

„Umrüstung von alten Erdwärmesondenanlagen auf moderne Wärmepumpen“

Dr.- Ing. Klaus F. Stärk
Langacherstr. 11, CH-5417 Untersiggenthal/Schweiz
Tel: 0041/56-288 24 67, Fax: 0041/56-205 57 85
klaus.staerk@swissonline.ch

Zusammenfassung

Erdwärmesonden (EWS) zur Heizung von Gebäuden in Niedertemperaturlösung mit Wärmepumpen haben sich in den letzten 20 Jahren stark verbreitet. Etliche alte Anlagen mit Kolbenkompressoren kommen in die Jahre. Moderne Wärmepumpen mit Scroll-Kompressoren und deutlich höheren Jahresarbeitsziffern sind heute Standard. Für ältere Anlagen steht aus Lebensdauer- und Kostengründen der Ersatz der Wärmepumpe an. Gleiche Erdwärmesonde und gleicher Wärmebedarf bedeutet bei einer effektiveren Wärmepumpe eine höhere Belastung der Erdwärmesonden. Dem Betreiber einer „alten“ Anlage mit Erdwärmesonden wird gezeigt, welche Aspekte er bei der Umrüstung berücksichtigen sollte.

Abstract

The low temperature heating of buildings with ground source heat pumps has strongly increased in the last 20 years. A lot of old heat pumps with piston compressors reach now about 20 years. Modern standard heat pumps with scroll-compressors work with higher efficiency.

Old systems should be updated due to life time and efficiency. Identical ground heat exchanger and amount of heat power lead to a higher loading of the ground heat source. In a discussion of old and new heat pumps, the consequences for an update are shown.

1. Abklärungen vor der Umrüstung auf eine effektivere Wärmepumpe

- Wie sehen die bisherigen Erfahrungen mit der Erdwärmesonde und der Wärmepumpe aus?
- War die Erdwärmehheizung monovalent oder wurde mit Gas, Öl, Holz an sehr kalten Tagen ergänzt?
- War die monovalente Heizleistung in Ordnung oder musste zugeheizt werden?
- Wurde mit der Wärmepumpe auch das Warmwasser erzeugt?

- Wurden Messungen an der Erdwärmesonde über mehrere Jahre vorgenommen?
- Gibt es Hinweise, dass die Erdwärmesonden zu knapp ausgelegt wurden?
- Scheint die bisherige Wärmepumpe richtig dimensioniert zu sein?
- Wie lange war die Laufzeit der Wärmepumpe an den kältesten Tagen der letzten Jahre?
- Wenn in den nächsten Jahren ein Ersatz der Wärmepumpe ansteht, sollten einige grundlegende und einfache Messungen der Soletemperatur und der Laufzeiten vorgenommen werden.

2. Wirkungsgrad

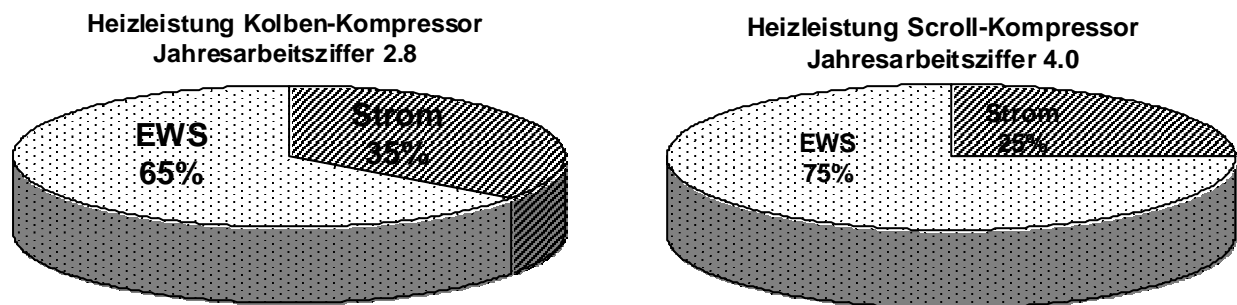
Grundsätzlich haben moderne Wärmepumpen mit Scroll-Kompressoren bessere Wirkungsgrade als die alten Anlagen mit Kolbenkompressoren. Das klingt zuerst einmal gut und bedeutet, dass für die gleiche Wärmeleistung weniger Strom aus dem Netz bezogen werden muss, d.h. man spart Geld. Wenn aber die gleiche Wärmeleistung (die sich aus der Wärmeleistung der Erdwärmesonde und der Wärmepumpe zusammensetzt) erbracht werden muss, bedeutet das, dass die Differenz zusätzlich aus der Erdwärmesonde kommen muss. In der folgenden **Tabelle** sollen die Zusammenhänge am Beispiel eines Einfamilienhauses deutlich gemacht werden:

	alte Wärmepumpe	neue Wärmepumpe
Verdichter	Kolben-Kompressor	Scroll-Kompressor
Kältemittel	R22	R407C
Lebensdauer (geschätzt)	15-20 Jahre	20-25 Jahre
Servicevertrag	nein	nein
Warmwassererzeugung	nein	nein
Direkte Kühlung	ja	ja
Pufferspeicher	1500 l	nein
Heizungsbedarf (100%)	11 kW	11 kW
Jahresarbeitsziffer JAZ	2.8	4
Wärmeanteil (elektrisch)	$11/2.8 = 3.9 \text{ kW (35\%)}$	$11/4 = 2.8 \text{ kW (25\%)}$
Wärmeanteil (Sonde)	$11 - 3.9 = 7.1 \text{ kW (65\%)}$	$11 - 2.8 = 8.2 \text{ kW (75\%)}$
Sondenlänge (gesamt)	$2 \times (60\text{m} + 10\text{m}) = 140 \text{ m}$	$2 \times (60\text{m} + 10\text{m}) = 140 \text{ m}$
Sondenbelastung	$7100/140 = 51 \text{ W/m}$	$8200/140 = 59 \text{ W/m}$
Stromverbrauch, ca.	7000 kWh	4900 kWh (-30%)
Photovoltaik-Fläche, ca.	$7000/120 = 60 \text{ m}^2$	$4900/120 = 40 \text{ m}^2$

Hat man die Vorstellung, den für die Heizung verbrauchten Strom auch noch selbst auf dem eigenen Dach zu erzeugen, braucht es eine Photovoltaik-Anlage. Nach der Umrüstung auf eine effektive Wärmepumpe (JAZ 4.0) benötigt man dazu eine Solarfläche von

ca. 40m². Sollte sich nach Messungen eine höhere JAZ ergeben, produziert man mit der gewählten Fläche ggf. noch einen Teil des Haushaltstromes mit.

Die Änderung der Leistungsanteile Erdwärmesonde (EWS) bzw. Stromversorgung sieht man in den beiden Kuchendiagrammen:



3. Gesamtkonzeption

Bei der Planung ist zu entscheiden,

- ob der Ersatz des Kompressors oder der ganzen Wärmepumpenanlage durchzuführen ist
- ob ein (evt. vorhandener) Pufferspeicher wieder in die Anlage integriert werden soll
- ob das Warmwasser mit der Wärmepumpe zusätzlich erzeugt werden soll und
- ob die Direkte Kühlung der Liegenschaft integriert werden soll.

Moderne Wärmepumpen werden in der Regel als komplett in einem Gehäuse zusammengestellte und montierte Einheit mit Scroll-Kompressor geliefert. Das bedeutet, dass die beiden Ausgleichsgefäße und die Umwälzpumpen für den Sole- und Heizungskreislauf in einem Gehäuse montiert sind. Damit entfällt automatisch die Überlegung, ob diese (ja auch meist alten) Teile ebenfalls ausgetauscht werden sollten. Das Gehäuse ist gleichzeitig als Schallschutzhülle aufgebaut (ein Scroll-Kompressor sollte leiser sein als ein gleichstarker Kolbenkompressor).

Die günstigste Variante ist die Umrüstung der alten Wärmepumpe mit einem Scroll-Kompressor durch eine darauf spezialisierte Firma, die den alten Wärmepumpentyp (noch) gut kennt. Der Verdampfer muss mit erneuert werden, da sich das Kältemittel ändert. Das alte Kältemittel R22 ist aus Gründen des Ozonschutzes meist nur noch in alten Anlagen zulässig, muss aber bei Erneuerungen ausgetauscht werden. Jedes Land hat hierzu eigene Vorschriften erlassen.

Dies ist allerdings nur eine halbe Lösung, da hierbei folgende Komponenten unverändert bleiben:

- die alten Leitungen und Ventile
- die alte Elektrik und Steuerelektronik
- die alten Umwälzpumpen
- die alten Druckausgleichsbehälter

Was unverändert bleibt, sind in der Regel die Erdwärmesonden deren Lebensdauer auf >100 Jahre angesetzt werden kann und die damit generell eine Investition für mehrere Generationen darstellen.

4. Pufferspeicher

Bei den ersten Anlagen vor mehr als 20 Jahren fehlte es noch an Erfahrung zur Auslegung und Betrieb der erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen. Besonders bei monovalenten Anlagen wurden spezielle Massnahmen empfohlen, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten (sog. „Un-Sicherheitsfaktoren“ oder „Angst“-Zuschläge“) wie

- Erhöhung der Bohrtiefe um ca. 20% über der gerechneten Sondenlänge
- Verbesserung der Wärmeisolation (Wände und Fenster) gegenüber den Bauvorschriften um ca. 20% und Dreifachverglasung
- Einbau eines (Puffer-) Speichers von ca. 1500 l für ein Einfamilienhaus
- Einplanung von Sperrzeiten des Elektrizitätsversorgers (ca. 4h= 20%)

Alle Massnahmen erhöhen die sichere Versorgung mit genügend Wärme bei grösster Kälte (Auslegung gem. SIA auf -11°C). Speziell soll aus heutiger Sicht und 23 Jahren Betriebserfahrung und begleitenden Messungen und Kostenrechnungen auf die Argumente für oder gegen einen Pufferspeicher eingegangen werden.

1500 l Pufferspeicher für ein Einfamilienhaus:

+++ positiv +++	--- negativ ---
Wärmespeicher ca. 1h/500 l	Kosten und Platzbedarf
Niedertarifnutzung (Geld sparen)	Zusätzliche Umwälzpumpe zwischen WP und Speicher
Aufladung gem. Aussentemperatur	Mischventil
Weniger Start/Stop-Zyklen der WP (Lebensdauer)	Höhere Ladetemperatur= reduz. Leistungszahl der WP
Ablagerung aller Verschmutzungen vom	Niedrigere Jahresarbeitsziffer

Heizungskreislauf	
Mischgefäss für Kühlung = Verhindern von Taupunktunterschreitungen	Grösseres Druckausgleichsgefäss

5. Optimierungen

5.1 Optimierungen bei der Umrüstung

- **Effektivität und Perfektion**

Die Entwicklung der Wärmepumpen hat in den letzten 20 Jahren deutliche Fortschritte gemacht. Die Anlagen werden als fertig montierte Kompakteinheiten geliefert. Die wieder stark angestiegenen Stückzahlen führen zu einer Optimierung der Fertigung. Die grössere Nachfrage erhöht die Konkurrenzsituation wieder (mehr Anbieter). Der Scroll-Kompressor hat die Effektivität der Wärmepumpe um etwa 30% verbessert.

- **Leistung der Wärmepumpe**

Ist die Leistung der alten Anlage durch Messungen über Jahre belegt, kann die neue Wärmepumpe optimal auf die Situation angepasst werden. Ein Pufferspeicher (der eigentlich nur Geld kostet) kann ggf. dazu dienen, Sperrzeiten des Netzbetreibers an extremen Kältetagen zu überbrücken.

- **Komfort**

Die Direkte Kühlung ist ein ausserordentliche Komfort-Verbesserung und hilft beim Regenerieren der Erdwärmesonden. Sehr gut isolierte Gebäude haben Mühe die durch die Fensterflächen eingestrahlte Wärme im Sommer wieder loszuwerden.

5.2 Optimierungen im Betrieb

- **Laufzeiten**

Bei grösster Kälte sollte die Laufzeit der Wärmepumpe (mit wenig Reserve) maximal werden, dann ist die Leistung der Wärmepumpe richtig gewählt. Überdimensionierte Heizungsanlagen haben einen schlechteren Wirkungsgrad, entziehen der Erdwärmesonde kurzzeitig zu viel Wärme und erhöhen die Anzahl der Starts der Wärmepumpe (mehr als 3 Starts pro Stunde sollte eine Wärmepumpe nicht haben). Eine Wochenzeitschaltuhr hilft Niedertarifzeiten intensiver zu nutzen, so dass über die Heizsaison nur ca. 25% der Laufzeiten durch den Hochtarif belastet sind.

- **Pufferspeicher** (s.a. Kap. 4.)

Bei unserer alten Anlage ergab sich ein rechnerischer Gewinn von nur etwa € 40.- pro Jahr durch den (rel. grossen) Speicher von 1500 Liter. Dies deckt auf keinen Fall die Amortisation der Anschaffungskosten und des Platzbedarfs. Im Falle einer Undichtigkeit wäre der Pufferspeicher bereits vor der neuen Wärmepumpe ausser Be-

trieb genommen worden. Nun wird er (auch auf Empfehlung des Wärmepumpenlieferanten) nicht mehr integriert. Ggf. könnte der Speicher noch im Rahmen der solaren Sonnenenergienutzung verwendet werden (eine Eignung wäre zu überprüfen, da er nicht für Temperaturen über 50°C konzipiert ist).

- **Direkte Kühlung (free cooling)**

Die Direkte Kühlung mit Erdwärmesonden (nur mit Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Anlagen machbar) ist eine sehr angenehme Reduzierung der Raumtemperaturen im Hochsommer und keine Klimaanlage. Der Stromverbrauch beschränkt sich auf den Betrieb der Umwälzpumpen und kostete bei uns ca. € 40.-/Jahr. Knapp dimensionierte Erdwärmesonden können bei der Umstellung auf höhereffiziente Wärmepumpen besser regeneriert werden. Eine gute Regelung sollte verhindern, dass die Anlage in den Übergangszeiten bei einzelnen kühlen oder heißen Tagen von Kühlung auf Heizung und zurück hin- und herpendelt.

- **Gebäudenachisolierungen, -abdichtungen**

Bei alten Gebäuden ist vor der Umrüstung auf eine neue Wärmepumpe die Gebäudeisolation und –dichtheit zu überprüfen, um eine hohe Belastung der Erdwärmesonde und eine Überdimensionierung der Wärmepumpe zu vermeiden. Eine Energieberatung kann nützlich sein, um kritische Stellen zu identifizieren und sinnvolle Massnahmen zu treffen. Selbst gut isolierte Gebäude verlieren über die Jahre an Dichtheit an kritischen Konstruktionselementen, Fenstern und Türen. Über undichte Stellen entweichen Zig-Kubikmeter warme Luft pro Stunde. Hier lässt sich mit wenig Aufwand viel erreichen.

6. Vergleich der Installationen 1985 bzw. 2008

Eine Wärmepumpe von 2008 ist nicht mehr so wie eine von 1985.

Wärmepumpe	1985	2008
Anlage	Einzelemente, einfach	Komplettlösung, perfekt
Kompressor	Kolben-Kompressor	Scroll-Kompressor
Kältemittel	R22 (stark ozonschädlich)	R407C
Verrohrung	Eisen+Messing, nicht isoliert	rostfreier Stahl+Messing, isoliert
Schläuche	nicht isoliert	isoliert
Puffer-Speicher	1500 l	nein
Umwälzpumpe Sole	260 W (effektiv 200 W)	UPS 25-80 130/170/ 180 W
Umwälzpumpe Speicher	30/50/ 65 W (eingest.65W)	nein
Umwälzpumpe Heizung	80/ 110 /125 W (eingest. 110 W)	UPS 25-60 45/65/ 90 W
Direkte Kühlung (free cooling)	Eigenbau 1996	integriert
Regelung Direkte Kühlung	Eigenbau (Thermostat)	integriert
Zeitschaltuhr	Nachrüstung	integriert
Spülung der Heizkreisläufe	nein (Baujahr 1985)	ja
Überprüfung der Sole	nein (1985= 25% Äthylen-Glykol)	ja
Mischventil	ja	nein
Kosten	100%	ca. 200%

7. Messungen

Mit wenig Aufwand können an jeder Anlage vom Besitzer oder Mieter einige Messungen zur Beurteilung des Zustandes und der Effektivität vorgenommen werden. Dazu gehören das Ablesen des (meist vorhandenen) separaten Stromzählers sowie der Laufzeiten der Wärmepumpe und der Umwälzpumpen. Lässt man die Soleumwälzpumpe (bei gesperrter Wärmepumpe) ca. 1h zirkulieren, erhält man eine an der Wärmepumpe ablesbare Soletemperatur, die sehr gut beschreibt, was „da unten“ an Temperaturänderungen so passiert.

Unsere Anlage wurde von 1991 bis 1993 mit geeichten Wärmemengenzählern im Sole- und Heizungskreislauf ausgestattet. Zusammen mit dem Stromverbrauch (inklusive Umwälzpumpen und Steuerung) ergaben sich die Jahresarbeitsziffern (JAZ) von 2.53 und 2.71. Die in Katalogen angegebenen Werte sind meist auf dem Prüfstand unter optimalen Bedingungen gemessene Leistungszahlen (COP), Herstellerangabe B0/W35=

4.5. Mit etwas mehr Aufwand kann man am Verteiler der Erdwärmesonden alle Zu- und Rücklaufrohre mit Thermoelementen bestücken und so die homogene Temperaturverteilung auf alle Erdsondenkreise (bei uns 4) überprüfen, s. frühere Vorträge und Veröffentlichungen.

Bei der neuen Wärmepumpe ist im Heizungskreislauf auf Wunsch zusätzlich ein Wärmemengenzähler eingebaut. Mit dem Stromzähler kann damit die Jahresarbeitsziffer für jede Heizsaison leicht ermittelt werden. Die Messungen an den Rohren der EWS werden wiederholt. Erste Vergleichsmessungen zur alten Wärmepumpe werden in der Heizsaison 08/09 vorgenommen.

8. Kostenrechnungen

Die Öl- und Gaspreise sind in den letzten 5 Jahren etwa um den Faktor 3 angestiegen. Früher war die Rechtfertigung für eine Heizung mit Erdwärme eher die Ökologie, heute auch die Ökonomie. Die Lebensdauer der Erdwärmesonde ist praktisch ein Menschenleben, die der Wärmepumpe ca. 20 Jahre.

Die Bohrkosten für die Erdwärmesonden sind in den letzten 20 Jahren praktisch gleich geblieben. Die Bohrgeräte sind deutlich effektiver geworden und wurden teilautomatisiert. Eine 100m tiefe Bohrung lässt sich in den meisten Bodenschichten in einem Tag niederbringen. Zertifizierte Bohrfirmen mit Gütesiegel offerieren in der Regel Fixpreise. Die Zahl der Bohrgeräte nimmt rasch zu. Die Wärmepumpen wurden perfektioniert (s. Tabelle oben), werden in grossen Stückzahlen gefertigt und sind deutlich teurer als vor 20 Jahren.

Die Amortisation der Zusatzkosten gegenüber einer Ölheizung beträgt bei den momentanen Preisen nur wenige Jahre. Der Stromverbrauch wird mit den neuen Wärmepumpen deutlich reduziert. Die Direkte Kühlung ist fast kostenlos und hilft die Regenerierung der EWS zu beschleunigen.

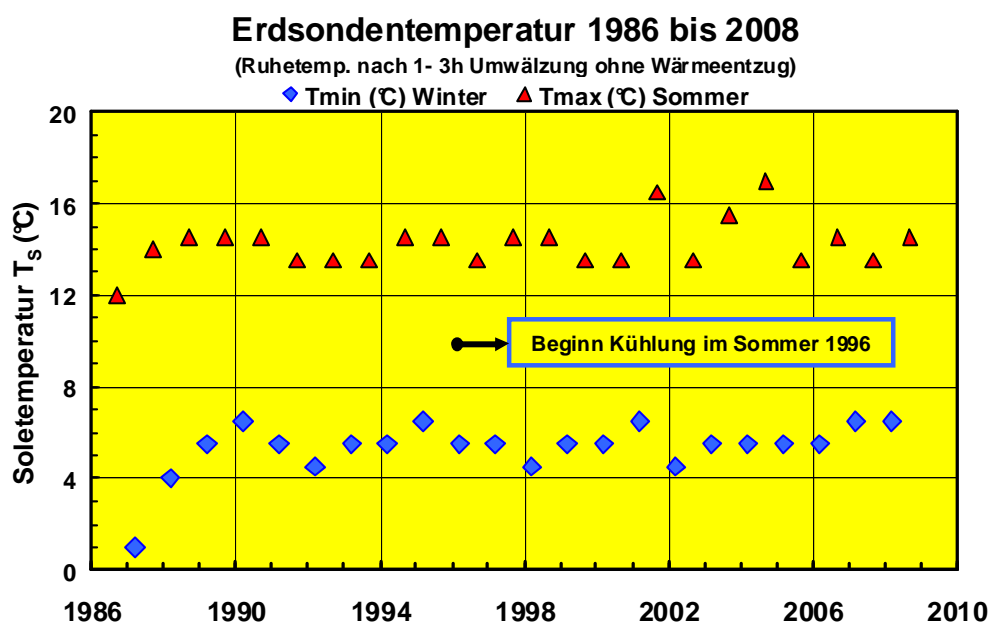
Niedertarifzeiten vom Elektrizitätsversorgungsunternehmen machen die Wärmepumpenheizung in den Übergangszeiten im Frühjahr und Herbst sehr günstig.

Unterhaltskosten gibt es praktisch keine. Serviceverträge sind bei Kleinanlagen nicht notwendig.

Es gibt inzwischen Zig-Tausend Referenzanlagen in der Schweiz und Deutschland. Als Auslegungshilfen existieren PC-gestützte Programme.

9. Empfehlungen für neue Anlagen mit Erdwärmesonden

Noch sind die Wirkungsgrade der Wärmepumpen nicht ausgereizt. Weitere Ideen, Konzepte und Optimierungen sind in der Planung bzw. Erprobung. Sollte der Wirkungsgrad noch weitersteigen, wird die Erdwärmesonde noch höher beansprucht. Deshalb sollte man beim Bohren grosszügig einige Meter tiefer bohren als gerechnet. Die Erdwärmesonde ist eine Investition in die Zukunft und wird mehreren Generationen dienen. Ist eine Erdwärmesonde richtig ausgelegt, wird die bleibende Temperaturabsenkung nur wenige Grad betragen, da der Wärmefluss zur Sonde mit zunehmender Abkühlung entsprechend zunimmt. Die verbreitete Meinung, dass sich die Ergiebigkeit einer Erdwärmesonde im Laufe der Jahre erschöpft, ist falsch. Unsere Messungen, s. **Dia-gramm**, zeigen die Zuverlässigkeit der Wärmequelle über nun 23 Jahre:



Bei zu geringer Sondenlänge bzw. zu hoher Belastung kann das umgebende Erdreich und Wasser um die Sonde bei kalten Wintern vereisen und dehnt sich dabei aus. Beim Auftauen kann dann der Kontakt zum Erdreich verschlechtert werden, was die Wärmeentzugsleistung dauerhaft reduzieren kann.

10. Begleitende Massnahmen bei der Umrüstung auf eine effektivere Wärmepumpe

Man kann die höhere Belastung der Erdwärmesonde beim Ersatz der Wärmepumpe durch zusätzliche Massnahmen verhindern:

- Nachisolieren kritischer Wand-, Dach- oder Kellersegmente
- Ersetzen von alten Fenstern durch hochwertige Isolierverglasung
- Verbessern der Luftdichtigkeit des Gebäudes (Fenster, Türen, Durchführungen)

- Direkte Kühlung ist eine gute Möglichkeit die Regeneration der Erdsonde zu beschleunigen.
- Warmwassererzeugung mit sep. Luft-Wasser-Wärmepumpe oder Solarkollektor