

„Erdwärmesonden – Investitionen, Betrieboptimierungen und Kostenrechnung“

Dr.-Ing. Klaus F. Stärk Untersiggenthal/Schweiz

1. Zusammenfassung

Erdwärmesonden zur Heizung von Gebäuden in Niedertemperaturlösung mit Wärmepumpen haben sich in den letzten 20 Jahren stark verbreitet. In der Schweiz existieren davon bereits mehr als 30.000 Anlagen. Der ökologische Sinn ist unbestritten, der ökonomische Erfolg (insbesondere mit gestiegenen Ölpreisen und verbesserten Wärmepumpen) belegbar.

Die Erfahrungen mit der Heizung eines Einfamilienhauses über 21 Jahre sind durchweg positiv. Es wird auf Betriebserfahrungen, Betriebsoptimierungen, wirtschaftliche und technologische Trends in der oberflächennahen Geothermie, Heizung, Direkte Kühlung und besonders Kostenrechnung eingegangen.

Messungen belegen die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit des Heizungs- und Kühlsystems. Die Zuverlässigkeit und die Erhöhung des Wohnkomforts wurden wieder speziell im Jahrhundertsommer 2003 und im Winter 2005/06 bewiesen:

- Rechnerische und bestätigte Heizleistung im Winter ca. 11kW
- Geschätzte und ausreichende Kühlleistung im Sommer ca. 5kW

2. Einfamilienhaus

Das freistehende Einfamilienhaus in Hanglage (geplant und gebaut 1985-86) hat ca. 150m² beheizte Wohnfläche und ca. 1000 m³ umbauten Raum. Es wurde ausführlich in den Veröffentlichungen [1] - [12] beschrieben. 100mm Aussenisolation und generelle Dreischeibenverglasung lagen beim Bau des Hauses über dem üblichen Isolationsstandard. Wichtige Bedingungen waren bereits 1986 gegeben, andere wurden später ergänzt:

- Voraussetzungen für funktionierende Erdwärmesonden mit Wärmepumpe
- Kenntnisse der Möglichkeiten und Auslegungsgrenzen von Erdwärmesonden
- Erweiterung des Erdsondenkreislaufes mit einem Plattenwärmetauscher (1996)
- Doppelnutzung eines Raumthermostaten zur Ansteuerung des Mischventils (1996)
- Sichere Vermeidung von Kondensationsproblemen bei sog. Direkter Kühlung
- Investitions- und Betriebskostenrechnung
- Die Konsequenzen für Grundstück und Bau sollten direkt in die Planung mit einfließen, s. Aufzählung

Konsequenzen für Grundstück und Bau:
==> <i>kein Oeltank</i>
==> <i>kein Tankraum</i>
==> <i>kein Kamin</i>
==> <i>kein Gasanschluss</i>
==> <i>kein Fernheizungsanschluss</i>
==> <i>keine Zufahrt für Tanklastzug</i>

3. Heizung

Als alternatives umweltfreundliches Heizsystem bot sich die Erdwärmesonde mit Elektrowärmepumpe an. Es gibt inzwischen weltweit eine Menge Literatur über Erdwärmesonden, die in den letzten Jahren Dank den hohen Öl- und Gaspreisen einen Boom erleben.

Bei einem Wärmebedarf von ca. 11kW (nach SIA V380/1 für -11°C) ergaben sich eine Wärmepumpe mit ca. 4kW Antriebsleistung und zwei Erdwärmesonden mit je 60m Tiefe (Details können in den Veröffentlichungen nachgelesen werden).

Durch "Ansteckung" hat sich die Erdwärmesondenanlage in der näheren Umgebung des Hauses inzwischen „vermehrt“, obwohl bei steigenden Strom- und bis 2000 niedrigen Ölpreisen die Amortisationsdauer früher mit ca. 15-20 Jahren angesetzt werden musste. Bei den heutigen Ölpreisen amortisieren sich die Mehrkosten für eine Erdwärmesondenanlage in wenigen Jahren.

Die Richtigkeit der Auslegung und der Randbedingungen wurde durch Messungen voll bestätigt. Über nunmehr 21 Winter gab es keine Probleme. Kleine Reparaturen an der

Anlage wurden schnell und kostenlos behoben. Eine Zusatzheizung (Schwedenofen im Wohnzimmer) war nie erforderlich.

Da die (sehr leise) Wärmepumpe einen "Bordcomputer" enthält, ist es sehr einfach, die Tages- und Jahreslaufzeiten und die Momentanwerte der Aussen-, Sole- und Heizungskreislauftemperaturen zu ermitteln. Der separate Stromzähler ergibt den Verbrauch von Wärme- und Umwälzpumpen. Über zwei Jahre wurden zusätzlich mit integrierenden Wärmemengenzählern (Durchflussmessern mit Temperaturdifferenzbewertung) die Wärmemengen im Sonden- und Heizungskreislauf gemessen. Die Auswertungen ermöglichten es, die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Heizungsanlage zu ermitteln. Für die Wärmepumpe alter Technologie mit Kolbenkompressor (Baujahr 1985) ergaben sich JAZ von 2.5 bis 2.7, d.h. 38% der Heizung trägt der elektrische Antrieb der Wärmepumpe bei. Bei modernen Wärmepumpen kann man mit einer JAZ von > 3.4 rechnen ($< 30\%$ der Heizleistung stammt von der Antriebsleistung der Wärmepumpe). Leistungsfähigere Wärmepumpen mit Scroll-Kompressoren erfordern (prozentual) mehr Erdsondenlänge, da ein kleinerer Anteil der Heizenergie aus der elektrischen Antriebsleistung der Wärmepumpe stammt. Bei kleinen Heizungsanlagen für Niedrigenergiehäuser wird der Anteil der elektrischen Leistung für die Umwälzpumpen (prozentual) ebenfalls grösser (grosse Fussbodenregister und ggf. grösserer Erdwärmesondentiefe).

4. Erfahrungen

Die Anlage ist leicht zu handhaben und erfordert kein Spezialwissen. Ein Wartungsvertrag wurde nicht abgeschlossen und ist in der Regel bei Einfamilienhäusern auch nicht notwendig. Die aufgetretenen Störungen hatten nichts mit der Erdwärmesonde zu tun. Ein Fehler an der Wärmepumpensteuerung trat im ersten Betriebsjahr auf und war eine Garantieleistung. Ein elektrischer Wackelkontakt, ein durchgerostetes Stahlrohr, eine defekte Zeitschaltuhr und ein undichtes Druckausgleichsgefäss waren die einzigen „Schäden“ in 20 Jahren.

Wichtig beim Vergleich z.B. mit einer Öl- oder Gasheizung ist ausser dem Umweltargument der notwendige Aufwand beim Bau und beim Service. Einige Vergleichspunkte sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellt:

Vergleich	Ölheizung	WP + Erdsonde
Oeltank/Tankraum	ja	nein
Tankwanne/Brandschutztür	ja	nein
Tankrevision/-service	ja	nein
Oeleinkauf/Preisvergleich	ja	nein
Kapitalbindung/Vorauszahlung	ja	nein
Abgaswartung	ja	nein
Service Brenner bzw. WP	ja	ja/nein
Pufferspeicher	nein	ja/nein
Fussbodenheizung	ja/nein	ja
Kamin/Deckendurchbrüche	ja	nein
Schornsteinfeger	ja	nein
Abgase/Abwärme	ja	nein
Feinstaub/CO ₂ -Abgabe	ja	nein
Grundwassergefährdung	ja	nein
Bewilligungspflicht	nein	ja (Bohrung)
Gebäudeversicherung	ja	ja (reduz.)

Tabelle 1: Vergleichsargumente zur Wahl zwischen Ölheizung bzw. Wärmepumpe mit Erdwärmesonde(n)

Bei rechtzeitiger Planung und Zuzug von Fachbetrieben für die Erdsondenbohrung sowie Fussbodenheizung ist die Investition einer Anlage mit Erdwärmesonden kaum teurer als die einer Ölheizung (s. Argumente in der Tabelle). Der Einbau einer Wochenschaltuhr ermöglicht die bevorzugte Nutzung der Niedertarifzeiten.

5. Betriebsoptimierungen

Bei einer Öl- bzw. Gasheizung ist es egal, wann die Heizung läuft. Bei Elektrowärmepumpen kann man viel Geld sparen, wenn es über den Tag und die Woche Hoch- bzw. Niedertarifzeiten gibt. Die Kosten für die Kilowattstunde unterscheiden sich meist be-

trächtlich (ca. Faktor 2). Mit einer einfachen Wochenschaltuhr (die in modernen Wärmepumpen meist integriert ist), kann man je nach Wärmebedarf die Energiekosten optimieren.

Läuft die Wärmepumpe in der Übergangszeit nur in der Niedertarifzeit und im Winter nur z.T. in Hochtarifzeiten, ist im Mittel ein Betrieb mit einem Niedertarifanteil von 75% bis 80% erreichbar, s. Tabelle 2:

Heizen in normalem Winter

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
0 ⁰⁰ - 0 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
1 ⁰⁰ - 1 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
2 ⁰⁰ - 2 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
3 ⁰⁰ - 3 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
4 ⁰⁰ - 4 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
5 ⁰⁰ - 5 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
6 ⁰⁰ - 6 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
7 ⁰⁰ - 7 ⁵⁹							X
8 ⁰⁰ - 8 ⁵⁹							X
9 ⁰⁰ - 9 ⁵⁹	X	X	X	X	X		X
10 ⁰⁰ - 10 ⁵⁹	X	X	X	X	X		X
11 ⁰⁰ - 11 ⁵⁹							
12 ⁰⁰ - 12 ⁵⁹							
13 ⁰⁰ - 13 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
14 ⁰⁰ - 14 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
15 ⁰⁰ - 15 ⁵⁹						X	X
16 ⁰⁰ - 16 ⁵⁹						X	X
17 ⁰⁰ - 17 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
18 ⁰⁰ - 18 ⁵⁹							
19 ⁰⁰ - 19 ⁵⁹							
20 ⁰⁰ - 20 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
21 ⁰⁰ - 21 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
22 ⁰⁰ - 22 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X
23 ⁰⁰ - 23 ⁵⁹	X	X	X	X	X	X	X

X WP-Betriebszeiten normaler Winter

NT= 9Rp/kWh

HT= 18Rp/kWh

EW-Sperrzeit

Tabelle 2: Optimierung der Wärmepumpenlaufzeit

Besitzt die Anlage einen Pufferspeicher mit einer Kapazität von einigen Heizstunden können die Niedertariflaufzeiten weiter erhöht werden. In der Kostenoptimierung sind die Speicherkosten, eine zusätzliche Umwälzpumpe mit Mischventil und der Platzbedarf mit einzurechnen. Die Grösse des Pufferspeichers ist so auszulegen, dass einige Stunden Heizleistung kompensiert werden können. Ein Pufferspeicher von 1500 Liter kann bei einer 10kW liefernden Wärmepumpe eine Hochtariflaufzeit von etwa 3 Stunden überbrücken.

Im Sommer 96 wurde zusätzlich ein Plattenwärmetauscher zwischen Sole- und Heizungskreislauf eingebaut, so dass eine Kühlleistung von ca. 5 kW für das Erdgeschoss an heissen Tagen zur Verfügung steht. Unter Umgehung der Wärmepumpe („Direkte Kühlung“) werden nur die Umwälzpumpen benutzt, um den Pufferspeicher auf ca. 13°C bis 15°C abzukühlen. Die Wärme aus dem Fussboden geht über den Pufferspeicher und den Plattenwärmetauscher via Erdsondenrohre in den Untergrund. Es muss durch gute Steuerung darauf geachtet werden, dass an kritischen Stellen im Haus keine Feuchtigkeitskondensation auftritt, die zu Bauschäden und Schimmelpilzbefall führen kann.

6. Betriebskosten Heizen und Direkte Kühlung

Wird die Kühloption mit einem Plattenwärmetauscher mit vorgeplant und bei der Heizungsanlage direkt mitintegriert, kostet sie weniger als ca. € 1000.-.

Im Unterhalt und Service ist die monovalente Erdwärmesondenanlage wesentlich günstiger als eine Ölheizung. Die jährlichen Betriebskosten liegen etwa gleich hoch wie eine Ölheizung eines vergleichbaren Einfamilienhauses bei einem Ölpreis von ca. 0.36 sFr./l bzw. 24 Cent/l. Bei einem Verbrauch von ca. 6000 bis 7000 kWh und einer Niedertarifnutzung von ca. 75% betragen die Heizkosten (ohne Warmwasser) etwa € 500.- bis € 600.-/Jahr.

Die Option der Kühlung mithilfe von Erd-„Kühl“-Sonden im Sommer schliesst eine Öl- oder Gasheizung selbstverständlich aus. Die Kühlung ohne Wärmepumpe ist äusserst wirtschaftlich (da nur die Umwälzpumpenkosten anfallen) und wird als „direkte“ Kühlung bezeichnet. Die Kühlkosten einer Sommersaison belaufen sich lediglich auf die Stromkosten der Umwälzpumpen (ca. € 30.- bis € 50.-).

7. Kostenvergleiche mit anderen Heizsystemen

Faire Kostenvergleiche mit anderen Heizsystemen sind selten. Der Vergleich von Heizsystemen beruht immer auf den momentan beim Autor verfügbaren und belastbaren Daten. Meist sind sie stark gefärbt durch regionale Unterschiede und den Urheber, da wirtschaftliche und politische Aspekte eine grosse Rolle spielen. Jeder sog. Statistik ist

zu misstrauen und mit eigenem Zahlenmaterial zu prüfen. Wenn Umweltschutz und Überzeugungen dazukommen, tritt ein evt. zahlenmässiger Nachteil in den Hintergrund. Durch den gewaltigen Anstieg der Gas- und Ölpreise hat die Erdwärmenutzung erst jetzt an Attraktivität gewonnen. Die CO₂- und Feinstaubproblematik fördert die Erdwärme ebenfalls, wobei generell zu beachten ist, dass die Stromerzeugung für die Wärmepumpe ihren Beitrag an die Umweltbelastung liefert.

Meist kommt bei Kostenvergleichen die Heizung mit Erdwärmesonden und Wärmepumpe immer noch schlecht weg. Dies wird sofort anders, wenn man einrechnet:

- Eine Erdwärmesondenanlage besteht grob zur Hälfte aus den Erdsonden sowie der Wärmepumpe mit Umwälzpumpen und Installation.
- Die Erdsonden werden auch für die Kinder und Enkelkinder gebohrt. Sie sind bei richtiger Hinterfüllung nur Temperaturen von ca. 0°C bis 14°C ausgesetzt und können mit einer Lebensdauer >50 Jahren angesetzt werden!
- Wärmepumpen haben eine Lebensdauer von ca. 20 Jahren (unsere Wärmepumpe läuft seit 1985 mit einer jährlichen Betriebsdauer von ca. 1600 bis 1800 Stunden). Für die neue Generation Wärmepumpen mit Scroll-Kompressor werden nach Prüfstandversuchen von den Lieferanten bei 2000 Betriebsstunden pro Jahr ca. 20 Jahre mittlere Lebensdauer erwartet.
- 50% der Kosten sind also mit 50 Jahren, die andere Hälfte mit ca. 20 Jahren in der Amortisationsrechnung anzusetzen.
- Eine "Sanierung" bedeutet bei einer Wärmepumpenheizung mit Erdsonden lediglich den Ersatz der Wärmepumpe etc., also nur max. der Hälfte der Investition.
- Eine moderne Wärmepumpe mit Scroll-Kompressor hat in Kombination mit einer Erdsonde eine Jahresarbeitszahl von ca. 3.4 bis 4, d.h. nur noch 30% bis 25% der Heizleistung müssen durch den Antriebsstrom der Wärmepumpe und Umwälzpumpen erzeugt werden.
- Dort wo es möglich ist, lässt sich die Wärmepumpe mit einer simplen Zeitschaltuhr vorwiegend bei ca. 50% der Stromkosten im Niedertarif betreiben (unsere Anlage hat über das Jahr ca. 75 bis 80% NT-Laufzeiten, was die Kostenrechnung weiter verbessert).

- Eine Wärmepumpe mit einem hermetisch isolierten Kompressor ist entweder dicht oder kaputt. Ein Service erübrigt sich.
- Eine Heizung mit Erdwärmesonden ist der einzige Anlagentyp, mit dem sich im Sommer ein Haus fast zum Nulltarif kühlen lässt!
- Eine Erdwärmesondenheizung braucht sehr wenig Platz (Bohrungen unter einem Neubau, unter neu anzulegenden Strassen sowie auf Parkplätzen) und praktisch keinen Service. Mit einer guten Steuerung kann man die jährlich zweimalige Betätigung des Ein-Aus-Schalters oder die Umschaltung auf die direkte Kühlung auch noch sparen.
- Die Wärmeleitung im Erdreich ist unabhängig von der Marktwirtschaft.

Heizungssystem	Öl	Öl	Erdgas	Wärme-	Wärme-	Erd-
	Stahl-	Guss-	Brenn-	pumpe	pumpe	wärme-
	Heiz-	Heiz-	wert-	Luft-	Sole-	sonde
	kessel	kessel	kessel	Wasser	Wasser	EWS
Anschaffungskosten (ohne Wärmeverteilung)						
Neubau (inkl. Lagerraum, Kamin)	11333	12667	10667	14667	9333	9333
Sanierung	8667	10000	8667	14667	9333	0
Kapitalkosten	949	727	894	986	627	363
Durchschnittliche Lebenserwartung	15	25	15	20	20	
Lebenserwartung Erdwärmesonde >						50
Amortisation (bei 3% Zinsen)	949	727	894	986	627	363
Betrieb und Unterhalt / Jahr	313	313	323	0	0	0
Kaminfeger 1)	80	80	40	0	0	0
Tankreinigung 2)	67	67	0	0	0	0
Service 3)	167	167	150	0	0	0
Grundtaxen 4)	0	0	133	0	0	0
Energiekosten für 25.000kWh (thermisch)	25000	1643	1643	1233	833	631
Rohstoffpreis (pro Energie-Einheit)	60.9	60.9	0.47	0.09	0.09	0.00
Heizwert Öl (kWh/l, $\eta=0.98$)	10.3	1479	1479			
Heizwert Gas (kWh/m ³ , $\eta=1.00$)	10.1		1172			
Wirkungsgrad Luft/Wasser WP _{scroll}	2.60			833		
Wirkungsgrad Sole/Wasser WP _{scroll}	3.44				631	
Totale Kosten pro Jahr	€ (Euro)	2906	2684	2451	1819	1258
				Summe WP+EWS (€):		1621

Tabelle 3: Kostenvergleich fossile Brennstoffe und
Luft-Wasser- bzw. Sole-Wasser-Wärmepumpe

Fazit: „Physik und “freie Marktwirtschaft“

Rechnet man eine Erdwärmesondenheizung seriös, gehen die Gesamtkosten aus Energieaufwand, Betrieb und Amortisation (heute) deutlich unter die anderer Heizsysteme und sind mit ca. € 1200,-pro Jahr weitaus niedriger als alle anderen aufgelisteten Alternativen, s. Tabelle 3. Bei Ölpreisen ab ca. 34 Cent/Liter ist die Erdwärmennutzung trotz höherer Investition günstiger als eine Ölheizung. Betrachtet man nur die Energiekosten (Stromrechnung bzw. Öl), braucht es (definitiv vergangene) Ölpreise von 24 Cent/Liter, um ein Einfamilienhaus mit ca. € 600.-/Jahr heizen zu können.

Mit Gütesiegeln, Auslegungshilfen und Fixpreisen für den Meter Erdwärmesonde haben die Bohrfirmen für Sicherheit für die Erdwärmeinteressenten gesorgt. Es ist Aufgabe der Politik für Rechtssicherheit und klare Richtlinien für die Bewilligung von Erdwärmesondenbohrungen zu sorgen, wie das in einigen Bundesländern bereits vorhanden bzw. im Gange ist. Hinweise und Adressen sind im Internet zu finden.

8. Zusammenfassung, Folgerungen und Ausblick

- Die Erdwärmesondenanlage ist zuverlässig und richtig ausgelegt.
- Die Heizung mit Erdwärmesonden ist wirtschaftlich vertretbar.
- Die Direkte Kühlung funktioniert gut und ist äusserst wirtschaftlich.
- Das System ist einfach und ökologisch sinnvoll.
- Neue Generationen von Wärmepumpen haben deutlich höhere Jahresarbeitszahlen.
- Die Bohr- und Heizungstechnik ist vorhanden.
- Für den Hausbesitzer besteht kein Entwicklungsrisiko (mehr).
- Die Möglichkeit zur automatischen Regelung der Kühlung durch handelsübliche kombinierte elektronische Feuchte- und Temperaturregler ist gegeben (Klimatisierung).
- Die Kombination eines Sonnenkollektors mit der Heizung und Warmwassergewinnung über einen vorhandenen Pufferspeicher (1500 l) bzw. Boiler (400 l) ist möglich.
- Die Tendenz geht in Richtung Wasser-Wasser-Wärmepumpen und Erdwärmesonden mit reiner Wasserfüllung (keine Sole aus Wasser mit 25%-Glykolanteil).
- Auf einen Pufferspeicher kann bei gut isolierten Häusern mit sehr trägem Temperaturverhalten verzichtet werden. Ein etwas dicker ausgeführter Fussbodenaufbau bringt zusätzliche Speicherkapazität.

- Alle Leitungen und Armaturen sollten aus rostfreien Stählen und/oder Messing gefertigt sein.
- Mit moderner Bohrtechnik lässt sich eine Erdwärmesonde von 120m Tiefe günstiger herstellen als 2 Sonden á 60m.
- Entlüftungsschacht und Zuleitungen lassen sich bei Neubauten vermeiden, wenn die Erdsonde unter dem Haus gebohrt wird.

9. Eigene Veröffentlichungen

- [1] Stärk, K.F.: Erfahrungen mit einer monovalenten Erdsonden-Heizung. HeizungKlima, Nr.5, 1988, S. 34-36
- [2] Stärk, K.F.: Monovalente Heizung mit Erdsonden. IBK-Bericht 118 Das „Niedrigenergiehaus“ – heute und morgen, 1990, S. 4/1-4/10
- [3] Stärk, K.F.: Wärme aus der Erde, Monovalente Heizung mit Erdsonden. Sonnenenergie, Zeitschrift für regenerative Energiequellen und Energieeinsparung, Heft 5/91, 1991, S. 5-7
- [4] Stärk, K.F.: Erdwärmenutzung für Niedrigenergiehäuser: einfach, preiswert, umweltfreundlich. Ein Erfahrungsbericht über sechs Jahre Nutzungszeit. IBK-Bericht 157 Der neue Wärmeschutz. Niedrigenergiehäuser in der Praxis, 1992, S. 8/1-8/8
- [5] Stärk, K.F.: Erdwärme für Niedrigenergiehäuser. Ein Erfahrungsbericht über sechs Jahre Nutzungszeit. ENERGIE, Jahrg. 45, Nr. 4, April 1993, S. 45-49
- [6] Stärk, K.F.: 7 Jahre Erdwärmenutzung – einfach, preiswert, umweltfreundlich. IBK-Bericht 168 Niedrigenergiehaus – Praxis heute und morgen, 1993, S. 10/1-10/9
- [7] Stärk, K.F.: 8 Jahre Erdwärmenutzung mit begleitenden Messungen. Informationszentrum Wärmepumpen+Kältetechnik, IZW-Bericht 1/94 2. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen, Dez. 1994, ISSN 0940-3442
- [8] Stärk, K.F.: Erdwärmesonden für Niedrigenergiehäuser; Auslegung, Empfehlungen und Grenzen – Beispiele und mehrjährige Messungen. IBK-Bericht 212 Zukunftweisende Niedrigenergiebauweisen, 1996, S. 8/1-8/9
- [9] Stärk, K.F.: Heizen mit Erdwärmesonden. Ein Beispiel. das bauzentrum, 3/97 April, S. 212-215, Abdruck des Vortrages IBK-Bau-Fachtagung 212 18./19.9.1996

- [10] Stärk, K.F.: Erdwärme zum Heizen und Kühlen. Erfahrungen und langjährige Messungen. Wärmepumpe aktuell 3. Jahrg./Ausgabe 1, IZW, März 2001, S. III
- [11] Stärk, K.F.: Heizen und Kühlen mit Erdwärmesonden und Wärmepumpe für Niedrigenergiehäuser. Auslegung, Empfehlungen, Grenzen: Beispiele und 15-jährige Messungen. SEV/ASE Bulletin 24/2001, S. 18-21
- [12] Stärk, K.F.: Kühlen im Jahrhundertsommer 2003 mit Erd-„Wärme“-Sonden, Tagungsband, Erdgekoppelte Wärmepumpen – Technik und Betriebserfahrungen, S. 268-273 in:
Die neue Rolle der Geothermie mit 5. Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen, Tagungsband, 10.–12. November 2004, Landau Pfalz, Geothermische Vereinigung e.V., Offset Feege Meppen, ISDN 3-932570-51-0
- [13] Stärk, K.F.: Erdwärmesonden – Investitionen, Betriebsoptimierungen und Kostenrechnung. 9. Geothermische Fachtagung 2006, Mehr Energie von unten. S. 269-274. 15. – 17.11.2006, Karlsruhe. ISBN 3-932570-55-3.