

Beilage-Cipra

weitere Informationen zur gegenständlichen Eingabe zum
CIPRA Wettbewerb cc.alps

Projekt:

Neuartige Solar-Wärmepumpenheizung

Nachfolgend wird das Projekt an Hand einer Graphik sowie mehreren Fotos und Zeichnungen dargestellt und erläutert:

Kurzzusammenfassung:

Es wird hiermit eine **neuartige Solar-Wärmepumpenheizung** vorgestellt bei welcher eine **herkömmliche thermische Solaranlage** durch eine **neuartige Vorrichtung** mit einer **herkömmlichen Wärmepumpe mit Erdspeicher** thermisch gekoppelt wurde. Diese Heizanlage wurde in unserem Privathaus in Göfis gebaut.

Durch diese thermische Koppelung kann wesentlich mehr Solarenergie gewonnen und genützt werden. Die gesteigerte Effizienz resultiert aus mehreren Teileffekten.

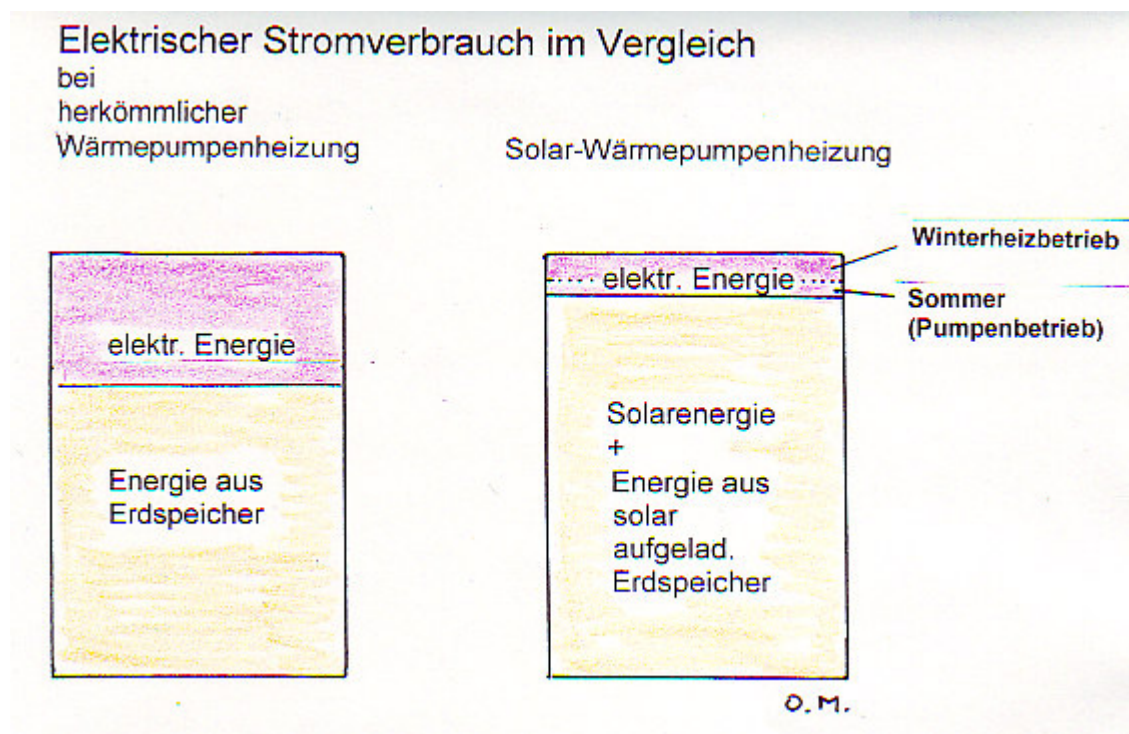
Der Erdspeicher wird in der warmen Jahreszeit mit Solarenergie geladen und auch im Winter bei Sonneneinstrahlung teilweise nachgeladen und weiters bezieht die Wärmepumpe während der Heizsaison auch bereits bei geringer Sonneneinstrahlung solar erwärmte „Sole“.

Diese Effekte bewirken wesentlich kürzere Wärmepumpenlaufzeiten und damit eine große Ersparnis an elektrischem Strom.

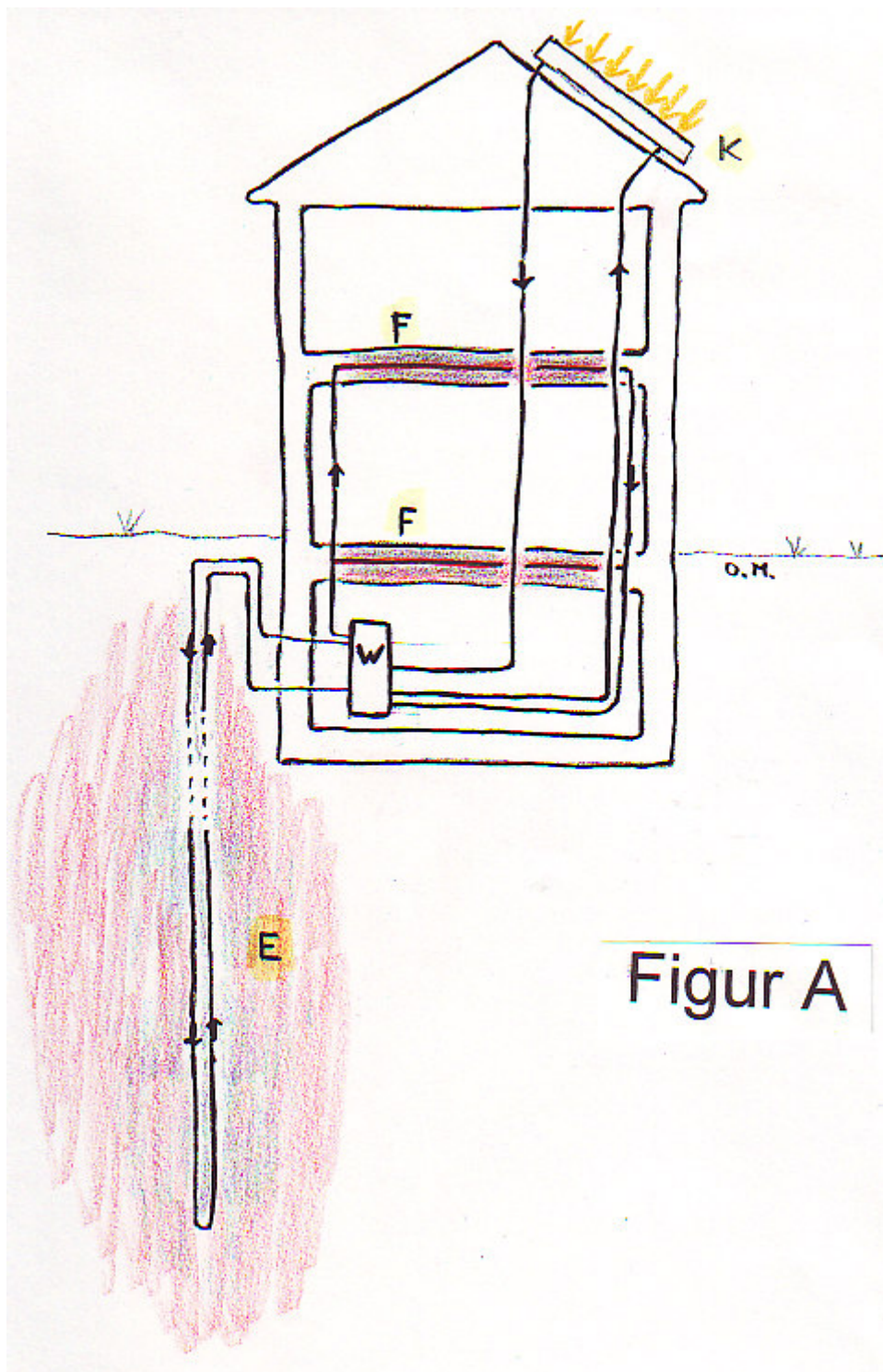
.....

Geringer Stromverbrauch der neuartigen Solar-Wärmepumpenheizung

Die nachfolgende **Graphik** veranschaulicht größenordnungsmäßig den Stromverbrauch (blau) einer herkömmlichen Wärmepumpenheizung mit Wärmeentnahme aus einem Erdspeicher mit unserer Solar-Wärmepumpenheizung mit Erdspeicher und Solareinbindung:



In der **Figur A** ist übersichtsmäßig die Funktionsweise der Solar-Wärmepumpenanlage dargestellt:



Figur A

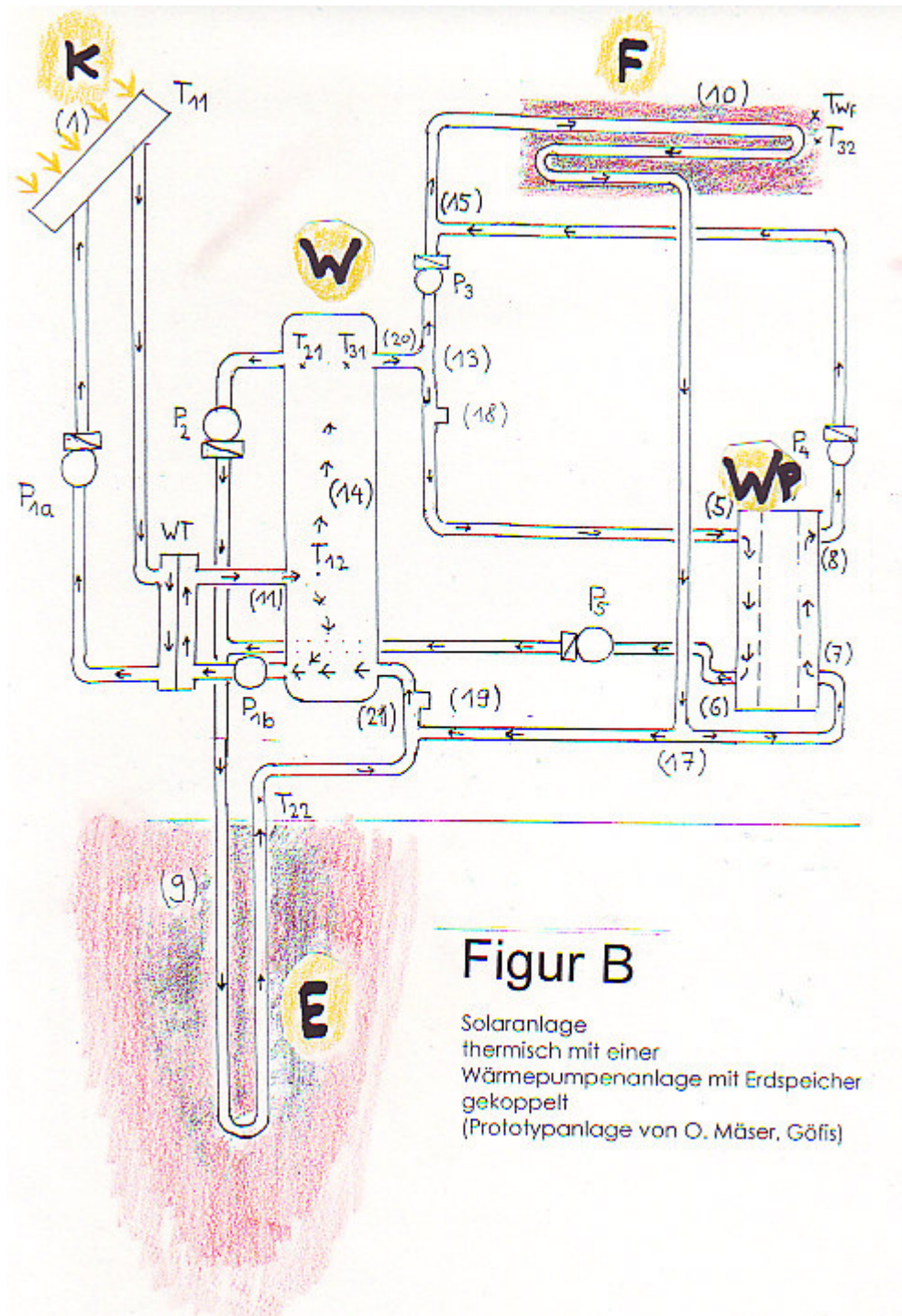
Das solar erwärmte Wasser gelangt vom Kollektor (K) in die Wärmeverteilstation (W) (im Detail siehe dazu Figur B)

Von der Wärmeverteilstation kann das Warmwasser, wenn es warm genug ist, direkt zu Heizwecken in den Fußboden (F) eingeleitet werden und wenn es nicht warm genug ist, kann es von der Wärmepumpe als solar erwärmte „Sole“ genützt und in den Fußboden (F) eingeleitet werden. Diese Funktionsweise ist aus der Figur B ersichtlich (siehe dazu auch die technischen Details auf Seite 6).

Infolge der thermischen Koppelung, wie sie in der Figur B dargestellt ist, nimmt der Erdspeicher (E) bei Sonneneinstrahlung - auch im Winter - Solarenergie auf und wirkt so als Langzeitspeicher, während die Fußbodenbetonplatten (F) im Erdgeschoß und 1. Obergeschoß, als Tages- oder Kurzzeitspeicher wirken.

Im Bedarfsfall, wenn keine Sonne scheint, bezieht die Wärmepumpe Wärme aus dem solar aufgewärmten Erdspeicher (E) um den Fußboden aufzuheizen.

In der nachfolgenden **Figur B** ist die thermische Koppelung zwischen dem Kollektor (K), der Wärmeverteilstation (W), dem Fußboden (F), dem Erdspeicher (E) und der Wärmepumpe (Wp) dargestellt.



Diese hydraulische Schaltung entspricht unserer Prototyp- Solar-Wärmepumpenheizung wie sie im Jahr 2005 in unserem Haus in Göfis errichtet wurde.

Im Einzelnen sind folgende Elemente sichtbar:

Kollektor (K) mit dem Kollektorkreislauf, die Wärmeverteilstation (W), der Fußbodenkreislauf (F), der Erdkollektorkreislauf im Erdspeicher (E) und die Wärmepumpe (Wp) mit zugehörigem Kreislauf.

Einige technische Details:

Die Zirkulation in den einzelnen Bereichen wird von den Pumpen (P) bewirkt vor denen sich jeweils ein Pumpenrückschlagventil befindet. Dadurch ist gewährleistet, dass die Strömung nur in einer Richtung stattfindet. Die Regelung erfolgt bei unserer Prototypheizung durch einfache Temperaturdifferenzregler wie sie bei herkömmlichen einfachen Solaranlagen in Verwendung sind.

Die Anlage gliedert sich in folgende Kreisläufe:

Kollektorkreislauf: mit den Pumpen P1a, P1b, geregelt durch die Temperaturdifferenz T11, T12.

Solarer Fußbodenkreislauf: mit der Pumpe: P3, geregelt durch die Temperaturdifferenz T32, T31.

Erdkollektorkreislauf: mit der Pumpe P2, geregelt durch die Temperaturdifferenz T21, T22.

Wärmepumpenkreislauf mit den Pumpen P4 und P5:

Die Wärmepumpe (Wp) geht in Abhängigkeit des Fühlers TwF (im Fußboden) in Betrieb und steuert die Pumpen P4 und P5 an. Bezüglich der Pumpen P4 und P5 besteht eine Vorrangschaltung gegenüber den Pumpen P3 und P2 sodass bei Wärmepumpenbetrieb die Pumpen P3 und P2 über ein Relaischaltung keine elektrische Spannung erhalten und die Strömung an der Stelle (17) nach rechts zur Wärmepumpe in Richtung Stelle (7) geht, wogegen ohne Wärmepumpenbetrieb bei direkter solarer Fußbodenheizung an der Stelle (17) die Strömung nach links geht.

Da in unserer Anlage bei normalem Wärmepumpenbetrieb vom Medium keine Minustemperaturen erreicht werden, befindet sich im Kreislaufsystem als Medium Leitungswasser ohne Frostschutzmittelzusatz - es wurde allerdings aus Sicherheitsgründen ein Frostwächter an der Stelle (6) eingebaut.

(Anmerkung: Das Brauchwasser wird über einen externen Wärmetauscher in den Brauchwasserboiler geladen (Wärmeentnahme an der Stelle (18), Rückleitung an der Stelle (19)).

Energetische Effekte der Solar-Wärmepumpenheizung:

* Ein Teil, der in der warmen Jahreszeit in den Erdspeicher eingebrachten Wärme, kann durch die Wärmepumpe in der Heizsaison dem Erdreich auf relativ hohem Temperaturniveau wieder entzogen werden. Das heißt die Wärmepumpe wird aus dem Erdspeicher mit solar erwärmter „Sole“ betrieben. Damit kann die Wärmepumpe mit wesentlich höherem Wirkungsgrad Wärme fördern bzw. sind nur kurze Wärmepumpenlaufzeiten notwendig um ausreichend Heizwärme zu fördern.

* Während der Heizsaison bezieht die Wärmepumpe schon bei geringer Sonneneinstrahlung solar erwärmtes Wasser (z.B. 17 °C warmes Wasser) als solar erwärmte „Sole“ über den Kollektor (K) aus der Wärmeverteilstation (W).

* Im Winter wird der durch Wärmeentnahme lokal abgekühlte Erdspeicher bei Sonnenschein immer wieder teilweise nachgeladen.

*** Diese Effekte bewirken wesentlich kürzere Wärmepumpenlaufzeiten.**

(Anmerkung: Bei einer herkömmlichen Wärmepumpenanlage kühlt der Erdspeicher im Laufe der Heizsaison im Entnahmebereich beträchtlich ab, weil die Wärme in Festkörpern (gemäß dem Temperaturgefälle und der Wärmeleitfähigkeit des Festkörpers) nur langsam nachfließt.

Daher fördert die Wärmepumpe vor allem gegen Ende der Heizsaison unter schlechten Betriebsbedingungen Wärme aus dem Erdspeicher.

Infolge der selben physikalischen Gegebenheiten kommt es auch dazu, dass bei einer herkömmlichen Wärmepumpenanlage mit Erdspeicher im Laufe der Jahre zunehmend schlechtere Wärmeentnahmebedingungen auftreten (weil in einem größeren räumlichen Umfeld im Erdspeicher ein Temperaturabfall eintritt, und die Wärme nur gemäß dem Temperaturgradienten zur Entnahmestelle hin nachfließt), und daher sodann relativ mehr elektrischer Strom zur Wärmeförderung benötigt wird.

(Eine Ausnahme dazu bilden Erdspeicher welche ins Grundwasser hineinragen und durch den Grundwasserstrom thermisch nachgeladen werden)

Die solare Einbindung führt dagegen dazu, dass diese nachteilige Entwicklung im Erdspeicher, weder saisonal noch über die Jahre hinweg eintritt, sondern aus dem solar aufgeladenen Erdspeicher sehr leicht Wärme gefördert werden kann, und während der Heizsaison noch zusätzlich zur Wärmeförderung aus dem Erdspeicher, direkt Solarenergie zu Heizzwecken über den Kollektor gewonnen werden kann.

Die Folge davon sind wesentlich kürzere Wärmepumpenlaufzeiten, welche einen wesentlich geringeren Stromverbrauch für die Heizung bewirken.

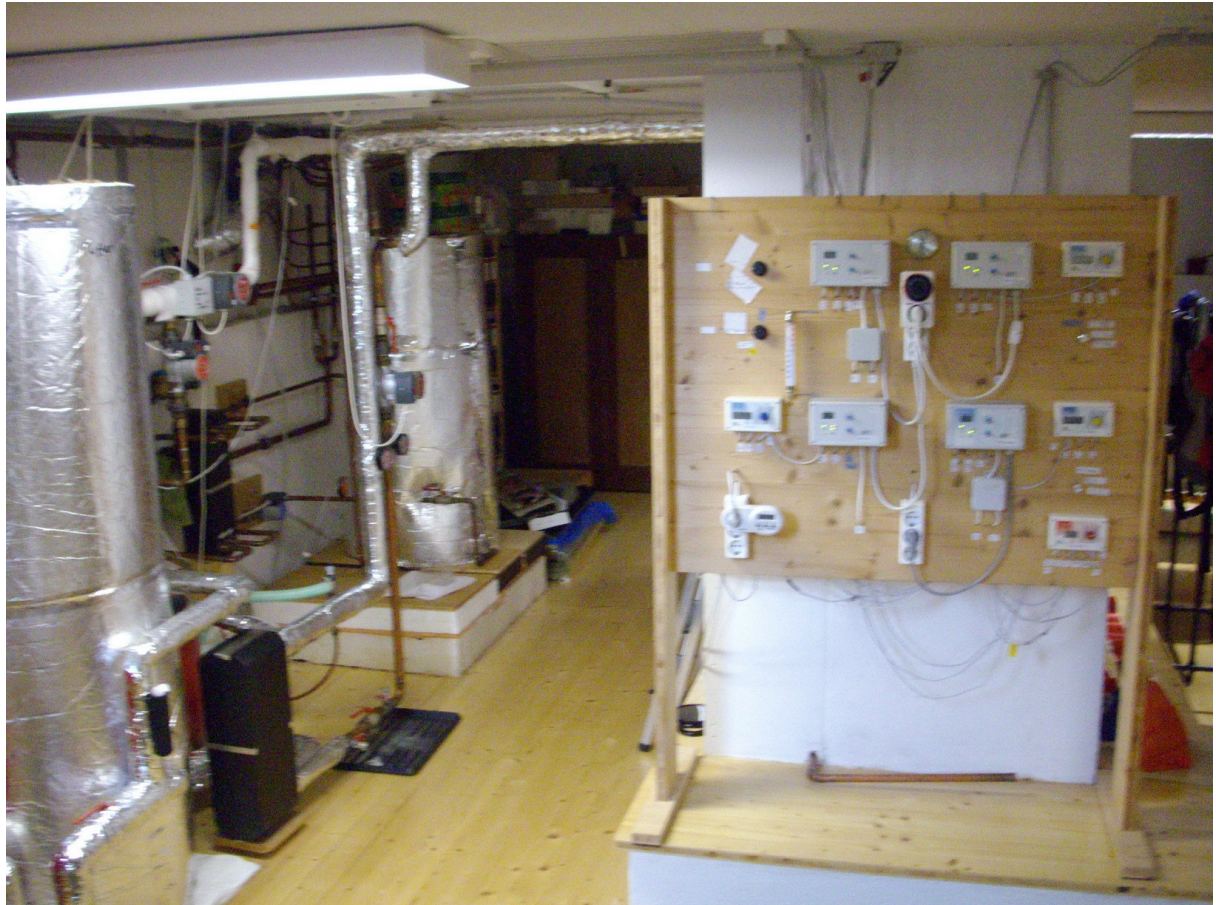
Auf diesem **Foto** ist der Kollektor (K) auf unserem Hausdach sichtbar (46 m² thermische Kollektorfläche):
(im Giebelbereich sind weitere Fotovoltaikmodule sichtbar (ca. 11 m²) welche Strom ins elektrische Netz einspeisen und nicht direkt Teil der Heizanlage sind)



Auf diesem **Foto** ist die Anlage im Keller sichtbar: (vorne links die Wärmepumpe, dahinter das Ausdehnungsgefäß für den Kollektorkreislauf, dann die Wärmeverteilstation, rechts hinten der Brauchwasserboiler).

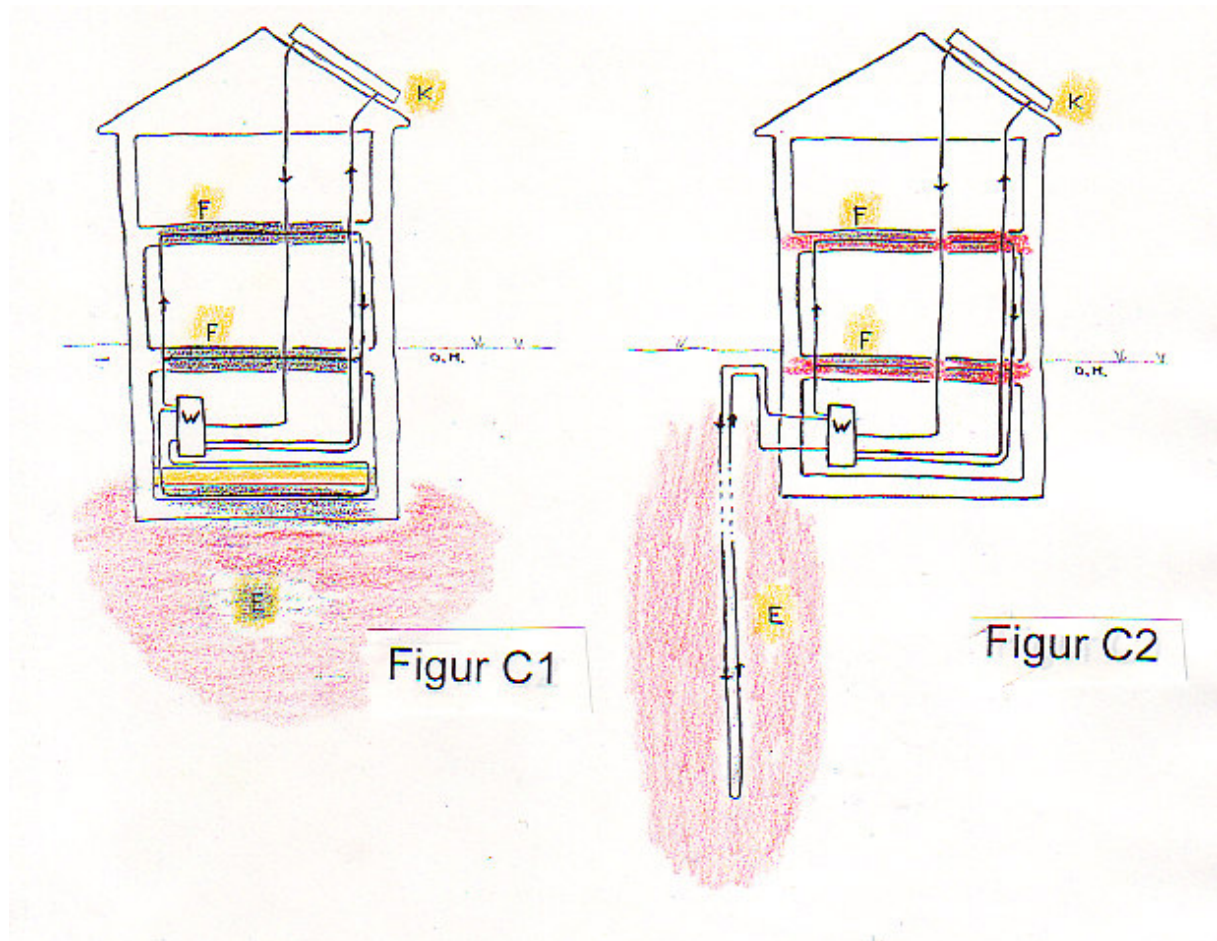


Auf diesem **Foto** ist auf dem Holzständer die Steuerung mit den einzelnen Differenzreglern sichtbar, sowie weiters auch div. Wärmemengenmessgeräte und andere Messvorrichtungen. Links vorne ist die Wärmeverteilstation und in der Mitte hinten der Warmwasserboiler sichtbar, welcher über einen externen Wärmetauscher geladen wird.



In der **Figur C1** wird eine Ausführung dargestellt, bei welcher der Solar-Erdspeicher (E) direkt unter dem Haus gelegen ist. Durch die Einbringung der Solarwärme unter die gelbe Isolation wird die Wärme in den Untergrund unter das Haus „gedrückt“.

In der **Figur C2** wird eine Ausführungsvariante dargestellt, bei der die Solarwärme neben dem Haus in eine Bohrlochsonde eingeleitet wird, und dadurch die Wärme im Nahbereich der Sonde den Solar-Erdspeicher bildet.



Unsere Anlage ist gemäß der Figur C1 in den Jahren 1997 - 1999 konzipiert und in den Jahren 2000/2001 gebaut worden.

Die Solarwärme wird hier gleichsam durch eine „Fußbodenheizung“ in der warmen Jahreszeit durch den Kellerbetonboden hindurch in den Untergrund (Fels) „gedrückt“, weil sich die Heizschlangen (aus Kupferrohr in Quarzsand eingebettet) unter einer 20 cm dicken Korkisolation (gelb eingezeichnet) befinden. Der Einbau einer Wärmepumpe, um die eingespeicherte Solarwärme im Bedarfsfall auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben, ist bereits ursprünglich als Option vorgesehen gewesen. Die Erfahrungen haben schließlich gezeigt, dass ein entsprechender Zuheizbedarf besteht und es ist dann im Jahr 2005 die Wärmepumpe gemäß der Figur B in die Anlage eingebaut worden.

Seit dem Winter 2005 funktioniert die Prototypanlage gemäß Figur B bzw. C1 bestens. Der Stromverbrauch ist sehr gering (Stromverbrauch in der vergangenen Heizperiode 2007/2008 für den Wärmepumpenbetrieb 784 kWh).

Bekanntlich haben in den letzten Jahren in unserer Gegend herkömmliche Wärmepumpenanlagen, welche die Wärme über eine Erdsonde mit geschlossenem Solekreislauf beziehen, eine starke Verbreitung gefunden.

Nach heutigem Stand der Technik würde sich - soweit absehbar - der Bau einer Solar-Wärmepumpenheizanlage mit der Ausführung eines Solar-Erdspeichers, mit einer oder mehreren Bohrlochsonden in Kombination mit einer thermischen Solaranlage, gemäß Figur C2 empfehlen, weil hier der Investitionsaufwand wesentlich geringer und der Bau einfacher ist, als dies bei einer Ausführung gemäß Figur C1 der Fall ist.

Projektziel unter Einbeziehung der Nachhaltigkeit und Effizienz des Projektes:

Das ursprüngliche Projektziel war ein Solarhaus mit bestmöglicher Nutzung der Solarwärme. Es sollte einerseits die solare Wärme im Winter und andererseits auch die solare Wärme aus der warmen Jahreszeit genutzt werden. Dies führte in der Zeit 1997-1999 zum Konzept wie es hier vorgestellt wird.

Da primär nicht absehbar war, wie groß der Zuheizbedarf im Winter werden wird, wurde das Konzept vorerst ohne Wärmepumpe realisiert. Infolge des Zuheizbedarfes im Hochwinter erfolgte sodann im Jahr 2005 die Integration der Wärmepumpe in das System.

Wie bereits oben stehend ausgeführt worden ist, empfiehlt sich heutzutage eine Konzeption gemäß Figur C2.

Durch die Solar-Wärmepumpenanlage, kann praktisch wartungsfrei (mit wesentlich längerer Lebensdauer des Kompressors/ Verdampfers der Wärmepumpe - wegen der wesentlich kürzeren Wärmepumpenlaufzeiten) und mit minimalem Strombedarf der Heizbetrieb bei bestem Heizkomfort geleistet werden.

Innovative Aspekte des Projekts unter Berücksichtigung des technologischen Standards und der Lebensumstände in der Region:

Soweit ich informiert bin ist bis anhin keine vergleichbare, einfache technische Vorrichtung bekannt durch welche eine **herkömmliche** thermische Solaranlage mit einer **herkömmlichen** Wärmepumpe mit Erdwärmeentnahme gekoppelt werden kann.

Die hier gemäß Figur B vorgestellte Vorrichtung kann ohne weiteres von einem interessierten Laien oder einem Sanitärfachbetrieb nachgebaut bzw. noch weiter entwickelt werden.

In der Vergangenheit und bis heute sind zum Teil mehr oder weniger große, isolierte Wasserbehälter als solare Langzeitwärmespeicher verwendet worden. Im Gegensatz zu derartigen Langzeitwasserwärmespeichern ist die Anlegung eines solaren- Erdwärmespeichers in Verbindung mit einer Wärmepumpe aus mehreren Gründen vorteilhaft:

*Der Bau eines solchen solaren -Erdwärmespeichers ist relativ billig.

*Der Speicher benötigt nicht oberirdischen Platz wie ein Wassertank.

*Die einspeicherbare Wärmemenge ist nicht beschränkt (kein Siedepunkt, kein limitiertes Wassertankvolumen, kein Wärmeisolationaufwand für den Speicher bei Ausführung nach Variante C2). *Die Wärme wird auf relativ niederem Temperaturniveau gespeichert, und ein Teil der Wärme kann durch den Einsatz von relativ wenig elektrischer Energie wieder entnommen und auf ein Temperaturniveau angehoben werden, welches für eine Niedertemperaturraumheizung ausreichend ist.

*An vielen Orten können praktisch beliebig große Erdwärmespeicher dieser Art, zur Einlagerung von Solarenergie durch das Anlegen von Bohrlochsonden, sehr umweltschonend und platzsparend im Nahbereich des Wärmebedarfs (z.B. neben Häusern und Industrieanlagen) angelegt

werden und kann sodann durch Wärmepumpen im Bedarfsfall ein großer Teil, der in der warmen Jahreszeit eingespeicherten Energie wiederum zurückgeholt werden. Zukünftige Erfahrungen werden zeigen wie „groß“ und in welcher „Form“ idealerweise ein solcher Erdspeicher, je nach Bedarf angelegt werden soll (wie viel Bohrlöcher in welchem Abstand zueinander, und bis in welche Tiefe). Voraussichtlich kann sodann mit relativ kleinen Wärmepumpen die Wärme gefördert werden (die „langsame“ Wärmeextraktion aus dem Erdreich benötigt voraussichtlich weniger elektrische Energie als die „schnelle“ Extraktion (wegen der Wärmeleiteigenschaften der Festkörper). (Anmerkung: in unserem Fall wäre eine kleinere Wärmepumpe als die kleinst verfügbare ausreichend gewesen).

Nach meiner Einschätzung wird diese Form der Heizung bzw. der solaren saisonalen Wärmespeicherung im Untergrund mit Wärmeextraktion im Winter - in Verbindung mit der zusätzlich direkten Nutzung der Solarenergie - so wie sie im Winter anfällt -, zukünftig von großer Bedeutung werden.

Dies weil durch den Einsatz von relativ wenig elektrischer Energie große Mengen an Wärme eingelagert und später wieder gefördert und genützt werden können, und zwar nicht nur für Großanlagen sondern auch für Einzelhausheizsysteme. (Dass in sehr großen Erdspeichern solare Wärme relativ verlustarm saisonal gespeichert werden kann ist bekannt.)

Anmerkung: Vor der Errichtung unseres Hauses im Jahr 2000 haben wir in einem 9 m tiefen Bohrloch im Fels, direkt in der Mitte unter dem Haus, 5 Temperaturfühler (in Tiefe 9m, 6m, 3m, 1,5m, und 0,75m unter der Kellerbodenbetonplatte) versenkt und in Sand eingebettet. Durch diese Temperaturfühler konnte die Temperaturentwicklung im Erdspeicher ab Betriebsbeginn im Jahr 2001 verfolgt und durch Aufzeichnung der Messwerte im Jahresablauf über die Jahre hinweg dokumentiert werden. Man ersieht daraus die jährliche Thermodynamik des Erdspeichers und die Entwicklung der Thermodynamik über die Jahre hinweg. Interessierten Fachpersonen stelle ich unsere Anlage und diese Messdaten bzw. Aufzeichnungen gerne vor.

Angaben zu Kosten/Nutzen – Darstellung der Wirtschaftlichkeit bzw. sozialer Auswirkungen:

Der Bau unserer Prototypanlage gemäß der Variante wie sie in der Figur C1 dargestellt ist war relativ aufwendig. Demgemäß „rechnet“ sich diese Investition nicht so schnell.

Dem entgegen ist jedoch zu erwarten, dass der Investitionsaufwand für eine Ausführung gemäß Figur C2 bzw. Figur A relativ gering ist.

Im Hinblick auf die weiter steigenden Energiepreise werden sich also die Investitionskosten für eine solche Anlage in relativ kurzer Zeit amortisieren. Dabei ist auch zu bedenken, dass derartige Anlagen voraussichtlich eine lange Standzeit haben (lange Standzeit des Wärmepumpenkompressors) und kaum altern (im Vergleich zu einer Verbrennungsanlage mit einem Heizkessel).

Es kann also erwartet werden, dass derartige Anlagen an vielen Orten alsbald eine große Verbreitung finden und sich alsbald „rechnen“.

Multiplizierbarkeit des Projekts: kann dieses Projekt allerorts umgesetzt werden:

Wie schon ausgeführt, können solche Projekte (wenn die Produktidee von einschlägigen Handwerks- und Industriebetrieben aufgegriffen und umgesetzt wird) an vielen Orten realisiert werden.

Zu berücksichtigen sind lokale Gegebenheiten, wie das eventuelle Hineinragen der Erdsonde in das Grundwasser (Wärmeverlust durch Grundwasserströme). Ob es sich beim Untergrund um kompakten Fels oder eine Schüttung aus Kies oder Erdreich anderer Art handelt, wird voraussichtlich nicht von gravierender Bedeutung sein, weil die Wärmeentnahmemöglichkeit bei langsamer Wärmeentnahme in jedem Fall relativ gut funktionieren wird.

Insofern keine Patentanmeldung für die technische Vorrichtung gemäß Figur B von mir vorgenommen worden ist – und die Produktidee hiermit Jedermann/Frau frei zur

Umsetzung zur Verfügung steht und verwertet werden kann und weiter entwickelt werden kann, ergibt sich, dass die Produktidee alsbald in breiter Form an vielen Orten in relativ kurzer Zeit leicht zur Umsetzung kommen kann. Damit kann alsbald ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden.

Umweltverträglichkeit: im Hinblick auf Emissionen / Klimaschutz:

Bemerkenswert ist, dass der geringe Stromverbrauch durch die Wärmepumpe zur Wärmeerzeugung auch dann besteht, wenn z.B. im Hochwinter eine Kälteperiode ohne Sonneneinstrahlung vorherrscht bzw. Hochnebel besteht und allgemein ein besonders hoher Strombedarf gegeben ist. (Bei einer solchen Witterung wird eine herkömmliche Wärmepumpenheizung fast permanent in Betrieb sein, um ausreichend Wärme zu fördern). Diese Tatsache bewirkt, dass die Stromspitzenbelastung im elektrischen Netz unter anderem wegen der vielen im Betrieb befindlichen herkömmlichen Wärmepumpen erheblich ist bzw. erheblich vermindert wird, wenn zukünftig viele derartige Solar-Wärmepumpenheizanlagen anstelle von gleich vielen „normalen“, herkömmlichen Wärmepumpenheizanlagen in Betrieb sind, weil in diese Solar-Wärmepumpenheizanlagen mit „kleineren“ Wärmepumpen betrieben werden können und somit der Stromverbrauch bzw. der Stromspitzenverbrauch vermindert wird.

Bezüglich der Emissionen ist festzuhalten, dass die Solar-Wärmepumpenheizung selbst keine Emissionen erzeugt, dass jedoch für den Strom den die Wärmepumpe benötigt, ca. die dreifache Menge an Energie benötigt wird um den Strom in einem Kraftwerk zu erzeugen. Falls der Strom aus einem thermischen Kraftwerk stammt werden dort fossile Brennstoffe oder Kohle oder Holz oder Atomenergie eingesetzt werden. Weiters ist zu berücksichtigen, dass am Ort dieser Stromerzeugung dementsprechend Abgase, Ruß, Asche bzw. Atommüll anfallen.

Bedenkt man nun, dass gegenüber einer herkömmlichen Wärmepumpenanlage eine derartige Solar- Wärmepumpenanlage nur einen Bruchteil an elektrischem Strom benötigt, so ergibt sich daraus ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz (verminderter CO₂ Ausstoß etc., bzw. ein verminderter Anfall an Kernspaltprodukten) und summiert sich dieser Effekt, wenn entsprechend viele derartige Solar-Wärmepumpenanlagen zukünftig in Betrieb gehen..

DI Dr. Othmar Mäser

Göfis, Juli 2008

Hier noch ein paar Angaben zu meiner Person:

Das „Werken und Basteln“ war schon seit je her eine Neigung von mir.

Nach Abschluss des Studiums für Maschinenbau an der ETH Zürich im Jahr 1975 absolvierte ich das Medizinstudium in Innsbruck, dann die Ausbildung zum Arzt für Allgemeinmedizin, dann die Ausbildung zum Facharzt für Psychiatrie und Neurologie. Seit mehr als 15 Jahren bin ich als Facharzt für Psychiatrie und Neurologie in eigener Praxis tätig.

Private Interessensgebiete: Natur, Naturschutz und andere.

Im Rahmen unserer Hausplanung und des Hausbaus begann ich vor mehr als 10 Jahren mich intensiv mit dem Thema: Solarenergie, solares Heizen, solare Wärmespeicherung in der Erde usw. zu beschäftigen. Daraus resultierte unser „Pilotprojekt“: Solar- Wärmepumpenheizung wie beschrieben.

