmosphäre erhöht und damit unser Klima verschlechtert. Da auch der Strom zu einem hohen Anteil aus fossilen Rohstoffen erzeugt wird, muß zwar auch damit sparsam umgegangen werden, jedoch kann mit seiner Hilfe das Energieangebot aus unserer Umwelt (Sonne, Luft und Wasser) besser genutzt werden.

Weiterhin problematisch ist die Lüftung der Innenräume, oft wird zu lange ohne Abschaltung der Heizung gelüftet und so Energie vergeudet. Auf dem Markt werden verschiedene Möglichkeiten der Einsparung dieser Energie angeboten. Die Rückgewinnung dieses Wärmeverlustes ist in Einfamilienhäusern wirtschaftlich aber nicht sinnvoll. Es können deshalb hier nur Systeme eingesetzt werden, die durch einem Feuchtigkeitsanstieg im Raum für eine automatische Lüftung sorgen . Die verbrauchte Luft wird dabei z. B. in Küche und /oder Bad abgesaugt und Frischluft über feuchtegesteuerte Schlitze den jeweiligen Räumen zugeführt. Es geht so kaum Wärme/Energie verloren!

- \* Grundsätzlich muß an erster Stelle eine möglichst gute Wärmedämmung der Gebäude stehen! Die **Wärmedämmung** sollte auf Werte für ein **Niedrig-Energie-Haus (NEH)** gebracht werden, ähnlich der schwedischen Bauweise. Ein **NEH** benötigt per Definition 30 bis 70 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche im Jahr - was nach unserer heutigen **Wärmeschutzverordnung** 100 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr sind.
- \* Eine **NEH-Wärmedämmung** läßt sich mit relativ geringen finanziellen Mitteln erreichen, die sich durch den Minderverbrauch von Energie in kürzester Zeit amortisieren.

Die in den Kraftwerken durch Verbrennung fossiler Rohstoffe erzeugte Abwärme muß zu Heizzwecken in der Kraftwerksumgebung genutzt und nicht ungenutzt an die Umwelt abgegeben werden. Die nachfolgend vorgestellte Anordnung erlaubt eine Nutzung der Stromenergie in betriebsschwachen Kraftwerkszeiten, was zu einer Wirkungsgradsteigerung bei der Stromerzeugung führt.

---

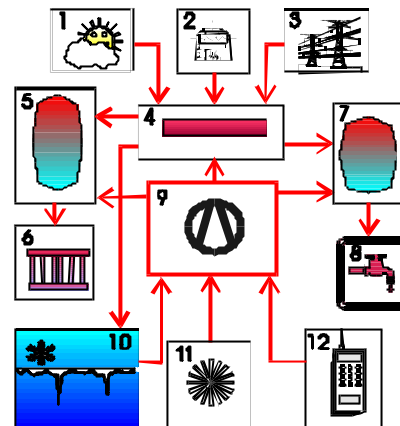
Bei der Erarbeitung und Zusammenstellung aller Informationen und Daten haben wir uns bemüht möglichst umfassend und fehlerfrei zu arbeiten. Unser Ziel ist, mit dieser Broschüre nach bestem Wissen zu beraten, jedoch ohne jede Rechtsverbindlichkeit.

---

## 2. DAS „WASSER-EIS-SPEICHER-SYSTEM<sup>DP</sup>“

### 2.1. Schema des Systems

1. Scheint die **Sonne**, so wird die Wärme über Wärmetauscher in den Heiz- (5) oder Brauchwasserspeicher (7) oder „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ (10), je nach Temperatur des Wärmeträgers abgegeben.
2. Der **Kamin/Ofen** dient zur Absicherung gegen Stromausfall und zur Möglichkeit Eis im „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“, abzutauen (Strom für die Pumpe dann über Batterie oder Notstromversorgung).
3. **Strom**.
4. **Zentrale Verteilung** der Wärmeströme. Regelung für den Solar-, den Heiz- und Brauchwasserkreislauf.



• Bild 1: Schema des Systems

5. **Heizwasserpufferspeicher** etwa 2.000 Liter (abhängig von Sperrzeiten für den Wärmepumpen-Strom) mit Wärmetauscher zur Schichtbeladung aus dem Solarkreis. Die Wärmepumpe lädt den Speicher direkt.
6. Wand- und/oder Fußboden-**Niedertemperaturheizung**.
7. **Brauchwasserpufferspeicher** etwa 500 Liter (abhängig von Sperrzeiten für den Wärmepumpen-Strom), Beladung wie Heizwasserspeicher.
8. **Brauchwasserverbraucher** (ggf. Umwälzung wegen sofortiger Verfügbarkeit von warmem Wasser, so ist bei 60°C auch keine Keimbildung im Wasser möglich).
9. **Wärmepumpe** - siehe Glossar
10. „**Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>**“, bei genügender Größe kann der Luftkühler (11) entfallen. Wärmeeintrag durch Wasserkühlung. Die Vereisung findet außerhalb des Wasserbehälters statt (Entzug von „Umgebungswärme“).
11. **Luftkühler** (wenn vorhanden) nutzt die Umgebungswärme der Luft oberhalb +5°C. Unter +5°C erfolgt die Umschaltung auf den „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“, da der Luftkühler sonst vereist und dadurch der Wirkungsgrad vermindert würde.
12. **Fernbedienung** - über Verkabelung an beliebiger Stelle im Haus anzubringen. Die Fernbedienung mit Display und Tastatur dient zur Systemeinstellung. Die Wärmepumpen-Funktionen und die Beladung der Pufferspeicher erfolgt durch einen Microcontroller zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Anlage.

### 2.2. Funktionsbeschreibung

Zur Überbrückung der kalten Jahreszeit mit Frostperioden wird ein Energie-Speicher benötigt. Hierfür bietet sich Wasser mit seiner hohen Wärmekapazität an. Diese besitzt im Vergleich zu Erdreich, Beton, Sand oder Gestein etwa den doppelten Wert. Die Verwendung einer Wärmepumpe erlaubt außerdem die Latentenergie des Wassers auszunutzen.

Über den Luftkühler entzieht die Wärmepumpe der Umgebung Wärme, solange die Außentemperatur einen effizienten Betrieb erlaubt, also ohne stärkere Absorbervereisung und nicht bei tiefen Außentemperaturen. In unseren Breiten sind Frostperioden meistens nur von kurzer Dauer, in dieser Zeit kühlt die Wärmepumpe das Speicherwasser und nutzt die Latentwärme durch Einfrieren des Wassers an den Absorberplatten. Die klimatische Lage des Hauses und seine Wärmedämmung bestimmen dabei die Größe des „Wasser-Eis-Speichers<sup>DP</sup>“.

Der Energiegehalt von Wasser ist zwischen 0°C und 80°C ebenso hoch wie seine Latentwärme, also die Energiedifferenz zwischen Wasser und Eis. **Das wesentlich Neue ist die Anordnung der Absorberplatten außerhalb des Wasservorrates. Der Vereisungsvorgang erfolgt über dem**

**Wasser im „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“** an den darüber installierten Absorberplatten. Dadurch wird der Vorgang beherrschbar und optimiert.

Nach Vereisung der Absorberplatten wird, durch kurzzeitiges Umschalten der Wärmepumpe von der elektronischen Steuerung, die sich dort gebildete Eischicht abgelöst und im darunter befindlichen „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ gelagert. Damit ist eine optimale Wärmeleitfähigkeit an den Absorberplatten sichergestellt und das größere Volumen von Eis gegenüber Wasser kann keinen Schaden bei der Speicherung verursachen.

Im Winter zusätzlich erzeugte Kälte wird im folgenden Sommer durch solare Wärme wieder ausgeglichen und der Wasservorrat soweit wie möglich erwärmt. Die Solaranlage liefert im Sommer direkte Energie zur Warmwasserversorgung, und an klaren und sonnenreichen Wintertagen taut sie, zumindest teilweise, Eis im Vereisungsspeicher auf. Die Solarenergie wird zur Erwärmung des kalten oder gar vereisten Wassers sehr effektiv genutzt.

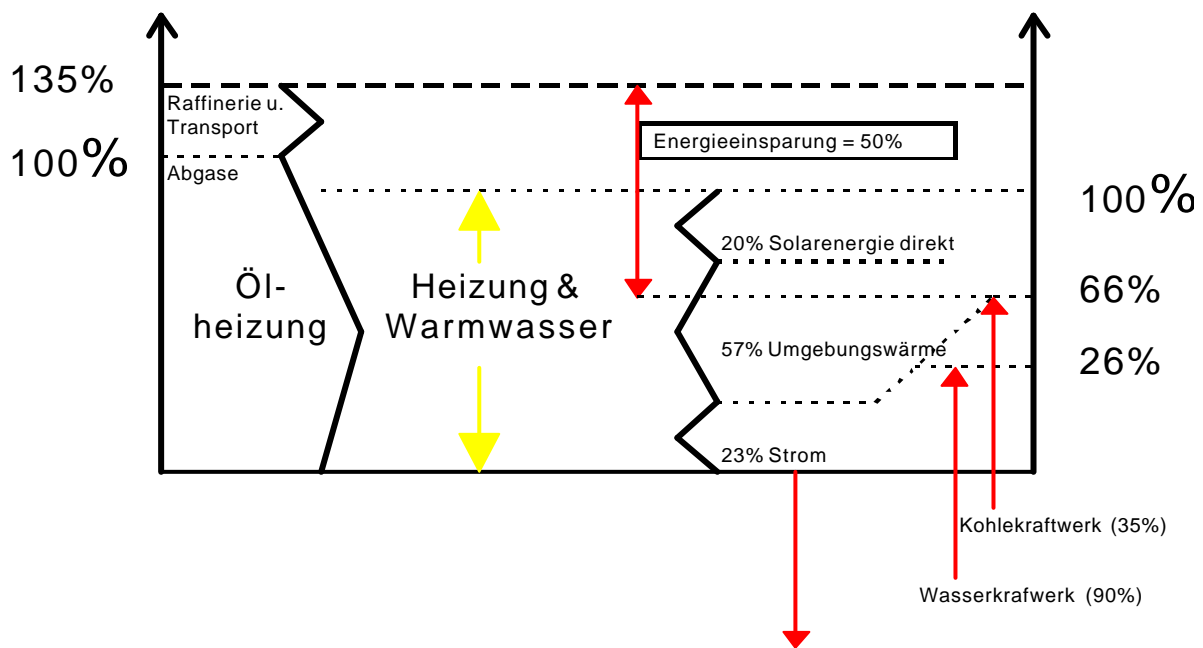
Eine Nutzung der Kälte im Sommer (z.B. in Kühldecken oder Kühlwänden bzw. zur Klimatisierung) ist problemlos möglich.

Die Verwendung eines Kamins/Ofens mit Heizregister läßt durch zusätzliche Wärmeerzeugung einen kleineren Vereisungsspeicher zu, sichert die Wärmeversorgung in extremen Frostperioden sowie bei Stromausfall und erfüllt noch die vorgeschriebene Funktion einer Zusatzheizung.

Der Unterschied zu ähnlichen Methoden, wie der Wärmenutzung des Grundwassers, des Erdreiches im Garten oder durch Tiefenbohrungen, besteht in dem hierbei erreichbaren höheren Wirkungsgrad durch Direktverdampfung, der Vermeidung einer Boden- oder Grundwasserbelastung durch undichte Absorber und der leichteren Zugänglichkeit aller Komponenten.

Die vorgestellte Anordnung **spart im Vergleich zu einer Ölheizung ca. 50% Primärenergie ein** und vermindert im gleichen Umfang den Kohlendioxidausstoß in die Atmosphäre. In BINE "Heizen mit Wärmepumpen" (ISBN 3-88585-397-3) ist die erforderliche Primärenergie für jeweils 100% Heizwärme angegeben. Eine Ölheizung benötigt danach mit Aufbereitung zu leichtem Heizöl 135% Primärenergie.

### 2.3. Energieverbrauch im Vergleich



Wärmepumpe mit einer Leistungszahl von 3,5

• Bild 2: Energieverbrauch

# 3. DIE ANLAGE

## 3.1. Erforderliche System-Komponenten

### 3.1.1. Solaranlage

- Im Falle eines Niedrig-Energie-Hauses genügen einfache Solarflachkollektoren mit einer Gesamtfläche von etwa 10% der Wohnfläche bei Südausrichtung. Die Kosten betragen zur Zeit etwa 500.- bis 700.-DM pro m<sup>2</sup> (Bem.: bei Selbstbau in einigen Ländern keine Förderung möglich!).

### 3.1.2. Kamin oder Kachelofen

- Sollte ein Kamin/Ofen mit Warmwasserbereitung vorgesehen werden, so ermöglicht dieser neben einem kleineren „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ auch die Notbeheizung bei Stromausfall und Zusatzbeheizung bei extrem langer Kaltwetterlage.

### 3.1.3. Luftkühler

- Bei einem ausreichend großen „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ kann auf die Verwendung eines Luftkühlers verzichtet werden. Sonst ist dieser für den Leistungsbedarf bis zum Gefrierpunkt auszulegen (Betrieb nur oberhalb +5°C Außentemperatur).

### 3.1.4. Pufferspeicher (mit Schichtbeladung!)

- ◆ *Brauchwasserspeicher* max. +60°C, etwa 500 Liter für einen 4-Personen-Haushalt.
- ◆ *Heizwasserspeicher für Niedrigtemperatur-Heizung*, möglichst groß, etwa 2.000 Liter. Die exakte Größe richtet sich nach der Anzahl der Sperrstunden, der erforderlichen Vorlauftemperatur des Heizungskreislaufes und der maximalen Heizwassertemperatur.
- ◆ „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ im Sommer auf +40°C erwärmt. Im Winter schwimmt erzeugtes Eis auf der Wasseroberfläche. Volumen je nach Klimalage und Hausgröße zwischen 25m<sup>3</sup> und 50m<sup>3</sup> (der Speicher kann in den Öllagerraum eingebaut werden, weil kein Öl mehr gebraucht wird, auch unter der Garage oder unter der Terrasse).

### 3.1.5. Wärmepumpe mit Regelung

## 3.2. Technische Daten der verschiedenen Wärmepumpen

TYP	Heizleistung [kW]	Leistungs-aufnahme [kW]	Anzahl der Absorberplatten	zu beheizende Fläche [m <sup>2</sup> ]	
				Niedrig-Energie-Haus (Wärmebedarf 50W/m <sup>2</sup> )	normales Wohnhaus (70W/m <sup>2</sup> )
	Vorlauftemperatur 35°C vom Wasserkühler Wasser=0°C		überdem „Wasser-Eis-Speicher <sup>DP</sup> “		
WPSW7	6,2	1,75	2	92	66
WPSW10	7,5	2,18	3	112	80
WPSW13	10,5	2,95	4	157	112
WPSW17	14,8	4,25	5	221	158

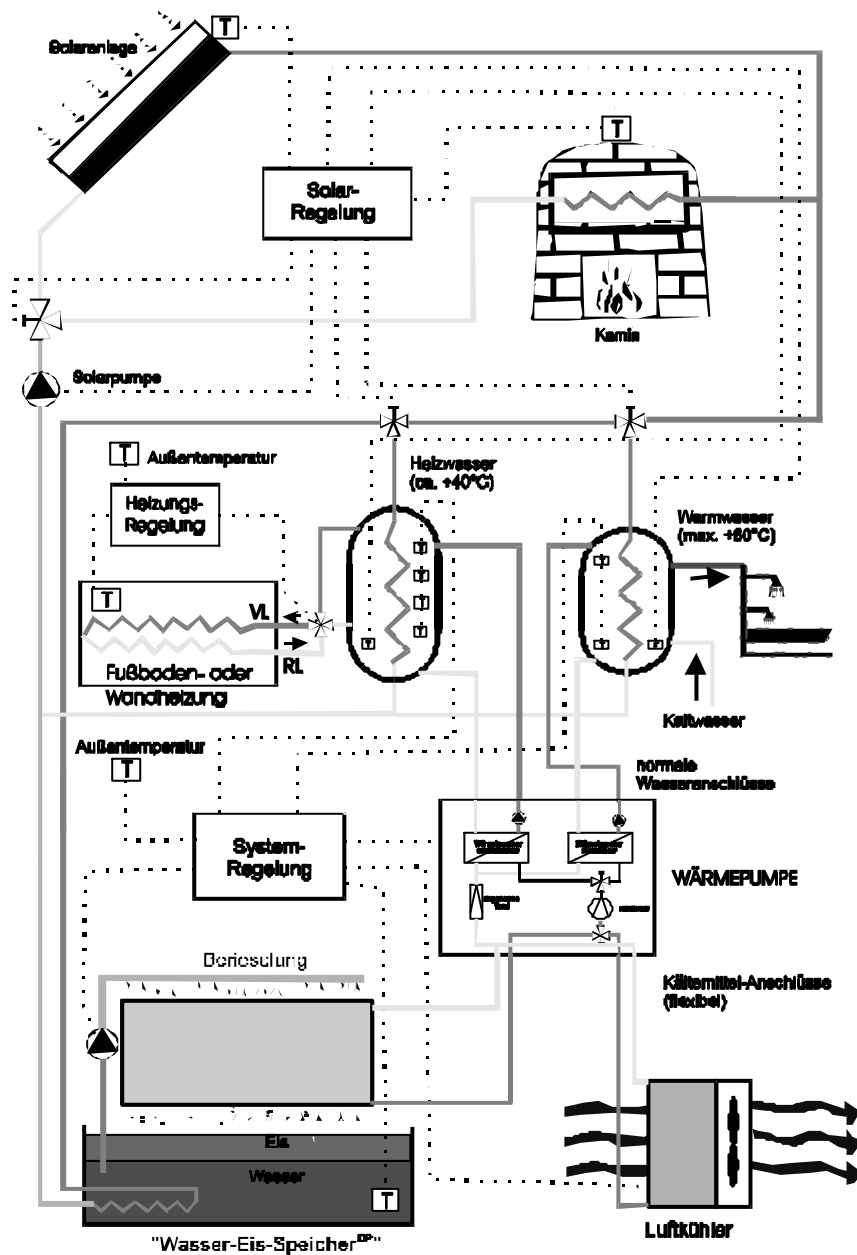
Anmerkung: Die Leistungszahl = Heizleistung : Leistungsaufnahme beträgt ca. 3,5

### 3.3. Unsere Lieferung beinhaltet folgende Elemente:

- \* notwendige Anzahl von Absorberplatten zur Wasserkühlung/-vereisung,
- \* flexible vorgefüllte Kältemittelleitungen,
- \* erforderlicher Luftkühler,
- \* komplette Regelung durch einen programmierbaren Microcontroller.

Für ein 120m<sup>2</sup> Niedrig-Energie-Haus kostet diese Anlage etwa 18.000.-DM.

### 3.4. Darstellung des optimierten Gesamtsystems



• Bild 3: Systemaufbau



### 3.5. Heizen und Kühlen mit dem „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System

#### 3.5.1. Heizen

Zur Erwärmung von Räumen wird das Vierwege-Mischventil so gesteuert, daß die Vorlauftemperatur der Niedertemperatur-Heizung einen höheren Wert als die Raumtemperatur besitzt. Je stärker der Raum erwärmt werden soll, desto höher muß die Vorlauftemperatur eingestellt werden. Dazu wird warmes Heizungswasser durch den Mischer aus dem Heizwasser-Pufferspeicher zugemischt und dafür die gleiche Menge abgekühlten Heizungswassers vom Rücklauf wieder dem Heizwasser-Pufferspeicher zugeführt.

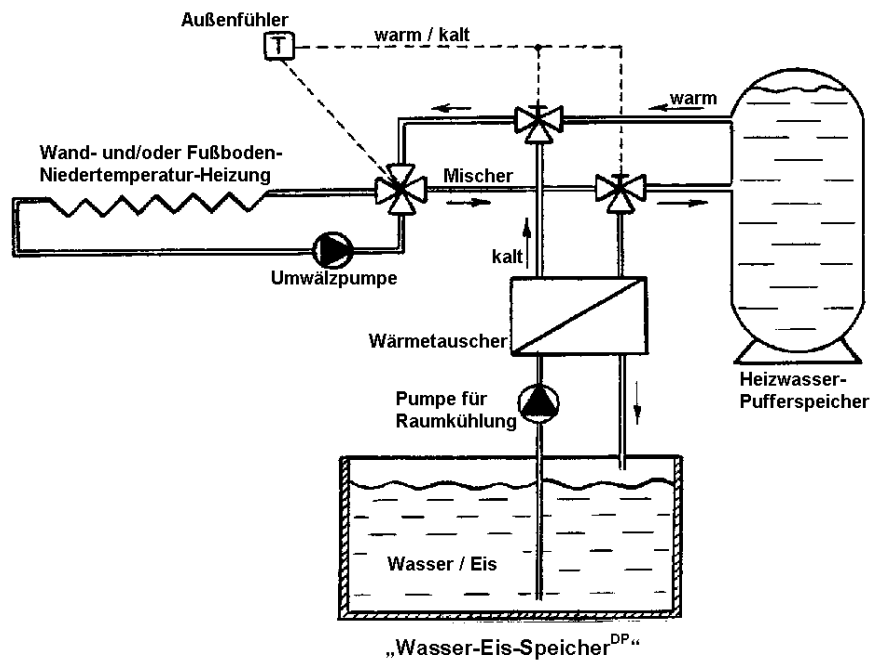


Bild 4: Heizen und Kühlen

#### 3.5.2. Schichtbeladung

Bei der Rückführung des abgekühlten Heizungswassers ist eine Durchmischung des Pufferspeicherwassers nicht erwünscht, es wird im Gegenteil die Beibehaltung einer guten Schichtbeladung angestrebt. Befindet sich nämlich ausreichend warmes Heizungswasser nur im obersten Bereich des Pufferspeichers, dann können damit die Räume bereits erwärmt werden. Würde der Pufferspeicher hingegen durchgemischt, so müßte der gesamte Inhalt auf die zur Heizung erforderliche Temperatur gebracht werden. Eine hier nicht dargestellte spezielle Vorrichtung sortiert dieses abgekühlte Heizungswasser genau in die Schichthöhe des Pufferspeichers, die der gleichen Dichte und damit der gleichen Temperatur entspricht (*Patent angemeldet*).

#### 3.5.3. Kühlen

Sollen hingegen Räume gekühlt werden, so müssen die beiden Dreiwege-Ventile umgeschaltet werden, so daß je nach Stellung des Mixers mehr oder weniger kaltes Heizungswasser in den Kreis der „Niedertemperatur-Heizung“, die jetzt als Kühlfläche dient, gelangen kann. Im Wärmetauscher erfolgt eine Abkühlung des Heizungswassers, da auf der anderen Seite des Wärmetauschers das kalte Wasser des „Wasser-Eis-Speichers<sup>DP</sup>“ mittels Pumpe zirkuliert. Solange Eis im Wasser des „Wasser-Eis-Speichers<sup>DP</sup>“ schwimmt, beträgt dessen Temperatur 0°C. Bei einem Eisvolumen von 10m<sup>3</sup> kann den Räumen eine Wärme von 930kWh entzogen werden, denn diese Wärme muß dem Eis zum Schmelzen zugeführt werden. Wird im Sommer eine Raumkühlung gewünscht, dann findet die Erwärmung des „Wasser-Eis-Speichers<sup>DP</sup>“ zweckmäßiger Weise erst im Herbst statt.

#### 3.5.4. Luftheizung

Eine Luftheizung, beziehungsweise Raumklimatisierung, ist ebenfalls sehr einfach zu verwirklichen. Dazu muß der Mischer durch einen Wärmetauscher ersetzt werden, der auf der einen Seite vom Heizungswasser und auf der anderen Seite von Luft durchströmt wird. Aus Gründen des sparsamen Umgangs mit Energie ist eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft vorzusehen und die Außenluft als Wärme- oder Kältequelle mit einzubeziehen.

# 4. ZUSAMMENFASSUNG

## 4.1. Vorteile des Konzeptes

### **50% Energieeinsparung und Reduktion der Kohlendioxyd - Erzeugung**

- Optimale Einbeziehung solarer Energie und Umgebungswärme in das Wärmeversorgungskonzept.
- Hoher Wirkungsgrad im Kraftwerk durch Nutzung von verbrauchsschwachen Zeiten zum kraftwerkgesteuerten Wärmepumpen-Betrieb für die Wärmeerzeugung.
- Kein Schadstoffanfall beim Verbraucher. Im Kraftwerk können die anfallenden Schadstoffe wesentlich leichter ausgefiltert werden.
- Einschränkung der Verbrennung von nur begrenzt vorhandenen fossilen Rohstoffen.

### **Die Nutzung der Latentwärme des Wassers erlaubt einen relativ kleinen Speicher, da die Wasserabkühlung von 80°C auf 0°C die gleiche Wärme freisetzt wie seine Vereisung allein**

- Das Wasser wird nur benutzt und nicht verbraucht.
- Im Winter erzeugtes Eis wird im folgenden Frühjahr und Sommer von der Umweltwärme fast gratis aufgetaut (bzw. kann zu Kühlzwecken verwendet werden).
- Auf im Erdboden verlegte Flach- oder Grabenabsorber sowie genehmigungspflichtige Erdsonden- und Grundwasser-Nutzung kann man verzichten.

### **Der Vergleich der Erstellungskosten mit denen der Einrichtung einer Ölheizung fällt nicht wesentlich unterschiedlich aus, vergleichbar sind**

- **Ölheizung:** Brennwertkessel, Schornstein, nebst Reinigung und Öllager incl. Verteilung an die Endverbraucher.
- **„Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“- System:** Solarkollektoren, Wärmeabsorber (kostengünstig bei Blechdächern), Wärmepumpe und Vereisungsspeicher
- Die Betriebskosten für die Wärmepumpe betragen weniger als die Hälfte der Ölkosten.

### **Ein Kamin/Ofen mit Heizregister für den Kurzzeit-Warmwasserspeicher, erhöhen die Wohnqualität, ist aber nicht unbedingt erforderlich**

- Dadurch Beheizung auch bei Stromausfall möglich.
- Durch Zuheizung kann die Anlage kleiner ausgelegt werden.

### **Mit diesem System kann mit geringem Aufwand auch eine Raumkühlung erfolgen**

- Zumischung von abgekühltem Heizwasser aus dem „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ über einen Wärmetauscher.
- Erwärmung des „Wasser-Eis-Speichers<sup>DP</sup>“ dann erst im Herbst nach der sommerlichen Kühlperiode der Innenräume.

# 5. FÖRDERPROGRAMME

## Förderprogramme der Bundesregierung

(bundesweite Geltung)

- **Brennwerttechnik statt Niedertemperaturkessel,**
- **Solarkollektoren für die Brauchwasserbereitung,**
- **Wärmepumpen als umweltschonende Alternative zum Heizkessel**

## Förderungen für Eigenheimerwerb (gültig ab 1. Januar 1996)

Zum 1. Januar 1996 wurde der Bauherrenparagraph 10e des Einkommensteuergesetzes durch neue Förderbestimmungen ersetzt. Statt der bisherigen steuerlichen Förderung, die einkommensabhängig war, gibt es nun eine **einheitliche Eigenheimzulage**, die insbesondere mittlere Einkommensbezieher begünstigt. Diese Zulage wird in unterschiedlicher Höhe gewährt: bis zu 40.000.-DM für Neubau, **bis zu 20.000.-DM für Altbauerwerb** - verteilt auf acht Jahre. Je Kind gibt es zusätzlich 1.500.-DM pro Jahr - ebenfalls acht Jahre lang. Baumaßnahmen zugunsten der Umwelt werden mit zusätzlichen Zulagen belohnt: So werden zum Beispiel der Einbau einer Solaranlage, Wärmepumpe und/oder Anlage zur Wärmerückgewinnung mit einer „**ÖKO-ZULAGE**“ von 2% der projektbezogenen Aufwendungen, höchstens jedoch 500.-DM jährlich gefördert, in acht Jahren also insgesamt 4.000.-DM. Wer ein Niedrigenergiehaus baut, erhält noch einmal 400.-DM pro Jahr dazu, in acht Jahren insgesamt 3.200.-DM. Mit wieviel Fördergeld man zusammenfassend rechnen könnte, zeigen die Tabellen:

## Eigenheimzulage und Kinderzulage

Geförderte Maßnahmen	Höhe der Förderung	Besonderheiten
<b>Herstellung bzw. Anschaffung</b> einer <b>selbstgenutzten Wohnung</b> in einem eigenen Haus oder einer eigenen Eigentumswohnung. <b>Ausbauten und Erweiterungen</b> an einer selbstgenutzten Wohnung. <b>Unentgeltliche Überlassung</b> an einen Angehörigen nach §15 der Abgabenordnung	<b>1.-8. Jahr Neubau:</b> <b>max. 5.000.-DM p.a.</b>  Bemessungsgrundlage: 5% der nachgewiesenen Gebäude- und vollen Grundstückskosten.  <b>Gebrauchtimmobilien:</b> <b>max. 2.500.-DM p.a.</b> (Objekte, die nicht spätesten bis zum Ende des zweiten auf das Jahr nach der Fertigstellung folgenden Jahres angeschafft wurden! Beispiel: Fertigstellung 1994 Anschaffung 1997)	<b>nicht gefördert</b> werden Ferienhäuser und Ferienwohnungen. Einkommensgrenzen (Berechnung Gesamtbetrag der Einkünfte, d.h. Brutto abzüglich Werbungskosten): Ledige 120.000.-DM p.a. und Verheiratete 240.000.-DM p.a.  Der Anspruch entsteht mit dem Beginn der Nutzung. Die Auszahlung erfolgt innerhalb eines Monats nach Festsetzung des Bescheides. In den weiteren Jahren jeweils am 15.3. in einer Summe.  Auch künftig ist der Objektverbrauch zu beachten: Ledige 1x Verheiratete 2x.  Die Summe der Eigenheim- und Kinderzulage über 8 Jahre darf die Bemessungsgrundlage nicht überschreiten
	<b>je Kind: 1.500.-DM p.a.</b> (Kinder, die im Haushalt leben und für die Kindergeld gezahlt oder ein Kinderfreibetrag gewährt wird)	

## Öko-Komponenten

Geförderte Maßnahmen	Höhe der Förderung	Besonderheiten
Für den Einbau <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solaranlagen</li> <li>• Wärmepumpen</li> <li>• Anlagen zur Wärmerückgewinnung</li> </ul>	<b>1.-8. Jahr</b> <b>max. 500.-DM p.a.</b> Bemessungsgrundlage: 2% der nachgewiesenen Herstellungs- oder Anschaffungskosten	Die Maßnahmen zur Energieeinsparung müssen bis spätestens <b>31.12.1998</b> abgeschlossen sein. Voraussetzung: Es besteht ein Anspruch auf Eigenheimzulage (Einkommensbemessungsgrenzen!) Nicht bei Ausbauten und Erweiterungen. Bei Brauchimmobilien muß der Einbau noch vor Bezug erfolgen.
Für den Neubau eines Niedrigenergiehauses mit Wärmeeinsparung um mindestens 25% gegenüber den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1994 (NICHT BEI AUSBAUTEN UND ERWEITERUNGEN!)	<b>1.-8. Jahr</b> <b>max. 400.-DM p. a.</b>	Das Objekt muß bis zum 31.12.1998 fertiggestellt oder von diesem Zeitpunkt bis zum Ende des Jahres der Fertigstellung angeschafft worden sein. Voraussetzung: Auch hier muß ein Anspruch auf Eigenheimnutzung bestehen.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Fördergelder nach dem Eigenheimzulagegesetz für Neubauten in 8 Jahren (Angaben in DM)

Familiengröße	Fördergrundbetrag (max.)	Kinderzulage	Zulage für Solaranlagen u. Wärmepumpen (max.)	Zulage für Niedrigenergie-häuser	maximale Gesamtförderung
ohne Kinder	40.000	entfällt	4.000	3.200	<b>47.200</b>
1 Kind	40.000	12.000	4.000	3.200	<b>59.200</b>
2 Kinder	40.000	24.000	4.000	3.200	<b>71.200</b>
3 Kinder	40.000	36.000	4.000	3.200	<b>83.200</b>
4 Kinder	40.000	48.000	4.000	3.200	<b>95.200</b>

### Fördergelder nach dem Eigenheimzulagegesetz für Altbauten in 8 Jahren (Angaben in DM)

Familiengröße	Fördergrundbetrag (max.)	Kinderzulage	Zulage für Solaranlagen und Wärmepumpen (max.)	Zulage für Niedrigenergie-häuser	maximale Gesamtförderung
ohne Kinder	20.000	entfällt	4.000	3.200	<b>27.200</b>
1 Kind	20.000	12.000	4.000	3.200	<b>39.200</b>
2 Kinder	20.000	24.000	4.000	3.200	<b>51.200</b>
3 Kinder	20.000	36.000	4.000	3.200	<b>63.200</b>
4 Kinder	20.000	48.000	4.000	3.200	<b>75.200</b>

## **Förderprogramm für Wärmeschutzmaßnahmen in Altbauten der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)**

Hier werden außer Verbesserungen zur energiesparenden Sanierung an der Gebäudehülle auch Investitionen in neue Heizungstechnik bezuschußt.

Antragsformulare für das auf fünf Jahre projektierte und mit 1 Milliarde Mark ausgestattete Programm liegen bei Banken und Sparkassen bereit. Da die Mittel überaus lebhaft in Anspruch genommen werden, überlegt man zur Zeit, das Programm aufzustocken oder seine Laufzeit zu reduzieren.

Doch auch wer sich zunächst beraten lassen will, welche Baumaßnahmen in seinem speziellen Fall die bestgeeigneten sind, kann für diese Suche Zuschüsse bekommen. So gibt es etwa zur Energieberatung für ein Ein-, oder Zweifamilienhaus einen Zuschuß von 900.-DM (Voraussetzung ist: Baugenehmigung für die Immobilie muß vor 1984 erteilt worden sein!!). Abgewickelt wird dieses Beratungsprogramm über das Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft in Eschborn (Tel. 06196/4951).

### **Strompreise:**

Die regionalen Energie-Dienstleistungs-Unternehmen haben es sich inzwischen zur Aufgabe gemacht, neben einer sicheren und preisgünstigen Versorgung auf die rationelle und sparsame Verwendung von Elektrizität, die Schonung von Ressourcen und eine möglichst geringe Umweltbelastung besonderen Wert zu legen. Der Einsatz von Wärmepumpen wird diesem Anliegen gerecht und ist die effektivste Möglichkeit zur Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich der Raumheizung und Warmwasserversorgung. Im Vergleich zu Brennstoff-Zentralheizungen verbraucht die Wärmepumpe bis zu 50% weniger Primärenergie und reduziert je nach Betriebsweise den Kohlendioxidausstoß gegenüber z.B. einer Ölzentralheizung um etwa 60%. Die Wärmepumpen-Förderregelungen der regionalen Energie-Dienstleistungs-Unternehmen setzen in der Regel den Abschluß eines Wärmepumpen-Sondervertrages sowie das Vorhandensein bestimmter Parameter des verwendeten Systems voraus. Zur Zeit wird innerhalb der gewährten Wärmepumpen-Förderregelungen ein 20%iger Förderrabatt gewährt, so daß sich der Stromarbeitspreis um durchschnittlich 3 Pf pro kW/h verringert. Dabei sind in der Regel ausschließlich unterbrechbar betriebene Elektro-Wärmepumpen, die monovalent, bivalent-parallel oder bivalent-alternativ, mit den Wärmequellen Luft, Wasser oder Erdreich eingesetzt. Dabei sind bestimmte Abschaltzeiten in den Spitzenstunden des Stromverbrauches vorgegeben und müssen den jeweiligen Erfordernissen auf Veranlassung angepaßt werden. Es sind auch die schon auf eigene Initiative gebauten Anlagen in die Förderregelung einbezogen.

### **Ausnahmeregelungen und Bemerkungen:**

In der Regel scheiden Aus- und Umbauten sowie die Erweiterung eines bestehenden Gebäudes bei der Förderung aus! Alle Anträge auf Förderung müssen grundsätzlich vor Baubeginn und Abschluß von Verträgen gestellt werden. Nicht genehmigt werden grundsätzlich Anlagen zur Beheizung von Schwimmbädern!!! Außerdem sind die zur Verfügung stehenden jeweiligen Haushaltsmittel begrenzt. Ein Rechtsanspruch besteht in der Regel nicht!

Diese Informationen (**und die aller Bundesländer**) werden von uns laufende aktualisiert und können bei uns angefordert werden oder im **INTERNET** unter „<http://ourworld.compuserve.com/homepages/hgrasshoff/foerderu.htm>“ abgerufen werden.

# 6. INFORMATIONEN

## 6.1. Die Wärmepumpe

### 6.1.1. Definition, Prinzip einer Wärmepumpe und ihre Verwendung

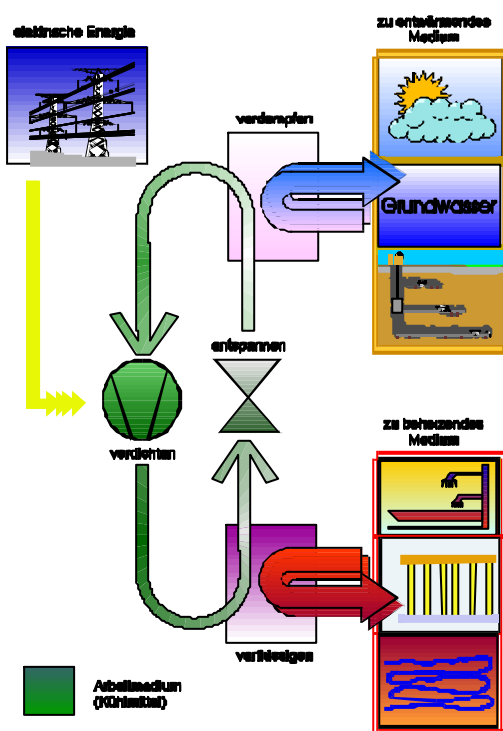
Das Prinzip der Wärmepumpe wurde bereits vor 150 Jahren entdeckt. Heute sind Wärmepumpen technisch ausgereift.

#### a.) Definition der Wärmepumpe

- Quelle „Brockhaus Enzyklopadie“, Wiesbaden 1974, Band 20, Seite 25:

„**Wärmepumpe** ist eine Anlage, mit der die bei Umgebungstemperatur anfallende und deshalb technisch wertlose Wärme durch Aufwendung mechanischer Energie auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und damit technisch verwertbar gemacht werden kann. Die Arbeitsweise der W. gleicht der einer Kältemaschine (Verdampfung und Verflüssigung eines Arbeitsstoffes) mit der Möglichkeit der Umschaltung von Heiz- auf Kühlbetrieb. Entsprechend dem Heiz- oder Kühlmedium werden unterschieden Luft/Luft-, Wasser/Luft- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen. Anwendung findet die W. in der Klimatechnik, neuerdings auch in Einfamilien-Wohnhäusern, bei der Beheizung von Schwimmbädern und bei Verdampferanlagen der chemischen Industrie“.

#### b.) Prinzip der Wärmepumpe:



• Bild 5: Funktionsweise der Wärmepumpe

Ein angetriebener Wärmepumpen-Kreislauf nutzt die kostenlos angebotene Wärme der Luft, des Erdreichs oder des Wassers, um sie an ein Heizsystem abzugeben. Mit einem kleinen Anteil

elektrischer Antriebsenergie kann so das Drei- bis Vierfache an Energie gewonnen werden. Die Wärmepumpe erreicht im vorgestellten System eine Leistungszahl von mindestens 3,5.

Die Wärmepumpe eignet sich gleichermaßen in Ein- und Mehrfamilienhäusern, für Neubauten wie auch für die Ergänzung bestehender Heizungssysteme in Altbauten. Die Wärmepumpe wird bevorzugt in Verbindung mit Niedertemperatur-Heizsystemen, z.B. der Fußboden- und Wandheizung, genutzt. Die mögliche Betriebsweise der Wärmepumpe hängt von der Wärmequelle und der verwendeten Heizanlage ab:

- Im **monovalenten** Betrieb deckt die Wärmepumpe während des ganzen Jahres ohne weitere Zusatzheizung den Wärmebedarf („Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“)
- Übernimmt die Wärmepumpe die Grundwärmeversorgung und wird bei tiefen Außentemperaturen ein zweiter Wärmeerzeuger zugeschaltet, nennt man diese Betriebsart **bivalent-parallel**.
- Wenn die Wärmepumpe die Wärmeversorgung nur bis zu einer definierten Außentemperatur (z. B. 0°C) übernimmt, spricht man von **bivalent-alternativ**. Ein zweiter Wärmeerzeuger übernimmt dann alternativ die Wärmeversorgung.

### c.) Die optimierte Verwendung einer Wärmepumpe

Durch den Einsatz eines Luftabsorbers (auch Dachabsorber, z.B. Blechdach, bzw. Energiedach) wird der Umgebung Wärme entzogen bis der Absorber bei einer Umgebungstemperatur von ungefähr +5°C zu vereisen beginnt. Das entspricht dem Betrieb einer normalen Luft (primäre Seite)/Wasser (sekundäre Seite) -Wärmepumpe oder einer Wasser (primäre Seite)/Wasser (sekundäre Seite) - Wärmepumpe. Unter dieser Außentemperatur wird auf den „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ umgeschaltet und die im Wasser gespeicherte Energie genutzt (Wasser/Wasser - Wärmepumpe).

Die von der Wärmepumpe gelieferte Energie wird über zwei getrennte gewöhnliche Wasseranschlüsse einem Heizwasserspeicher und einem Brauchwasserspeicher durch Ladepumpen zugeführt. Die Beladung der beiden Speicher erfolgt nach einem neuen Schichtbeladeverfahren und wird von der Elektronik eines Microcontollers so gesteuert, daß die Höhe der Beladung während des Strom-Nachtarifs den Wärmebedarf des folgenden Tages abdeckt. Die Beheizung des Hauses sollte, wie oben schon erwähnt, über eine konventionelle Niedrigtemperatur-Heizung erfolgen (Fußboden- und/oder Wandheizung).

Die Verbindungen von und zur Wärmepumpe erfolgen durch flexible mit Kältemittel vorgefüllte Leitungen. Sie können durch jeden Sanitär- oder Heizungsfachmann angeschlossen werden.

#### 6.2. Das NiedrigEnergie-Haus (NEH)

Die Wärmedämmung des NEH muß für die Wände so gewählt werden, daß ein möglichst niedriger mittlerer k-Wert unter 0,3W/m<sup>2</sup>K für alle Bauteile zusammen erreicht wird. Dabei erreichen die Fenster ohne großen finanziellen Aufwand nur einen k-Wert von 1,5W/m<sup>2</sup>K, der durch bessere Werte der anderen Bauteile ausgeglichen werden muß.

- **Kellerdecke:**  
12 bis 15 cm Dämmung mit  $k < 0,3\text{W/m}^2\text{K}$ , dabei beträgt die Temperaturdifferenz zu den Wohnräumen weniger als 10°C, daß dieser Verlust nicht so gravierend ins Gewicht fällt (Erdreich ist ständig 10°C bis 12°C warm).
- **Dachdämmung:**  
20 - 30cm Dämmung mit  $k \approx 0,2\text{W/m}^2\text{K}$ , bei einem ausgebauten Dachgeschoß ist besonders gut zu isolieren, denn dann beträgt die Temperaturdifferenz maximal etwa 35K (-15°C Außentemperatur bei +20°C Innentemperatur).

#### **Außenwände:**

Hier sind grundsätzlich zwei- oder mehrschalige Konstruktionen sehr günstig, um  $k$  kleiner gleich 0,25 W/m<sup>2</sup>K zu erreichen.

#### **Vergleich:**

##### **a.) Einschalige Wand**

Mauerwerk incl. Mörtelfugen 36,5cm tragende Wand+Putz (1,5cm innen, 2,0cm außen)	Rohdichte kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitfähigkeit W/mK	Wärmedurchgangs- koeffizient W/m <sup>2</sup> K
Vollziegel	1.200	0,50	$k > 1,00$
Kalksandstein	1.000	0,50	$k > 1,00$
Leichtbeton-Vollsteine	600	0,34	$k \approx 0,80$
Leichtbeton-Hohlblocksteine	600	0,32	$k \approx 0,75$
Leichtlochziegel W	600	0,30	$k \approx 0,70$
Vollblöcke S-W aus Blähton	600	0,24	$k \approx 0,60$
Gasbeton-Blocksteine	600	0,24	$k \approx 0,60$
Vollblöcke S-W aus Naturbims	600	0,22	$k \approx 0,60$

(Quelle: Haustechnik, Vogler/Laasch, B.G.Teubner, Stuttgart 1989, 8. neubearbeitete Auflage/ISBN 3 - 519 - 45221 - 9)

Die genannten Wandkonstruktionen besitzen alle nicht die erforderliche Wärmedämmung für die zur Zeit gültige Wärmeschutzverordnung (WSchVo). Diese verlangt für die Wärmedämmung einen durchschnittlichen k-Werte für die gesamte Gebäudehülle von  $k < 0,50\text{W/m}^2\text{K}$ .

### b.) Mehrschalige Wand

Mit einer Schicht aus Wärmedämmstoff werden folgende Werte erzielt:

= 15cm der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 055 ein Wert von  $k < 0,30\text{W/m}^2\text{K}$ ,

= 20cm der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 045 ein Wert von  $k < 0,20\text{W/m}^2\text{K}$ ,

- Tragendes 24cm Mauerwerk mit äußerer Wärmedämmung und hinterlüfteter Fassade.
- Sichtmauerwerk zweischalig mit Kerndämmung im Schalenabstand.
- Tragendes 24cm Mauerwerk mit „Thermohaut“, äußeren Dämmstoff und Putz oder Riemchenklinker.
- Leichtbauwand, mit oder ohne hinterlüfteter Außenbekleidung, aus Holzständerwerk, beidseitig beplankt, mit Füllung aus Dämmstoff, ca. 20cm dick. Außen eignet sich heimische Lärche wegen ihrer Witterungsbeständigkeit sehr gut. Als Füllstoff wird „ISOFLOC“ empfohlen, das aus Altpapier - mit Borzusätzen versehen - „eingebblasen“ wird.
- „ISORAST“ als Sonderform mit Styropor-Hartschaum-Schalungselementen mit Beton ausgegossen (sog. „verlorene Schalung“) mit  $k = 0,29\text{W/m}^2\text{K}$  bei 25cm Wanddicke und  $k = 0,16\text{W/m}^2\text{K}$  beim Dickwandsystem (mit 37cm Wanddicke).

Vergleich Wärmebedarf für ein 11 x 14 m großes Haus mit 190m<sup>2</sup> Wohn- und Nutzfläche.

	alte Wärmeschutz- verordnung	neue Wärmeschutz- verordnung	Niedrig-Energie- Haus
mittlerer k-Wert [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	0,66	0,5	0,3
jährlicher Heizenergieverbrauch [kWh]	26.200	19.000	8.000
Heizenergie pro m <sup>2</sup> Wohnfläche [kWh/m <sup>2</sup> ]	140	100	42

Das Niedrig-Energie-Haus benötigt für die laufenden Betriebskosten weniger als die Hälfte der Kosten eines nach der heute vorgeschriebener Bauweise erbauten Hauses und weniger als ein Drittel der Kosten nach der alten Wärmeschutzverordnung. Die bessere Wärmedämmung eines Hauses muß die Baukosten nicht verteuern, was durch das „ISORAST-PASSIVHAUS“ (sogen. „EIN-LITER-HAUS“) bewiesen ist. Die sonst höheren Erstellungskosten amortisieren sich in relativ kurzer Zeit. Die Bundesregierung und die Länder fördern den Bau von Häusern mit niedrigem Energieverbrauch. Die jährliche Energiebilanz eines nach der Wärmeschutzverordnung gebauten Hauses wird in Bild 6 dargestellt. Der entstehende Fehlbedarf muß durch Heizenergie gedeckt werden.

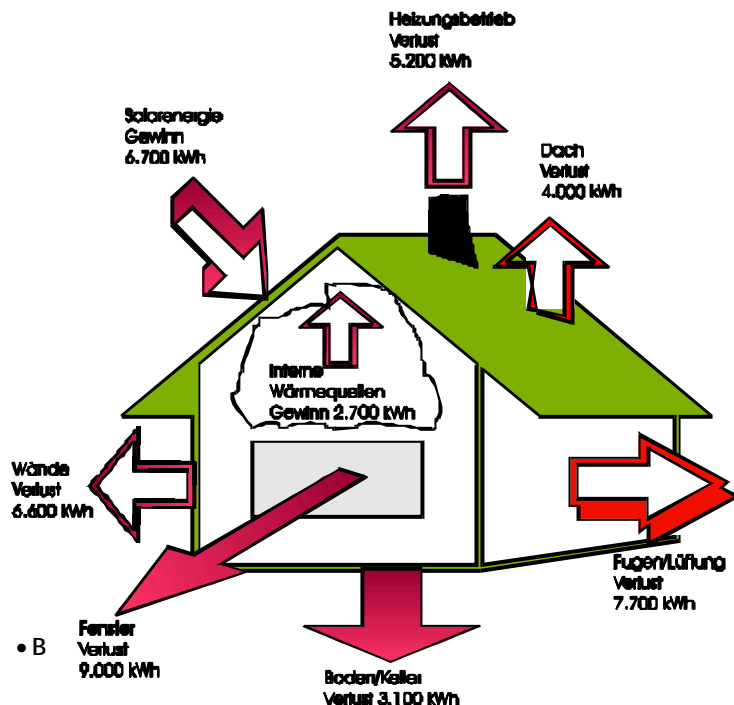


Bild 6: Energiebilanz eines Hauses

(Quelle: „Niedrig-Energie-Häuser“, Herausgeber: Der Minister für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein)



# 7. HÄUFIGGESTELLTE FRAGEN

Dieses Kapitel bietet zusätzliche oder ergänzende Informationen zu häufig gestellten Fragen. Es wird von uns laufende ergänzt und kann bei uns angefordert werden oder im **INTERNET** unter **„<http://ourworld.compuserve.com/homepages/hgrasshoff/fragen.htm>“** abgerufen werden.

**Frage: Was unterscheidet das vorgestellte System von herkömmlichen Wärmepumpen-Systemen und welche Wärmequellen können genutzt werden - mit den Vor- und Nachteilen?**

**Antwort: (siehe auch Kapitel 8.2.3.)**

## A. Das „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System (Dt.Pat.Nr.4405991,+A,+CH)

Der die Wärme entziehende Verdampfer befindet sich grundsätzlich nicht in der Wärmepumpe sondern am Ort des Wärmeentzuges (Direktverdampfung). Das ist durch kurze Verbindungsleitungen und einen geringen Kältemittelbedarf möglich. Gegenüber anderen Verfahren, welche die Wärme indirekt mit Hilfe einer Sole oder eines Glykollgemisches der Umgebung entziehen müssen, erreicht das „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System einen höheren Wirkungsgrad. **So werden 3,5 bis 4,0kWh Heizwärme durch 1kWh elektrischer Energie aus sonst ungenutzter Umweltwärme erzeugt (Leistungszahl  $e = 3,5 - 4,0$ ).** Außerdem kann das Eiswasser zum Kühlen während der Sommermonate verwendet werden. Alle Systemkomponenten sind servicefreundlich jederzeit zugänglich! Das Grundsystem besteht aus der Solaranlage, der Wärmepumpe und dem „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“.

### • Bild 7: Wärmepumpensysteme

- **1. Luftkühler:** Wärmeentzug nur bis zur Vereisung bei ca. +5°C, dann Umschaltung auf den „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ solange die Lufttemperatur darunter liegt.

- **2. „Wasser-Eis-Speicher<sup>PP</sup>“:** Verdampfer außerhalb des Wassers. Nach Bildung von Eis kurze Funktionsumschaltung der Wärmepumpe, dadurch fällt das Eis in das Wasser des Speichers und schwimmt dort an der Oberfläche. Das Schmelzen des Eises übernehmen bei Sonnenschein die Solarkollektoren, sie übernehmen dann auch die Warmwasserversorgung und die Heizung (besonders günstig in der Übergangszeit).
- **3. Kamin/Ofen:** Zur Absicherung gegen Stromausfall und zur Überbrückung extremer Wettersituationen erfolgt eine zusätzliche Erwärmung des Gebäudes mit Holz.

## **B. Herkömmliche Wärmepumpen-Heiz-Systeme**

- **4. Grundwassernutzung:** Hierfür ist aus wasserschutzrechtlichen Gründen eine Genehmigung erforderlich, sie kann aber nur selten erteilt werden. Guter Wirkungsgrad der Wärmepumpe (Leistungszahl ca.  $\epsilon = 4,0$ ), da die Wassertemperatur etwa  $+10^{\circ}\text{C}$  beträgt. Ein Saug- und ein Schluckbrunnen sind zu bauen. Ferner: erheblicher Pumpaufwand und strenge Sicherheitsvorschriften.
- **5. Erdreichkollektoren:** In 1,5m Tiefe verlegte Rohrleitung mit einer benötigten Fläche von etwa der dreifachen Wohnfläche. Indirekter Wärmeentzug, Probleme in strengen Wintern, später unzugänglich und über der verlegten Fläche verspäteter Pflanzenwuchs.
- **6. Vertikale Erdsonden:** Die Bohrungen sind teuer, es gibt keine Garantie für die Dauerfunktion, indirekter Wärmeentzug, hohe Sicherheitsauflagen und genehmigungspflichtig.
- **Luftkühler:** Indirekter Wärmeentzug oder Direktverdampfung möglich. Zur Vermeidung des Abtauaufwandes zweiter Wärmeerzeuger bei tiefen Temperaturen notwendig.

### **Frage: Welche Voraussetzungen sind zu erfüllen, damit die Anlage sinnvoll eingesetzt werden kann?**

**Antwort:** Gebäude muß den Niedrig-Energie-Standard erfüllen, und es muß eine Niedertemperatur-Heizung vorhanden sein (Wand- und/oder Fußbodenheizung).

---

### **Frage: Welches Kältemittel wird im System verwendet? Ist es FCKW frei?**

**Antwort:** Die in der Vergangenheit eingesetzten Kältemittel waren FCKW-haltig (R11, R12 und R114). Eine Verbesserung brachten die teilhalogenierten Kältemittel (HFCKW R22, R142b, HFKW 152a, R134a und R227). Von den neueren Kältemitteln, in denen keine Chlorverbindungen enthalten sind (HFKW R152a, R134a, und R227), wird in unseren Systemen HFKW R134a eingesetzt. Sollten neue Produkte mit besseren Eigenschaften auf den Markt kommen, so werden wir sie einsetzen.

**PROPAN** darf innerhalb eines Gebäudes nur in geringen Mengen verwendet werden. Über einen möglichen Einsatz muß man im Einzelfall entscheiden.

**Unsere Wärmepumpen-Systeme sind FCKW-frei!**

---

### **Frage: Was ist Photovoltaik und welche Probleme sind damit verbunden?**

**Antwort:** Photovoltaik bedeutet Stromherstellung aus Sonnenenergie mittels Siliziumscheiben. Die notwendigen Herstellungsverfahren sind sehr energieaufwendig. Zur Deckung von Eigenbedarf und Überbrückung von Stromausfall im öffentlichen Stromnetz sind kleine Anlagen mit konventionellen Batterien interessant (möglichst Gleichstromverbraucher und niedrige Versorgungsspannung). Aber die Einspeisungen ins öffentliche Netz ist nicht unproblematisch. Es besteht eine große Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage. Wer löst die Probleme bei zu geringem Sonnenschein und garantiert die ständige Verfügbarkeit von Strom? Die konventionellen Stromhersteller müssen das garantieren. Sie können aber ihre Gesamtkapazität wegen der Unsicherheiten bei dem Einspeisen nicht verringern und müssen immer den Vollbedarf inklusive Sicherheiten bereithalten! Das Problem ist derzeit ungelöst und müßte auch den Anhängern dieser Technik bekannt sein.

---

## **Frage: Woher sollte der Strom für den Betrieb der Wärmepumpe kommen?**

**Antwort:**

1. Ökologisch am sinnvollsten aus **Wasserkraft**, doch da sind der Kapazitätsausweitung enge Grenzen gesetzt.
  2. Aus **Windenergie** wäre ganz gut, würde der Wind immer dann wehen, wenn Strom benötigt wird. Bis auf wenige Ausnahmen in Küstennähe ist das nicht gewährleistet. Hinzu kommt die Beeinträchtigung der Landschaft (oft stören schon Strommasten das Landschaftsbild) und die Geräuschentwicklung der Anlagen.
  3. Beim **Atomstrom** stört das Problem der Entsorgung der Abfallstoffe - so ist diese Möglichkeit mit sehr vielen Fragen verbunden und durch Emotionen belastet.
  4. **Fossile Rohstoffe**: Diese sind viel zu schade, um verbrannt zu werden. Auch sind deren Vorräte begrenzt und gehen mit Sicherheit einmal zu Ende.
  5. **Solarstrom aus Silizium**: Bezüglich Bedarf und Verfügbarkeit klafft hier die gleiche Lücke wie bei der Windenergie. Es müssen bessere Speichermöglichkeiten gefunden werden. Die gute alte Batterie tut es nur schlecht und gar nicht umweltfreundlich.
  6. **Wasserstofftechnik**: Strom aus Sonnenenergie wird zur Elektrolyse von Wasser benutzt und gasförmig in Form von Wasserstoff und Sauerstoff gespeichert. Aber diese Technik ist für einen Einfamilienhaushalt ungeeignet (Kalilauge, Druck und Explosionsgefahr). Großtechnische Anlagen können diese Problematik beherrschen und so unseren künftigen Strombedarf decken.
- 

## **Frage: Was ist bei der Planung eines Gebäudes mit sparsamem Energieverbrauch zu beachten?**

**Antwort:** Bei der Standortbeurteilung sind die örtlichen Klimafaktoren wie z.B. Wind, Kaltluftschneisen, Sonneneinstrahlung und Nebelbildung unbedingt zu berücksichtigen.

Wichtig ist außerdem eine sinnvolle vorbereitende Funktions- und Gestaltplanung des Gebäudes. Ziel ist dabei ein möglichst hoher Sonnenwärmegewinn und Windschutz durch:

- Grundstücksausnutzung sowie Stellung und Gestaltung des Baukörpers unter Berücksichtigung des Gebäudeumfeldes, zum Beispiel:
  - Minimierung der Verschattung des Gebäudes von bereits bestehender oder zukünftiger Bebauung und Bepflanzung;
  - Standortwahl des Gebäude an der meist besonnten Stelle des Grundstücks;
  - Windschutzmaßnahmen mit entsprechenden Baumbepflanzungen quer zur winterlichen Hauptwindrichtung;
  - Freihaltung der Südseite des Gebäudes von hohen verschattenden Bepflanzungen;
  - Ausrichtung der Hauptfassade und Hauptwohnräume nach Süden hin, um die solaren Einstrahlungsgewinne zu vergrößern;
  - kompakte Gebäudeform;
  - Räume mit höherer Raumtemperatur und häufiger Tagesnutzung zusammenfassen und möglichst nach Süden orientieren;
  - kühlere und weniger benutzte Räume wie z.B. Treppenhaus, Schlafräum, WC als Puffer nach Norden legen;
  - zur Erreichung weniger beheizter Flächen sind die Verkehrs- und Nebennutzflächen wie Flur, Treppenhaus usw. möglichst klein zu halten;

- Minimierung der Fensterflächen an der Nordseite, möglichst nur notwendige Fenstergrößen an der Westseite planen und entsprechende Vergrößerung des Fensteranteils im Süden, um höhere Solargewinne durch die direkt einstrahlende Sonne zu erhalten.

**Frage: Was ist bei der Planung eines Gebäudes mit der vorgestellten Anlage zu beachten?**

**Antwort:**

Wichtig ist eine bedarfsgerechte Auslegung und Regelung der Heizung. Die geplante Anlage sollte die folgenden Bedingungen erfüllen:

- **Erstellung eines** Niedrig-Energie-Hauses.
- **Solaranlage** mit Südausrichtung - Größe etwa 10% der Wohnfläche.
- **Niedertemperatur-Heizung** - Heizkörper als Niedertemperatur-Heizkörper (ideal ist eine Kombination von Fußboden- und/oder Wandheizung mit Kapillarverrohrung).
- **„Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“** im oder außerhalb des Hauses (Größe etwa 15-20% in m<sup>3</sup> der Wohnfläche in m<sup>2</sup>).
- **Pufferspeicher** für Niedertemperatur-Heizung möglichst groß (Tagesbedarf).
- möglichst separater **Brauchwasserspeicher** wegen höherer Temperatur gegenüber dem Heizwasser.

**Frage: Wie groß muß der „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ für ein 150m<sup>2</sup> Niedrig-Energie-Haus (NEH) sein?**

**Antwort:**

- Ein Niedrig-Energie-Haus benötigt 30-70kWh/m<sup>2</sup> Heizwärme. Bei 50kWh/m<sup>2</sup> x 150m<sup>2</sup> = 7.500kWh pro Jahr. In den vier Wintermonaten davon etwa 80%, plus 4/12 von 3.600kWh zur Brauchwassererwärmung, abzüglich 1.200kWh durch 12m<sup>2</sup> Solarkollektoren. Somit werden ca. 6.000kWh benötigt
- Die Wärmepumpe mit Leistungszahl 3,5 benötigt 6.000 : 3,5 = 1.714kWh Strom und folglich 4.286kWh „Umgebungswärme“.

– Wasserkühlung von +40°C auf 0°C (1,16kWh/m <sup>3</sup> K)	=	46,4kWh/m <sup>3</sup>
--	---	------------------------

– Vereisung von 0°C Wasser zu 0°C Eis	=	93,0kWh/m <sup>3</sup>
---------------------------------------	---	------------------------

– <b>Summe</b>	<b>=</b>	<b>139,4kWh/m<sup>3</sup></b>
----------------	----------	-------------------------------

- Die erforderliche Wassermenge im „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ beträgt 4.286kWh : 139,4kWh/m<sup>3</sup> = 30,7m<sup>3</sup>. Bei einem 2 Meter tiefen Speicher lassen sich wegen des größeren Volumens von Eis gegenüber Wasser maximal 1,75 Meter Höhe nutzen. Somit wird eine Grundfläche von 17,5m<sup>2</sup> benötigt. An die Form des Speicherbehälters werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Das Volumen für den „Wasser-Eis-Speicher<sup>DR</sup>“ beträgt etwa 22% des Kellervolumens (Hausgrundfläche: 9 x 10m).
- Der „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ kann kleiner ausgelegt werden, wenn ein Luftkühler und/oder Kamin/Ofen mit Holzfeuerung verwendet werden (siehe 8.3.2. - Verschiedene Systemkonfigurationen für 120m<sup>2</sup> Wohnfläche und 70kWh/m<sup>2</sup> Heizwärmebedarf pro Jahr).

**Frage: Wie hoch sind die Betriebskosten bei 150m<sup>2</sup> Wohnfläche und 50kWh/m<sup>2</sup> Heizwärmebedarf im Jahr?**

**Antwort:**

- Der Gesamtenergiebedarf beträgt 11.100kWh pro Jahr (150m<sup>2</sup> x 50kWh/m<sup>2</sup> + 3.600kWh für die Brauchwassererwärmung).
  - Bei Einsatz des „Wasser-Eis-Speichers<sup>DP</sup>“ betragen die Betriebskosten etwa 380.-DM im Jahr (11.100kWh abzüglich 20% durch direkte Energie der Solaranlage, sowie einer Leistungszahl  $\epsilon = 3,5$  und 0,15DM/kWh für den Wärmepumpenstrom).
  - Die Betriebskosten für eine Ölheizung betragen etwa 694.-DM im Jahr, (incl. Brauchwassererzeugung mit einem Wirkungsgrad von 80%, sowie 10kWh/Liter und 0,50DM/Liter für Heizöl). Hinzu kommen noch die jährlichen Schornsteinfegergebühren.
  - Das bedeutet eine deutliche Senkung der jährlichen Betriebskosten beim Einsatz des „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-Systems!
- 

**Frage: Wann rechnet sich die vorgestellte Anlage unabhängig von ökologischen Gesichtspunkten?**

**Antwort:**

- Die Investitionen liegen zur Zeit etwa 60% über dem Preis einer normalen Heizanlage. Abzüglich der gewährten Fördergelder (regional unterschiedlich) für Niedrig-Energie-Haus-Standard, Wärmepumpe und Solaranlage - betragen die Mehrkosten maximal 28. 000.-DM.
  - Die Betriebskosten sind zur Zeit prinzipiell etwa 50% niedriger. Sie schwanken etwas durch unterschiedliche regionale Energiepreise (Strom: 0,08 bis 0,15DM/kWh oder Heizöl: 0,40 bis 0,60DM/Liter).
  - Im Vergleich zur Ölheizung werden nach Abzug der Fördermittel für ein 150m<sup>2</sup> Einfamilienwohnhaus 14.800.-DM als Mehraufwand erforderlich. Dieser Mehraufwand entspricht aber lediglich den Mehrkosten für die zusätzliche Dämmung von ca. 15.000.-DM (siehe dazu 8.1.4.c. Kostenvergleich zwischen „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System und Öl-Heizung). Aber diese Differenz erhöht den Wert des Objekts und ist eine Absicherung gegen künftig höhere Energiepreise.
- 

**Frage: Was würde ein Hausbauer im Falle eines erneuten Neubaus besser machen?**

**Antwort:**

Die Wärmedämmung!!

---

**Frage: Wie kann man eine Schlechtwetterperiode vorteilhaft überbrücken?**

**Antwort:**

Durch Einbau größerer Pufferspeicher werden Schlechtwetterperioden besser überbrückt. Damit die Anlage auch kleinere Zeitabschnitte ohne Wärmezufuhr überbrücken kann, sind Pufferspeicher notwendig. Für Brauchwasser sollten mindestens 500 Liter zur Verfügung stehen. Wer es finanziell ermöglichen kann und genügend Platz hat, sollte besser 1.000 Liter vorsehen. Für das Heizwasser wird ein größerer Pufferspeicher von 2.000 bis 3.000 Liter empfohlen. Die Wärmepumpe muß dann nicht so häufig aktiviert werden, wodurch hauptsächlich in der Übergangszeit der Stromverbrauch reduziert wird. Natürlich ist die Größe der Pufferspeicher auch von der klimatischen Lage des Objektes abhängig. Zu überlegen ist auch die Verwendung eines Speichers ohne Überdruck, der wesentlich preisgünstiger zu installieren ist, aber dafür einen zusätzlichen Wärmetauscher erfordert.

**Frage: Welche Vorteile bieten drucklose Pufferspeicher?**

**Antwort:**

Druckgefäße unterliegen strengen Sicherheitsvorschriften (d. h. sie müssen vom TÜV abgenommen werden). Drucklose Pufferspeicher sind nicht dem Leitungsdruck ausgesetzt, weder dem Druck des Heizwassers (ggf. mehrere Etagen) noch dem Druck der Frischwasserleitung. Es sind einfache Wasserbehälter aus Kunststoff. Genutzt wird die hohe Wärmespeicherkapazität des Behälterwassers. Deshalb können diese Behälter nachträglich ohne spezielle Fachkenntnisse eingebaut und angeschlossen werden. Die Wärmeisolierung der Behälter kann mit entsprechenden handelsüblichen Dämmmaterial direkt am Aufstellungsort vorgenommen werden. Die in diesem Systemaufbau verwendeten externen Platten-Wärmetauscher sind preiswert und später leichter zugänglich, als die beispielsweise in den Druckbehältern eingebaute Rippenrohr-Wärmetauscher. Alle verwendeten Bauteile sind leicht zugänglich.

---

**Frage: Welche Arbeiten können mit handwerklichem Geschick selbst ausgeführt werden?**

**Antwort:**

Wenn Sie selbst Arbeiten ausführen können und möchten, dann ist dieses bei der Montage der Solarkollektoren und der Errichtung des Wasserspeichers möglich. Ebenso können Sie die Verlegung einer Fußbodenheizung und eine Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes ausführen, oder diese Arbeiten in eigener Regie selbst vergeben. Bei der Verwendung unserer Pufferspeicher mit Schichtbeladung können Sie den Einbau und die Isolierung der Speicherbehälter selbst vornehmen. In allen diesen Fällen leisten wir Ihnen selbstverständlich Planungshilfe.

---

**8.1. Wärmebedarf eines Niedrig-Energie-Hauses (NEH)**

- mit näherungsweise quadratischem Grundriß, Keller, 1m hohem Kniestock und ausgebautem Dachgeschoß

Die exakte Berechnung des Wärmebedarfs ist recht aufwendig. Deshalb wird hier nur ein überschlägiger Wert berechnet, er soll lediglich als Orientierungshilfe dienen. Wegen der Sperrstunden beträgt die erforderliche Wärmepumpen-Leistung mindestens Wert 1,333 (24/18 bei 6 Sperrstunden). Bei einer Heizungsunterstützung durch einen holzbeheizten (Biomasse) Kamin/Ofen, kann die Wärmepumpen-Leistung 30% kleiner gewählt werden. Die Kamin-/Ofenheizung muß unter  $-5^{\circ}\text{C}$  einsetzen, sonst erreicht die Raumtemperatur bei  $-15^{\circ}\text{C}$  nur  $+10^{\circ}\text{C}$ .

**8.1.1. Kenngrößen:**

k-Wert: im Durchschnitt ca.  $0,45\text{W}/\text{m}^2$  für ein Niedrig-Energie-Haus an der oberen Verbrauchsgrenze. Temperatur-Differenz von außen zu innen (etwa  $-15^{\circ}\text{G}$  zu  $+18^{\circ}\text{C}$ ) = 33K.

k-Wert x Temp.-Diff. =  $14,85\text{W}/\text{m}^2$ ; gerundet =  $15\text{W}/\text{m}^2$ , multipliziert mit der Gebäude-Hüllfläche und durch 1.000 geteilt, ergibt den thermischen Leistungsbedarf in kW. Für die thermische WP-Leistung ist der Wert 1,333 zu berücksichtigen (6 Sperrstunden) und für den elektrischen Anschlußwert die Leistungszahl 3,5 der Wärmepumpe. Achtung: Soll die Wärmepumpe nur mit Nachtstrom betrieben werden, ist der Wert

3,0 (24/8 bei 22 bis 6 Uhr), statt 1,333 anzusetzen.

Der jährliche Wärmebedarf errechnet sich aus Leistung x Vollbetriebsstunden (1.600h). Zur Kontrolle: Ein NEH mit  $70\text{kWh}/\text{m}^2$  pro Jahr benötigt für  $120\text{m}^2$  Wohnfläche  $8.400\text{kWh}$  (s.u.). Für das warme Brauchwasser sind einheitlich  $3.600\text{kWh}$  p.a. berücksichtigt.

				6 Sperrstunden		mit Kamin-/Ofenheizung		Jahresbedarf	
Wohnfläche	Hüll-Wert	Hüllfläche	Leistung (kW)	WP therm.	WP elektr.	WP term.	WP elektr.	Wärme NEH	incl. Warmwasser
120 m <sup>2</sup>	3,0	360	5,4	7,2	2,1	5,0	1,4	8.640	12.240
150 m <sup>2</sup>	2,9	435	6,5	8,7	2,5	6,1	1,7	10.400	14.000
180m <sup>2</sup>	2,8	504	7,6	10,1	2,9	7,1	2,0	12.160	15.760
210 m <sup>2</sup>	2,7	567	8,5	11,3	3,2	7,9	2,3	13.600	17.200
240 m <sup>2</sup>	2,6	624	9,4	12,5	3,6	8,8	2,5	15.040	18.640
270 m <sup>2</sup>	2,5	675	10,1	13,5	3,8	9,5	2,7	16.160	19.760
300 m <sup>2</sup>	2,4	720	10,8	14,4	4,1	10,1	2,9	17.280	20.880

- Bereich der Wärmepumpen-Leistung ist anzupassen an die jeweiligen Randbedingungen (alle Werte gerundet)!

**8.1.2. Betriebskosten für 120m<sup>2</sup> Wohnfläche**

Die Stromkosten errechnen sich aus dem Jahresenergiebedarf (z.B.  $12.240\text{kWh}$ ) - 20% solarem Direktgewinn : Leistungszahl 3,5 x WP-Strompreis (z.B.  $0,15\text{DM}$ ) =  $420.-\text{DM}$ . Der Ölpreis errechnet sich aus  $12.240\text{kWh}$  : 0,8 (Wirkungsgrad mit Warmwasser) :  $10\text{kWh}/\text{Ltr}$  x  $0,50\text{DM}/\text{Ltr}$ . =  $765.-\text{DM}$ .

\* Aus diesem Vergleich wird sichtbar, daß die Betriebskosten im Fall des „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-Systems etwa 50% unter denen einer Ölheizung liegen.

### 8.1.3. Vergleich der Erstellungskosten des „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-Systems mit den einer Ölheizung

Die Daten für unterschiedliche Hausgrößen sind unten in der Tabelle dargestellt. Für ein 120m<sup>2</sup> NEH werden etwa 10m<sup>2</sup> Solarkollektorfläche (Kosten etwa 700.-DM/m<sup>2</sup>), eine Wärmepumpe mit 7kW-thermischer Leistung (2kW-elektrische Leistung Kosten etwa 18.000.-DM), für den „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ etwa 9.000.-DM und für das Wärmetauschersystem im Kamin-Ofen etwa 5.000.-DM benötigt. Etwa 12.000.-DM sind erforderlich, um ein Einfamilienhaus nach der heutigen WSchVo zu einem NEH mit einem Heizwärmeverbrauch von 50kWh/m<sup>2</sup> zu verbessern. Zusammen etwa 51.000.-DM. Für eine Ölheizung mit Brennwertkessel (Kosten etwa 8.000.-DM), dem erforderlichen Öltank (Kosten etwa 4.000.-DM) und der Edelstahlauskleidung des Schonsteinzuges (Kosten etwa 10.000.-DM) sind etwa Kosten von 22.000.-DM erforderlich. Der Mehraufwand von 29.000.-DM beim „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System wird durch die möglichen Fördergelder zum Teil kompensiert.

### 8.1.4. Tabellarische Zusammenstellung der möglichen Förderhilfen

- für unterschiedliche Hausgrößen mit dem „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System (Beispiel gilt für Sachsen - siehe Kapitel 6: Förderungen)

#### a.) Fördermittel unabhängig von der Wohnfläche:

Kamin/Ofen 15kW (mindestens / dafür kleinere WP möglich)	= 3.750,-DM
Niedrig-Energie-Haus (ca. 70kWh/m <sup>2</sup> im Jahr) 8 Jahre	400,-DM = 3.200,-DM
Sachsen (WP 24 TDM + WE 12 TDM + WT 5 TDM = 41 TDM) max.	= 8.000,-DM
<b>Zwischensumme (für alle Anlagegrößen fester Betrag; am Beispiel Sachsen)</b>	<b>= 14.950,-DM</b>

#### b.) Gesamt-Förderung nach Anlagengröße mit dem obigen Festbetrag

Wohnfläche m <sup>2</sup>	Solar-Kollektor	Wärmepumpen-Leistung	Zwischen-Summe	Fördersumme
120	10m <sup>2</sup> = 2.500.-	7 kW-therm.= 2.100.-	4.600.-	19.550.-DM
150	12m <sup>2</sup> = 3.000.-	9 kW-therm.= 2.700.-	5.700.-	20.650.-DM
180	15m <sup>2</sup> = 3.750.-	10 kW-therm.= 3.000.-	6.750.-	21.700.-DM
210	18m <sup>2</sup> = 4.500.-	12 kW-therm.= 3.600.-	8.100.-	23.050.-DM
240	20m <sup>2</sup> = 5.000.-	13 kW-therm.= 3.900.-	8.900.-	23.850.-DM
270	22m <sup>2</sup> = 5.250.-	14 kW-therm.= 4.200.-	9.450.-	24.400.-DM
300	24m <sup>2</sup> = 5.500.-	15 kW-therm.= 4.500.-	10.000.-	24.950.-DM

#### c.) Kostenvergleich zwischen „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-System und Öl-Heizung (in TDM)

Wohnfläche m <sup>2</sup>	Erstellungskosten „Wasser-Eis-Speicher <sup>DP</sup> “-Systems						Öl-Heizung				Mehrkosten WE abzüglich Öl	Aufwendung nach Förderung
	SO	WP	WE	WT	Dä	ZwSu.	BWK	ÖT	ES	ZwSu.		
120	7,0	18	9	5	12	51,0	8	4	10	22	29.000.-DM	9.500.-DM
150	8,4	20	10	5	15	58,4	9	4	10	23	35.400.-DM	14.800.-DM
180	10,5	22	11	5	18	66,5	10	5	10	25	41.500.-DM	19.800.-DM
210	12,6	24	12	5	21	74,6	11	5	10	26	48.600.-DM	25.600.-DM
240	14,0	26	13	5	24	82,0	12	6	10	28	54.000.-DM	30.200.-DM
270	15,4	28	14	5	27	89,4	13	6	10	29	60.400.-DM	36.000.-DM
300	16,8	30	15	5	30	96,8	14	7	10	31	65.800.-DM	40.900.-DM

SO = Solarkollektor, WP = Wärmepumpe, WE = „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“, WT = Wärmetauscher im Kamin/Ofen, Dä = Kosten für bessere Dämmung, BWK = Brennwertkessel für Öl, ÖT = Öl-Vorratslager, ES = Edelstahl-Schornstein.



Der Tabelle belegt, daß die Aufwendungen nach Abzug der Fördergelder sich kaum von den zusätzlichen Dämmkosten unterscheiden. Der Gewinn sind die Einsparungen bei den Betriebskosten des „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“-Systems!

## 8.2. Speichermedien / Speichergrößen für Wohnwärme

### 8.2.1 Einige Stoffeigenschaften

- a.) spezifische Wärmekapazität in kJ/kg pro Grad  
 b.) volumetrische Wärmekapazität in kJ/m<sup>3</sup> pro Grad  
 c.) Schmelzwärme kJ/kg, bei entsprechender Temperatur

	a	b	c
Wasser	4,19	4.175	335 / 0°C
Eis	2,1	1.935	
Erdreich (bindig)	0,84	1.680	
Erdreich (locker)	0,84	1.092	
Granit	0,75	2.062	
Beton, Fels, → ca.	0,8	1.200 - 2.100	
Kies, Sand, → ca.	0,8	1.200 - 2.100	
Ziegelstein → ca.	0,8	1.200 - 2.100	
Eisen	0,47	3.655	
Paraffin	2,42		142 / 34°C
Stearinsäure	2,3		221 / 70°C
Glaubersalz	3,5 (fest 1,9)		241 / 32°C

Umrechnung: 1kWh = 3.600kJ (wegen: 1J = 1Ws und 1h = 3.600s)

Von allen festen oder flüssigen Stoffen besitzt Wasser die größte Wärmekapazität, Eisen kann bei der volumetrischen Wärmekapazität fast noch mithalten. Auch die Schmelzwärme des Wassers besitzt den höchsten Wert. Im Vergleich zu Wasser sind Paraffin, Stearinsäure und Glaubersalz teure und teilweise aggressive Produkte.

Folglich ist Wasser das günstigste Speichermedium, es ist überall vorhanden, ist preisgünstig und es muß nicht bearbeitet werden, es wird nicht verbraucht sondern nur benutzt. Mit einer Wärmepumpe ist seine Speicherenergie relativ einfach auf ein höheres Niveau zu heben.

### 8.2.2 Berechnungsbeispiel

Damit man einen Überblick über erforderliche Speichergrößen gewinnt, folgen einige Berechnungen. Die Energie pro m<sup>3</sup> Speichermedium beträgt bei einer nutzbaren Temperaturdifferenz von 20°C, (z.B. 60°C → 40°C):

1. Wasser  $4.175 \times 20^\circ\text{C} = 83.500\text{kJ/m}^3 = 23,20\text{kWh/m}^3$
2. Granit  $2.062 \times 20^\circ\text{C} = 41.240\text{kJ/m}^3 = 11,45\text{kWh/m}^3$
3. Erdreich  $1.680 \times 20^\circ\text{C} = 33.600\text{kJ/m}^3 = 9,33\text{kWh/m}^3$

#### Erforderliche Speichergrößen bei Nutzung von 20°C Temperaturdifferenz:

Allgemein benötigt eine Wärmepumpe ca. 1/3 der Energie in Form von Strom. Bei einem Bedarf von 9.000kWh sind das 3.000kWh für elektrischen Strom und 6.000kWh aus Wärme der Umgebung. Müssen letztere einem Speicher entzogen werden, so beträgt das Volumen des Speichers in m<sup>3</sup>:

1. Wasser = 259m<sup>3</sup>
2. Granit = 524m<sup>3</sup>
3. Erdreich = 643m<sup>3</sup>.

Diese Speichergrößen lassen sich aus ökonomischen Gründen nicht verwirklichen.

#### Speichergröße bei Nutzung von 60°C Temperaturdifferenz und Latentwärme:

Erst eine Nutzung von etwa 60°C Temperaturdifferenz und die zusätzliche Nutzung der Latentwärme verringert das benötigte Volumen auf 37m<sup>3</sup> bei Verwendung von Wasser.

**Berechnung:** 60°C Temperaturdifferenz (3 x 20°C) und die Latentwärme (entsprechend 80°C Temperaturdifferenz, 4 x 20°C) = 7 x 23,2 = 162,4kWh/m<sup>3</sup>. Es erfordern also 6.000kWh : 162,4kWh/m<sup>3</sup> = 36,9m<sup>3</sup> als Wasserspeicher.

### **Speichergröße bei zusätzlicher Wärmeentnahme aus der Umgebung:**

Nutzt aber die Wärmepumpe die Umgebungswärme (Dach- bzw. Luftabsorber) zum Energieentzug, solange die Temperatur der Umgebung dieses ohne Absorbervereisung zulässt, dann kann der Speicher noch kleiner ausgelegt werden. Unter der bei uns zulässigen Annahme, daß höchstens innerhalb einer Periode von 6 Wochen keine Umweltwärme zur Verfügung steht und deshalb während dieser Zeit die notwendige Energie aus dem Speicher entnommen werden muß, **reduziert sich das benötigte Wasservolumen auf nur noch 14m<sup>3</sup>.**

**Berechnung:** Die benötigte Wärme aus der Umgebung beträgt von November bis Februar = 6.000kWh (16 Wochen, 375kWh pro Woche). In 6 Wochen 2.250kWh: 162,4kWh/m<sup>3</sup> (siehe oben)  
= 13,85m<sup>3</sup>.

Dieses Volumen läßt sich verwirklichen, wobei die nutzbare Solarstrahlung in dieser Zeit nicht berücksichtigt wurde, sie dient als Sicherheitsreserve.

### **8.2.3. Vergleich mit anderen Wärmepumpen-Verfahren:**

#### **a.) Das Erdkolektor-Verfahren:**

- ◆ Auch bei der Wärmenutzung des Erdreichs wird die meiste Energie durch Vereisung des darin enthaltenen Wassers gewonnen. Das Wasser im Erdreich erstarrt am Rohrmantel beginnend, gleichgültig ob das Rohr von einer Sole oder von Luft durchströmt wird. Später wird das Eis vom angrenzenden Erdreich wieder aufgetaut. Der Erdreichkolektor muß wegen Vereisungsgefahr ausreichend weit von Grundmauern verlegt werden. Nachteilig wirken sich der Pumpaufwand für die erforderliche große Solemenge, der niedrigere Leistungsfaktor der Wärmepumpe durch den zusätzlich erforderlichen Wärmetauscher zwischen Kältemittel und Sole sowie die spätere Unzugänglichkeit der verlegten Rohrleitung aus.

#### **b.) Tiefenbohrungen**

- ◆ Für den Wärmeentzug aus tieferen Erdschichten sind recht aufwendige und kostspielige Bohrungen erforderlich. Der Bohrerfolg hängt sehr stark vom Untergrund ab und wird deshalb auch nicht garantiert. Auch kommt es vor, daß nach einem gewissen Wärmeentzug die Bohrung versiegt (kalter Pfropfen). Den Wärmetransport übernimmt eine spezielle Flüssigkeit, um die eigentliche Kältemittelmenge gering zu halten und eventuelle Schäden durch einen Kältemittelverlust zu minimieren. Das wirkt sich ebenfalls nachteilig auf den Leistungsfaktor der Wärmepumpe aus.

#### **c.) Grundwasser-Nutzung:**

- ◆ Aus wasserschutzrechtlichen Bestimmungen nur eingeschränkt möglich. Die Methode läßt sich nur dort anwenden, wo eine nachbarliche Beeinträchtigung ausgeschlossen werden kann. Eine Grundwasserbelastung durch eventuell austretendes Kältemittel muß unbedingt verhindert werden, was zusätzlich aufwendige technische Überwachungssysteme erforderlich macht.

**Die genannten Verfahren sind genehmigungspflichtig.**

## 8.3. Theoretische Betrachtung der Energiebilanz

### 8.3.1. Vorgaben der Verbrauchsdaten für das Beispielhaus

* Niedrig-Energie- Haus NEH (offizieller Standard: Wärmeabgabe 30 bis 70kWh/m <sup>2</sup> pro Jahr)	
* Niedertemperatur-Fußboden - , Wandheizungssystem	
* 120m <sup>2</sup> Wohnfläche und 4 Personen Haushalt	
– Heizwasser (max. Wert NEH) 70kWh x 120m <sup>2</sup>	= 8.400kWh p.a
– Warmwasser 900kWh x 4 Personen	= 3.600kWh p.a
– gesamter Jahreswärmebedarf	= 12.000kWh p.a

### 8.3.2. Erläuterung der Berechnung

- Für den Warmwasserbedarf wurden pro Person täglich 50 Liter angenommen, die von 10°C auf 38°C zu erwärmen sind. Ein Verlust von 50% ist berücksichtigt.
- Vom Jahreswärmebedarf (12.000kWh) werden im Normalfall 20% durch die Solaranlage direkt gedeckt und die restlichen 80% (9.600kWh) bringt die Wärmepumpe auf. Bei einem Leistungsfaktor von 3,5 benötigt sie 2.743kWh für Strom und 6.857kWh liefert die Umwelt „gratis“!
- Werden von der Heizwärme (8.400kWh) innerhalb von vier Monaten im Winter 80% benötigt, so sind das 6.720kWh. Zuzüglich 4/12 Warmwassererzeugung (1.200kWh von 3.600kWh) ergeben zusammen 7.920kWh. Bei einem Leistungszahl von  $\epsilon = 3,5$  sind das in den vier Wintermonaten 5.657kWh Wärme aus der Umgebung (der Stromanteil beträgt 2.263kWh).
- Ausgehend von +40°C im Wasserspeicher am Ende des Sommers, sind in 1m<sup>3</sup> entsprechend 139,4kWh gespeichert (0...40°C entspr. 46,4kWh/m<sup>3</sup> und Vereisung 93kWh/m<sup>3</sup>)
- Bei einer angenommenen Hausgröße von 120m<sup>2</sup>, verteilt auf Erd- und Obergeschoß, nimmt das Haus eine Grundfläche von etwa 8m x 9m ein. Der Keller besitzt bei einer Höhe von 2m ein Volumen von 144m<sup>3</sup> (Netto = 130m<sup>3</sup>).
- Verschiedene Systemkonfigurationen zur Deckung von 5.657kWh Wärme aus der Umgebung:

#### a.) System ohne Luftkühler und ohne Kamin/Ofen, nur mit dem „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“

Der Gewinn von 16m<sup>2</sup> Solarkollektoren beträgt etwa 1.600kWh in den vier Wintermonaten. Verbleiben 4.057kWh entsprechend einem Speichervolumen von 29,1m<sup>3</sup> (knapp 25% des Kellervolumens).

#### b.) System mit Luftkühler ohne Kamin/Ofen

10m<sup>2</sup> Solarkollektoren sind ausreichend und liefern 1.000kWh im Winter. Der Luftkühler kann je nach Klimalage beispielweise 1/3 der erforderlichen Umgebungswärme aufnehmen (1.886kWh). Aus dem „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ sind 2.771kWh zu entnehmen, was einem Speichervolumen von 19,9m<sup>3</sup> entspricht.

#### c.) System ohne Luftkühler mit Kamin/Ofen

Auch hier reichen 10m<sup>2</sup> Solarkollektoren. Werden durch den Kamin/Ofen 1.000kWh erzeugt, so verbleiben für den „Wasser-Eis-Speicher<sup>DP</sup>“ 3.657kWh, diese erfordern ein Speichervolumen von 26,2m<sup>3</sup>.

### d.) System mit Luftkühler und Kamin/Ofen

Auch hier reichen 10m<sup>2</sup> Solarkollektoren. Werden 1/3 der Umgebungswärme durch den Luftkühler gewonnen und 1.000kWh durch den Kamin/Ofen, so verbleiben für den „Wasser-Eis-Speicher“<sup>DP</sup> 1.771kWh, diese erfordern ein Speichervolumen von 12,7m<sup>3</sup>.

---

⇒ Für die nachfolgenden Berechnungen wurde von einem Speichervolumen von 16m<sup>3</sup> ausgegangen und eine Fläche von 10m<sup>2</sup> für die Solarkollektoren zu Grunde gelegt.

---

#### 8.3.3. Solarenergiedaten

**Globalstrahlung:** Tageswerte pro m<sup>2</sup> horizontaler Kollektorfläche, gemittelt aus 16 Stationen.

(Quelle: „Solaranlagen im Selbstbau“ H. Ladener, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg 1989 8.Auflage /ISBN 3-922964-54-0)

**Wert:** Korrektur für 50° nördlicher Breite, Kollektorwinkel = 45° Südausrichtung.

(Quelle: „Solaranlagen im Selbstbau“ H. Ladener, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg 1989 8.Auflage /ISBN 3-922964-54-0)

**Wirkungsgrad:** Dezember - Mai 70%, da der „Wasser-Eis-Speicher“<sup>DP</sup> Eis enthält, danach ist der Wirkungsgrad wegen der Erwärmung des Wassers kleiner.

**Energie:** Energiegewinn einer 10m<sup>2</sup> Solarkollektorfläche

(Global x 30 Tage x Wert x Wirkungsgrad x 10m<sup>2</sup>).

Monat	Verbrauch	Global-	Korrektur-	Wirkungs-	Energie
	mtl.	Strahlung	wert	grad	10m <sup>2</sup>
	kWh	kWh/m <sup>2</sup> xd	(45°-Neigung)	%	kWh/mtl
Januar	2.100	0,740	1,37	70	213
Februar	2.100	1,379	1,43	70	414
März	700	2,403	1,27	70	641
April	700	3,678	1,07	70	826
Mai	300	4,860	0,95	70	970
Juni	300	5,176	0,90	60	839
Juli	300	4,896	0,92	50	676
August	300	4,281	1,02	40	524
September	300	3,086	1,21	40	448
Oktober	700	1,784	1,41	40	302
November	2.100	0,869	1,40	60	219
Dezember	2.100	0,580	1,52	70	185
<b>Summe</b>	<b>12.000</b>				<b>6.257</b>

#### 8.3.4. Kurzbilanz:

Verbrauch	- 12.000	Solar - Energie	= + 6.257
Solar direkt	+ 2.400	20% von 12.000kWh	= - 2.400
1/3 Strom WP	+ 3.200	Speicherverlust	= - 650
2/3 Luft/Eis (je 50%)	+ 6.400	Eis auftauen	= - 3.200

### 8.3.5. Jahresbilanz auf Monatsbasis:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Monat	Verbrauch [kWh]	WP Strom [kWh]	Umgebungs- wärme [kWh]	Speicher- energie	Solarenergie direkt	Energie 10m <sup>2</sup> [kWh]	Speicher- bilanz	Vormonat	Zwischen- summe	Verlust/ Gewinn Speicher	Endsumme [kWh]	Wasser [°C]	Eis [m <sup>3</sup> ]
<i>Februar: Ausgangssituation = Speicher völlig vereist</i>											-1488	16,0	
<b>März</b>	700	133	267		300	641	341	-1488	-1147		-1147		12,3
<b>April</b>	700	134	266		300	826	526	-1147	-621		-621		6,7
<b>Mai</b>	300				300	970	670	-621	49		49	2,6	
<b>Juni</b>	300				300	839	539	49	588	-100	488	26,3	
<b>Juli</b>	300				300	676	376	488	864	-200	664	35,8	
<b>August</b>	300				300	524	224	664	888	-200	688	37,1	
<b>September</b>	300				300	448	148	688	836	-200	636	34,3	
<b>Oktober</b>	700	133	267		300	302	2	636	638	-200	438	23,6	
<b>November</b>	2.100	700	700	700		219	-481	438	-43	200	157	8,5	
<b>Dezember</b>	2.100	700	700	700		185	-515	157	-358	50	-308		3,3
<b>Januar</b>	2.100	700	300	1100		213	-887	-308	-1195				12,8
<b>Februar</b>	2.100	700	700	700		414	-286	-1195	-1481				15,9
<b>Summe</b>	<b>12.000</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	<b>2400</b>	<b>6257</b>	<b>657</b>			<b>-650</b>			

Monatlicher Energieverbrauch: 2 = 3 + 4 + 5 + 6

- März, April und Oktober neben solarer Direktwärme noch Umgebungswärme mit der Wärmepumpe.

- Mai bis September nur solare Wärmeenergie.

- Nov., Dez. und Feb. je zur Hälfte Umgebungswärme und Speicherwärme mit der Wärmepumpe.

- Jan. wegen angenommener größerer Kälte 1 Woche Umgebungswärme und 3 Wochen Speicherwärme.

Energiebilanz für den Speicher: 8 = 7 - 6 - 5

Zyklen (z.B.): Nov. Dez. Jan. Feb.

----- 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4

kalt: x x x x x x x x

warm: x x x x x x x

11 = Verlust bei Speichererwärmung durch Wärmeableitung zur Speicherumgebung:

Juni etwa 5°C (Umgebung z.B. Erdreich ca. 12°C)

Juli, Aug., Sep. und Okt. entsprechend ca. 10°C

Rückführung der Wärme nach der Eisbildung:

Nov. entsprechend ca. 10°C, Dez. nur noch wenig.

12 = Bei "+" = Wasser (Summe in kWh: 16m<sup>3</sup>: 1,16kWh/m<sup>3</sup> K = °C)

Bei "-" = Eis ( : 93kWh/m<sup>3</sup> = m<sup>3</sup> )

## **8.4. Auswertung von Wetterdaten**

### **8.4.1. Wetterdaten München - Erding**

Die Wetterdaten entstammen dem „Europäischen Wetterbericht“ für München - Erding vom Winter 1993/94. Die Werte der Temperatur und des Taupunktes sind darin im drei Stunden - Rhythmus erfaßt. Diese wurden gemäß der Aufstellung unter Spalte 2 bis 6 aufbereitet und der Speicherzustand (Wassertemperatur bzw. Eisvolumen) für eine 4kW-Wärmepumpe berechnet. Im betrachteten Zeitraum von vier Monaten (2.880 Stunden) lag die Außentemperatur während 675 Stunden (= 23%) über + 5°C.

Der verglichene Winter kann als mild bezeichnet werden, ansonsten ist der Raum nordöstlich von München als relativ kalt bekannt (Weihenstephan).

In den beiden folgenden Wintern wurden eigene Aufzeichnungen in Bad Reichenhall zu Grunde gelegt.

### **8.4.2. Kurzbilanz für eine 4kW-Wärmepumpe:**

Die Wärmepumpe mit einem elektrischen Anschlußwert von 4kW entzieht bei einer Außentemperatur über + 5°C der Umgebung Wärme, wenn die +5°C nicht erreicht werden, nimmt sie die erforderliche Wärme aus dem Speicher.

Die Wärmepumpe kann **1993/94** während 357 von 675 Stunden verfügbare Umgebungswärme nutzen (= 53% der über + 5°C warmen Zeit). Davon entfallen 131 Stunden auf die Speichererwärmung „E“.

Während 449 Stunden kühlt die Wärmepumpe den 16m<sup>3</sup> - Speicher. Insgesamt war die Wärmepumpe 806 Stunden in Betrieb. Das maximale Eisvolumen betrug 9,0m<sup>3</sup>.

Im November 1993 konnte die Wärmepumpe innerhalb von 21 Stunden 252kWh Wärme in den Speicher transportieren (21h x 4kW = 84kWh Wärmepumpe + 168 kWh Umgebung) und im Dezember 1993 während 110 Stunden 1320kWh (110h x 4kW = 440kWh Wärmepumpe + 880kWh Umgebung). Ende Dezember 1993 war der Speicher mittels Erwärmung durch den Luftkühler auf + 40°C erwärmt worden.

Die Verhältnisse **1994/95** sind an Hand eigener Aufzeichnungen in Bad Reichenhall ähnlich denen von 1993/94. Im Gegensatz zu Februar 1994 ist dieses Mal der Januar 1995 der kältere Monat. Das maximale Eisvolumen betrug nur 6,2m<sup>3</sup>. Nimmt man als Fallbeispiel den kalten Januar 1995 und läßt hiernach die Werte des kalten Februar 1994 folgen, werden maximal 10,1m<sup>3</sup> Wasser zu Eis eingefroren.

Im Zeitraum **1995/96** trat eine extrem lange Kälteperiode auf. Derartige Wetterkapriolen können mittels Kamin/Ofen besser ausgeglichen werden als mit einer Überdimensionierung vom „Wasser-Eis-Speicher<sup>DRi</sup>“-System, von Wärmepumpe und Luftkühler. Zusätzlich bietet der Kamin/Ofen Schutz gegen Frostschäden bei Stromausfall während einer Kälteperiode. Ohne Kamin-/Ofenwärme müßte der „Wasser-Eis-Speicher<sup>DRi</sup>“ ein Volumen von mindestens 24m<sup>3</sup> haben (maximales Eisvolumen 22,3m<sup>3</sup>).

### 8.4.3. Bilanz des Zeitraumes November 1993 bis Februar 1994 für München (Flughafen Erding), 120m<sup>2</sup> Haus - Beispiel, 4kW-WP

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Zeitraum	Durchschnittstemperaturen Anzahl der Tage					Energie- bedarf	22 bis 6 Uhr	6 bis 22 Uhr	Tagesstunden über +5°C	Wärmeerzeugung					Speicher		Endsum- me [kWh]	Speicher		
	Stunden über +5°C	WP- Stunden	WP-kWh	Umgebung	Speicher		Summe [kWh]	Bilanz		Verl./Gew.	Wasser [°C]	Eis [m <sup>3</sup> ]								
<b>Ende Oktober 1993: Ausgangssituation</b>																		<b>742</b>	<b>40,0</b>	
<b>der Speicher von 16 m<sup>3</sup> Inhalt auf +40°C erwärmt</b>																				
Nov. 1.-10.	10								+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	13 12	52 48		104	504	-104 144	-40	598 742	32,2 40,0		
11.-20.	6	2	2			660	5	32	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	17 38	68 152	136	304	660	-304 108	20	458 566	24,7 30,5		
21.-30.			10			1000			+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	9 84	36 336		304	660	-304 -672	20 40	458 -66	24,7 30,5	0,7	
<i>SK-November</i>																				
<i>(Wirkungsgrad=+40%)</i>																				
Dez. 1.-10.	1	4	3	2		660	22	59	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	22 33	88 132	176	264	660	-264 696	20	-164 532	1,8 28,7		
11.-20.	1	8	1			500	27	61	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	12 27	48 108		96	504	-96 324	-20	416 740	22,4 39,9		
21.-31.	1	5	1	4		750	13	44	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	15 48	60 192	120	384	756	-384 -20		336 300	18,1 34,3		
<i>SK-Dezember</i>																				
<i>(Wirkungsgrad=+40%)</i>																				
Jan. 1.-10.	1	7	2			530	20	48	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	23 22	92 88	184	176	540	-176 -20		546 546	29,4		
11.-20.	1	3	3	3		710	14	35	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	12 48	48 192	96	384	720	-384 20		182 182	9,8		
21.-31.	1	6	4			640	21	49	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	31 24	124 96	248	192	660	-192 20		10 162	0,5 8,7		
<i>SK-Januar</i>																				
<i>(Wirkungsgrad=50%)</i>																				
Feb. 1.-10.		5	5			650		24	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	15 40	60 160	120	320	660	-320 10		-148 -148	1,6 8,4		
11.-20.			2	8		960			+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	80 32	320 128		640	960	-640 10		-778 -778			
21.-28.		6	2			460	8	67	+ <sup>®</sup> E <sup>®</sup>	7 7	28 28	256	56	468	-56 414		-834 -420	9,0 4,5		
<i>SK-Februar</i>																				
<i>(Wirkungsgrad=+70%)</i>																				
<b>Summe</b>	<b>6</b>	<b>60</b>	<b>25</b>	<b>29</b>		<b>8020</b>	<b>163</b>	<b>512</b>	<b>675</b>	<b>806</b>	<b>3224</b>	<b>1808</b>	<b>3592</b>	<b>8100</b>	<b>-1202</b>	<b>40</b>	<b>-1162</b>			

SK-Monat=monatlicher Energiegewinn des Solarkollektors, der Wirkungsgrad wurde der Speichertemperatur angepaßt.  
 Tägliche Durchschnittstemperaturen (Tagesanzahl): 2 = +5°C..+15°C, 3 = 0°C. +10°C, 4 = -5°C. +5°C, 5 = -10°C. 0°C, 6 = -15°C. -5°C.  
 Bedarfs - Berechnung (Tage x temp.- abhängiger Verbrauch): 7 = < 2 > x 20kWh + < 3 > x 50kWh + < 4 > x 80kWh + < 5 > x 100kWh + < 6 > x 120kWh.  
 Stundender Außentemperatur über +5°C: 8 = 22-6 Uhr, 9 = 6-22 Uhr; ganzer Tag 10 = 8+9. Energiebedarfs - Deckung: 1. Zeile der jeweiligen Dekade (11): mögliche Stunden

Umgebungswärme - Nutzung. "+" oder "-" bei 10: Wärme aus dem Speicher (14). "E" bei 10: Speicher mit Umgebungswärmeerwärmt (nur im November und Dezember). Energiebedarf (7) gedeckt durch erzeugte Wärme: 15 = 12 + 13 + 14, mit dem WP-Strom: 12 = 11 (WP - Std.) x 4kW.  
 Wärme aus dem Speicher (14) = -3592kWh abzüglich Wärmezufuhr + 2430kWh = Endsumme (18) = -1162kWh. Wärmezufuhr: 2430kWh = 1572kWh (E = 131Std.-WP aus 524kWh WP + 1048kWh Umgebungswärme) + 818kWh (SK) + 40kWh (Speicher Verl./Gew. (17)).

### 8.4.4. Bilanz des Zeitraumes November 1994 bis Februar 1995 für Bad Reichenhall (eigene Aufzeichnungen), 120m<sup>2</sup> Haus - Beispiel, 4kW-WP

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	19	20	
Zeitraum	Durchschnittstemperaturen Tagesanzahl					Energie bedarf	22 bis 6 Uhr 6 bis 22 Uhr		Tagesstunden über +5°C	Wärmeerzeugung					Speicher		Endsumme [kWh]	Speicher		
	Stunden über +5°C		WP-Stunden	WP-kWh	Umgebung		Speicher	Summe [kWh]		Bilanz	Verl./Gew.	Wasser [°C]	Eis [m <sup>3</sup> ]							
Ende Oktober 1993: Ausgangssituation --> der Speicher von 16 m <sup>3</sup>						Inhalt auf +40°C erwärmt						®		®		742	40,0			
Nov. 1.-10.	8	2				260	50	130	180	22	88	176		264		-40	702			
11.-20.	6	4				320	60	150	E ® 210	3	12			324	36	-40	738	39,8		
21.-30.	5	5				350	45	115	E ® 160	3	12				36	-40	734	39,5		
<b>SK-November</b>						<i>(Wirkungsgrad=+40%)</i>											598	32,2		
Dez. 1.-10.		10				500	40	80	120	21	84	168					744	40,1		
11.-20.	1	5	4			590	30	60	+ ® E ® 90	21	84		168	504	-168	-20	556		37,7	
21.-31.		5	6			730	40	50	+ ® E ® 90	25	100	200		600	-200	-20	480		33,6	
<b>SK-Dezember</b>						<i>(Wirkungsgrad=+40%)</i>												636	34,3	
Jan. 1.-10.	2	2	2	4		940			+ ® E ® 65	21	84			504	-168	-20	556		37,7	
11.-20.	2	5	3			800			+ ® E ® 90	25	100	200		600	-200	-20	480		33,6	
21.-31.	7	4				670	8	57	+ ® E ® 65	30	120	240		732	-328	-20	276		34,3	
<b>SK-Januar</b>						<i>(Wirkungsgrad=+60%)</i>												636	34,3	
Feb. 1.-10.	6	4				620	10	114	124	79	316		632	948	-632	20	130	7,0		
11.-20.	10					500	19	114	133	67	268		536	804	-536	40	-366		3,9	
21.-28.	3	5				550	12	33	45	30	120	240		732	-328	-20	276		34,3	
<b>SK-Februar</b>						<i>(Wirkungsgrad=+70%)</i>												636	34,3	
Summe	20	61	30	5	4	6830	314	903	1217 ohne "E" ®	602	2548	2160	2456	6924	-888	-20	-908			
										577	2308				-1608	- -	ohne "E"			

SK-Monat=monatlicher Energiegewinn des Solarkollektors, der Wirkungsgrad wurde der Speichertemperatur angepaßt.

Tägliche Durchschnittstemperaturen (Tagesanzahl): 2 = +5°C. +15°C, 3 = 0°C. +10°C, 4 = -5°C. +5°C, 5 = -10°C. 0°C, 6 = -15°C. -5°C.

Bedarfs - Berechnung (Tag x Temperatur - abhängiger Verbrauch): 7 = < 2 > x 20kWh + < 3 > x 50kWh + < 4 > x 80kWh + < 5 > x 100kWh + < 6 > x 120kWh.

Speichererwärmung "E" ( nur Nov. und Dez.) = 60 Std. entspricht: 240kWh WP + 480kWh

Umgebung = 720kWh

Stunden der Außentemperatur über +5°C: 8 = 22-6 Uhr, 9 = 6-22 Uhr; ganzer Tag 10 = 8 + 9.

Energiebedarfs - Deckung:

WP-Strom: 12 = 11 (WP - Std.) x kW. Wenn <10> ausreichend, dann Wärmeentzug aus der Umgebung (13), sonst (<10> "+" oder "-") aus dem Speicher (14).

Die erzeugte Wärme (15) muß den Energiebedarf (7) decken.

Erzeugte Wärme: 15 = 12 + 13 + 14.

Verbrauch: Nov. = 930 / Summe; ( 2.160 / Vorjahr)

Dez. = 1.820 / 2.750; (1.910 / 4.070)

Jan. = 2.410 / 5.160; (1.880 / 5.950)

Feb. = 1.670 / 6.830; (2.070 / 8.020)



### 8.4.5. Bilanz des Zeitraumes November 1995 bis Februar 1996 für Bad Reichenhall (eigene Aufzeichnungen), 120m<sup>2</sup> Haus - Beispiel, 4kW-WP

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Zeitraum	Durchschnittstemperaturen Tagesanzahl					Energiebedarf	22 bis 6 Uhr 6 bis 22 Uhr		Tagesstunden über +5°C	Wärmeerzeugung					Speicher		Endsumme [kWh]	Speicher			
	Stundenüber +5°C		WP-Stunden	WP-kWh	Umgebung		Speicher	Summe [kWh]		Bilanz	Verl./Gew.	Wasser [°C]	Eis [m³]								
Ende Oktober 1995: Ausgangssituation <sup>®</sup> der Speichervon 16m <sup>3</sup> Inhalt auf +40°C erwärmt <sup>®</sup>																			+742	40,0	
Nov. 1.-10.	1	6	2	1	-	552	16	58	74	22	88	176									
									+ <sup>®</sup>	24	96		192	552	-192	-40	+510	27,5			
11.-20.	3	4	3	-	-	480	24	88	112	22	88	176									
									+ <sup>®</sup>	18	72		144	480	-144	-40	+326	31,1			
21.-30.	-	3	5	2	-	696	-	24	E <sup>®</sup>	21	84				+256		+578				
									+ <sup>®</sup>	14	56	112									
SK-November	(Wirkungsgrad = +50%)									44	176		352	696	-352	-40	+186	10,0			
															+182		+368	19,8			
Dez. 1.-10.	-	3	5	2	-	696	--	2	2	58	232		464	696	-464	+20	-76		0,8		
									3	2	8	16									
11.-20.	-	2	5	3	-	744	--	3	+ <sup>®</sup>	60	240		480	744	-480	+40	-516		5,5		
									+ <sup>®</sup>	8	32	64									
21.-31.	4	4	3	-	-	504	32	64	96	8	32										
									+ <sup>®</sup>	34	136		272	504	-272	+40	-748		8,0		
									E <sup>®</sup>	50	200				+600		-148		1,6		
SK-Dezember	(Wirkungsgrad = +70%)														+185		+37	2,0			
Jan. 1.-10.	-	6	2	2		624	--	12	12	6	24	48									
									+ <sup>®</sup>	46	184		368	624	-368	+20	-311		3,3		
11.-20.	-	2	8	-	-	672	--	8	8	4	16	32									
									+ <sup>®</sup>	52	208		416	672	-416	+20	-707		7,6		
21.-31.	-	-	5	6	-	936	--	--	--	78	312		624	936	-624	+20	-1311		14,1		
SK-Januar	(Wirkungsgrad = +70%)														+213		-1098		11,8		
Feb. 1.-10.	-	-	2	5	3	984	--	--	--	82	328		656	984	-656		-1754		18,9		
										24	96	192									
11.-20.	-	8	2	-	-	528		40	40	20	80		160	528	-160		-1914		20,6		
									+ <sup>®</sup>	26	104	208									
21.-29.	-	4	5	-	-	552		48	48	20	80		160	552	-160		-2074		22,3		
									+ <sup>®</sup>	20	80		160	552	+414		-1660		17,8		
SK-Februar	(Wirkungsgrad = +70%)																				
Summe	8	42	47	21	3	7968	72	347	419	735	2656	1024	4288	7968	2442	+40	-2402				
											E = +284			SK & E = +1846							

SK-Monat = monatlicher Energiegewinn des Solarkollektors, der Wirkungsgrad wurde der Speichertemperatur angepaßt.  
 Tägliche Durchschnittstemperaturen (Tagesanzahl): 2 = +10°C, 3 = +5°C, 4 = 0°, 5 = -5°C, 6 = -10°C.  
 Bedarfs - Berechnung (Tage x Verbrauch, neue Werte): 7 = <2> x 24kWh + <3> x 48kWh + <4> x 72kWh + <5> x 96kWh + <6> x 120kWh (neue Werte).  
 Stunden der Außentemperatur über +5°C: 8 = 22-6 Uhr, 9 = 6-22 Uhr; ganzer Tag 10 = 8 + 9.  
 Speichererwärmung "E" (nur Nov. und Dez.) = 71 Std. entspricht: 284kWh WP + 568kWh Umgebung = 852kWh

WP-Strom: 12 = 11 (WP - Std.) x 4kW. Wenn <10> ausreichend, dann Wärmeentzug aus der Umgebung (13), sonst (<10> "+" oder "--") aus dem Speicher (14).  
 Die erzeugte Wärme (ohne „E“) 15 = <12> + <13> + <14> muß den Bedarf (7) decken.  
 Bei <18> „+“ = Wassertemperatur 19 (<18> : 16m<sup>3</sup> : 1,16 kWh/m<sup>3</sup> x K = <19> °C),  
 "--“ = Eisvolumen 20 (<18> : 93kWh/m<sup>3</sup> = <20> m<sup>3</sup>)  
**Verbrauch:** **93/94** **94/95** **95/96**  
**Nov.** 2.160 / Summe 930 / Summe 1.728 / Summe  
**Dez.** 1.910 / 4.070 1.820 / 2.750 1.944 / 3.672  
**Jan.** 1.880 / 5.950 2.410 / 5.160 2.232 / 5.904  
**Feb.** 2.070 / 8.020 1.670 / 6.830 2.064 / 7.968

# INDEX

Absorber	6; 15	Wärmeversorgungskonzept	10
Absorberplatten	5; 6; 7; 8	Warmwasserbereitung	7
Absorberversorgung	5; 26		
Brauchwasser	23		
Brennwertkessel	10; 24		
Dachabsorber	15		
<b>Einstrahlungsgewinne</b>	19		
Erdreichkollektor	26		
Erdsonden	10; 18		
Erstellungskosten	10; 16; 24		
FCKW	18		
Fernbedienung	5		
Fußbodenheizung	18		
Globalstrahlung	28		
Grabenabsorber	10		
Grundwärmeversorgung	14		
Grundwasserbelastung	6; 26		
Grundwassernutzung	18		
Heizwasser	9; 10; 20; 27		
Jahreswärmebedarf	27; 35		
Kältemittel	15; 17; 18; 26		
Kältemittelleitungen	8		
Kältemittelverlust	26		
Kamin	5; 7; 10; 18; 20; 23; 24; 27; 28; 30		
<b>Kapillarverrohrung</b>	20		
Kohlendioxidausstoß	6		
Kohlendioxidgehalt	4		
Kollektorfläche	28		
Kollektorwinkel	28		
Latentenergie	5		
Latentwärme	5; 10; 25		
Luftabsorber	26		
Luftkühler	5; 7; 8; 17; 18; 20; 27; 28; 30		
Lüftung	4		
Notbeheizung	7		
Schadstoffanfall	10		
Solarenergiedaten	28		
Solarflachkollektoren	7		
Solarkollektoren	10; 18; 20; 27; 28		
Solarkollektorfläche	24; 28		
Solemenge	26		
Sonnenwärmegewinn	19		
Stearinsäure	25		
<b>Tagesbedarf</b>	20		
Tiefenbohrungen	6; 26		
Wandheizungssystem	27		
Wärmeabsorber	10		
Wärmedämmung	4; 5; 15; 16; 21		
Wärmekapazität	25		
Wärmepumpen	5; 6; 7; 10; 14; 17; 18; 21; 23; 24; 26		
Wärmeschutzverordnung	4; 15; 16		
Wärmetauscher	5; 9; 10; 24; 26		

---

(Bitte fordern Sie weitere Informationen mit diesem Formular an. Auch mit Fensterumschlag zu verwenden!)

---

## FAX an +49 (08651) 62716

---

Dipl.-Ing. W. Hesse  
Barbarossastraße 4  
D 83435 Bad Reichenhall

---



**ABSENDER:**.....

**FIRMA:**.....

Ansprechpartner:.....

Straße, Hausnr.:.....

**PLZ, Ort:**.....

**Bundesland:**.....

- ⇒  Ich haben Interesse am Einbau im EFH, MFH, ZFH, RH: .....  
Ein-, Mehr-, Zweifamilienhaus, Reihenhaus)
- ⇒  Bitte ein unverbindliches Angebot für: ..... m<sup>2</sup> Wohnfläche
- ⇒  Jahreswärmebedarf: .....
- ⇒  Bitte rufen Sie mich an unter ☎: .....
- ⇒ unter **Fax** erreichbar: .....

---

**Weitere Fragen oder Wünsche:**

---

**Oder über:**

Hartwig Graßhoff; Wielandstraße 35, D 12159 Berlin (Friedenau)

☎ +49 (030) 85 96 30 89 und **Fax** +49 (030) 851 14 90

**Internet-Mailadresse: [hgrasshoff@t-online.de](mailto:hgrasshoff@t-online.de)**

---

## Fragen zur objektbezogenen Kostenermittlung

für das „Wasser-Eis-Speicher-System“

Die Ihnen bekannten hier angegebenen Objektdaten werden von uns zur Erstellung eines verbindlichen Preisangebotes benötigt und werden selbstverständlich vertraulich behandelt.

### Absender:

Name:.....

Straße:.....

PLZ, Ort:.....

Land:.....

Bundesland:.....

### Hausgröße

.....m<sup>2</sup> beheizte Wohnfläche

..... kW erforderliche Wärmeleistung

..... kW Wärmeverbrauch im Jahr, bei bestehenden Gebäuden geht der Verbrauch auch aus der letzten Abrechnung hervor ..... Liter Heizöl / ..... m<sup>3</sup> Gas / ..... kWh Strom.

### Heizungssystem

die Heizanlage ist vorhanden

die Heizanlage wird neu erstellt

#### Vorschläge / Angebot erwünscht

ja

Radiatoren-Heizkörper

die Vorlauftemperatur beträgt ..... °C

Niedertemperaturheizung als

Fußboden- oder Wandheizung

Luftheizung mit Wärmerückgewinnung

ja

nein

Zusatzwärmequellen in Form von

offener Kamin

Kaminofen

mit Warmwasserbereitung

ja

nein

### Solaranlage

bereits vorhanden mit ..... m<sup>2</sup> Kollektorfläche / .....Leistung kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr

Angebot passend zum „Wasser-Eis-Speicher-System“ erwünscht

Informationen über das Dach des Gebäudes .....° Dachneigung (in Grad)

Dachausrichtung:

Süd

Südost

Südwest

Sonstiges.....

Montage der Kollektoren:

Aufdach

Indach (nur Vorteile!)

## „Wasser-Eis-Speicher“

als ein Teil des Kellers vorgesehen (ACHTUNG - Statik beachten!)

soll außerhalb des Gebäudes erstellt werden

unter dem Vorgarten      unter der Terrasse      unter dem Garten      unter der Garage

die Wärmepumpe soll neben dem Verdampfer außerhalb des Gebäudes stehen,  
die Entfernung zum Aufstellungsort der Wärmepumpe beträgt ..... m

„Wasser-Eis-Speicher“ wird bauseitig in der sich aus der Berechnung ergebenden Größe erstellt

Hierzu werden Vorschläge beziehungsweise Angebote erbeten      ja      nein

Den Vordruck senden Sie bitte an die umseitige Adresse zurück. Wir erstellen Ihnen dann ein komplettes Angebot und senden es Ihnen durch einen unserer regionalen Mitarbeiter zu.  
Für Rückfragen sind Sie erreichbar unter folgender Telefonnummer:

tagsüber:.....abends:.....perFax:.....