

HADLEY, W.A. (1949): Operation Characteristics of Heat Pump Ground Coils. - Edison Electr. Inst. Bull., Dec. 1949, S. 457-461, New York

HARLOW, J.H. & KLAPPER, G.E. (1952): Residential Heat Pump Experiments in Philadelphia - Installation and Operating Experience. - AI EE Trans 71/II, S. 366-375, New York

HOOPER, F.C. (1952): An Experimental Residential Heat Pump. - Canadian Journal of Technology 30, S. 180-197, Ottawa

INGERSOLL, L.R. & PLASS, H.J. (1948): Theory of the ground pipe heat source for the heat pump. - Heating, Piping & Air Conditioning 20/7, S. 119-122, Chicago

KEMLER, E.N. (1946): Heat for the Heat Pump. - Heating, Piping & Air Conditioning, Dec. 1946, S. 84-86, Cleveland

KEMLER, E.N. (1947): Methods of Earth Heat Recovery for the Heat Pump. - Heating and Ventilating, Sept. 1947, S. 69-72, New York

KIDDER, A. & NEHER, J. (1952): Residential heat pump experiments in Philadelphia - Earth as a Heat Source. - AIEE Trans 71/II, S. 34 2-350, New York

ROHNER, E. (1991): Entwicklung und Stand der Erdsonden-Anlagen in der Schweiz. - Symp. Erdgekoppelte Wärmepumpen Rauschholzhausen, IZW-Berichte 3/91, S. 33-40, Karlsruhe

SANNER, B. (1992): Erdgekoppelte Wärmepumpen, Geschichte, Systeme, Auslegung, Installation. - 328 S., IZW-Berichte 2/92, Karlsruhe

WATERKOTTE, K. (1972): Erdreich-Wasser-Wärmepumpe für ein Einfamilienhaus. - ETA elektrowärme int. 30/A, S. 39-43, Essen

***Sollte eine(r) der Leser/innen der "Geothermischen Energie" noch frühere Anlagen kennen, würde der Verfasser sich über eine entsprechende Information freuen!*

*Dr. Burkhard Sanner, Institut für Angewandte Geowissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen

„Geothermal Heat Pumps“- Erdgekoppelte Wärmepumpen in den USA

Burkhard Sanner*

Ground Source Heat Pumps (GSHP) experience a rapidly increasing market in North America. The term "Geothermal Heat Pumps" now is widely used to show the advanced status of this technology. Most GSHP are for heating and cooling and thus offer superior economy. Large plants have been build in increasing numbers (table 1), most of them using small- to medium heat pumps on a common water loop connected with a borehole heat exchanger field or ground water wells. The largest plant, in Louisville, Kentucky, with 19 MW heating out put (4470 ton heat pumps), features 20 ground water wells; the largest plant with closed loop in Richard Stockton College (5.2 MW) is described in GtE 12. Schools are a very favourable application for GSHP, and the new Phillips 66 gas stations and convenience stores will be equipped with a "Fully Integrated Geothermal System".

In den USA haben erdgekoppelte Wärmepumpen in den letzten Jahren einen erheblichen Aufschwung erfahren. Der eigentlich korrekte Begriff "Ground Source Heat Pumps" wird dabei mehr und mehr durch die werbewirksamere Bezeichnung "Geothermal Heat Pumps" ersetzt. Gemeint ist nach wie vor das gleiche. In einem Land, in dem Raumkühlung auch für Wohngebäude nicht als Luxus angesehen wird und in vielen Landesteilen unverzichtbar ist, kann die erdgekoppelte Wärmepumpe ihre Vorteile voll ausspielen. Im Gegensatz zu europäischen Anlagen zur reinen Heizung sind solche Wärmepumpen bereits bei heutigen Energiepreisen wirtschaftlich interessant; und da sie im Kühlbetrieb herkömmlichen Kälteaggregaten mit Wärmeabgabe an die Außenluft in der Energieeffizienz weit überlegen sind, ist selbst bei nicht sehr hohen Jahresarbeitszahlen die insgesamt erreichbare Emissionsminderung gegenüber konventioneller Technik beträchtlich.

Wegen dieser Vorteile werden Geothermal Heat Pumps in den USA durch die Bundesbehörden für Umwelt und für Energie unterstützt. Die Stromversorger unterstützen die Technik ebenfalls, da sie im durch Sommerspitzen (Kühlung) geprägten Strommarkt Entlastungen bei eben diesen Spitzen ermöglicht und im Winter einen äquivalenten Verbrauch hervorruft. Eine Studie des Electric Power Research Institute (EPRI) von 1993 ging von 2 Mio. Einheiten im Jahr 2000 aus, und das durch Bundesbehörden und Stromversorger gegründete Geothermal Heat Pump Consortium hat sich eine jährliche Anzahl von 140.000 Neuanlagen im Jahr 2000 zum Ziel gesetzt.

Neben einer großen Anzahl kleinerer, standardisierter Wärmepumpenanlagen für Wohnhäuser, mit Erdwärmesonden, Brunnen oder Rohren in Gräben, gibt es auch in steigender Anzahl sehr große Anlagen. Tab. 2 (Seite 6) führt einige wichtige Beispiele auf. Die größte Anlage überhaupt befindet sich in Louisville, Kentucky. Sie nutzt Grundwasser mit je 10 Produktions- und Injektionsbohrungen und beheizt und kühlt einen Komplex mit Büros, Appartments und Hotel von über 160.000 m² Fläche. Wie in den USA üblich, sind einzelne kleinere Wärmepumpen in großer Anzahl an eine zentrale Wasser-Ringleitung angeschlossen. In Louisville kommen so insgesamt 19 MW Heizleistung zusammen! Die größte Anlage mit Erdwärmesonden ist z.Zt. die in GtE 12 beschriebene Anlage des Richard Stockton College in New Jersey (Abb. 5). Auch hier sind 66 Wärmepumpen durch eine zentrale Ringleitung mit einem Erdsondenfeld

Name	Ort	Heiz/Kühlleistung (kW)	beheizte Fläche (m ²)	Anzahl Bohrg.	Länge Bohrg. (m)	Spez. Lstg. W/m
Erdwärmesonden:						
The Richard Stockton	College Pomona, NJ	5200/5200	33440	400	130	64
Whitehorse Village	Edgemont, PA	3800/3800	36000	236	ca. 160	65
Beaumont at Bryn Mawr	Bryn Mawr, PA	2900/2900	38800	170	ca. 160	69
Sagamore Hotel	Lake George, NY	2800/3500	42500	ca. 400	ca. 65	69
Park Chase Apartments	Tulsa, OK	1920/1920	ca. 26000	keine Angaben		
Barnegat Middle School	Barnegat, NJ	1400/1400	6800	107	ca. 160	53
Berlin Township Schools	West Berlin, NJ	970/970	Erdwärmesonden und Brunnen!			
Emergency Care Inst.	Plymouth Meeting, PA	880/880	9500	68	ca. 160	52
Corporate Sqare Bldg.	Terre Haute, IN	820/1500	6500	324	52	31
Waterworks Condominium	New Hope, PA	680/680	8200	40	ca. 160	68
Central Valley School	Buxton, ND	440/-	n.a.	120	64	37
Summersgate Life Care	Jenkintown, PA	310/310	2300	11	ca. 160	113
DA/PRO Rubber Inc.	Broken Arrow, OK	185/399	558	28	90	73
Reinraum (<10.000 part./cu.ft.) m. hohem Kühlbed.						
J. Lynmar Manuf. Co	Masontown, PA	150/185	3400	56	50	34
Mears Machine Co	Indianapolis, IN	144/144	2230	40	46	50
zusätzlich 95 kW mit 1042 m horizontalem Kollektor						
Grundwasser:						
Galt House East Hotel/Office	Louisville, KY	19000/15800	161600	20 Brunnen je 40 m tief		
Long Island Lighting Co.	Brentwood, NY	840	6000	2 Brunnen		
Freeland Office	Fort Wayne, IN	305/305	?	2 Brunnen mit 8,8 l/s		

Tab. 2: Anlagenbeispiele erdgekoppelter Wärmepumpen in den USA

verbunden und erbringen so insgesamt 5,2 MW Heizleistung.



Abb. 5: Richard Stockton College, C-Flügel (Naturwissenschaften); es sind sechs der insgesamt 66 auf dem Dach montierten Wärmepumpen zu sehen, die an ein zentrales Erdwärmesondenfeld angeschlossen sind. Deutlich ist auch zu erkennen, daß die Wärmepumpen nur etwa die Hälfte der ursprünglich für Airc conditioner genutzten Montagerahmen benötigen.

Recht populär in den USA (und auch in Kanada) ist die Verwendung erdgekoppelter Wärmepumpen für Schulbauten. In zwei direkt benachbarten Schulen in West Berlin, New Jersey, wurden bei einer Erweiterung 1993 die alten Heizungsanlagen gegen erdgekoppelte Wärmepumpen ausgetauscht, wobei die neuen Gebäudeteile durch zentrale Grundwasserbrunnen und die alten Räume durch nachgerüstete Einzelraum-Wärmepumpen mit jeweils eigener Erdwärmesonde geheizt und gekühlt werden. Zu Beginn 1994 herrschten im südlichen New Jersey teilweise ungewöhnlich niedrige Temperaturen, doch heißt es in einer Informationsschrift: "Trotz der extremen Wetterbedingungen bestätigten Schüler und Lehrer, daß das Komfortniveau höher als vorher sei. Au-

Berdem können sie sich, da ihre Klassenräume jetzt auch gekühlt werden, auf die Tage mit hohen Temperaturen im Frühsommer freuen, mit dem Vertrauen darauf, daß der Konfort besser als je sein wird".

Im Bereich des York Roman Catholic School Board in der Region Toronto, Kanada, sind vier Schulen von 3760 m² ("Prince of Peace") über etwa 4000 m² ("Good Shepherd", "St. Monica") bis 16800 m² ("Father M. McGivney") mit Erdwärmesonden ausgerüstet. Auch andere Bauarten von Erdreichwärmetauschern sind im Einsatz, so etwa 132 horizontale SVEC-Spiralwärmetauscher bei der 4612 m² großen St. Nicolas School in der Region Toronto.



Abb. 6: Erdwärmesondenfeld der Copper Hill School im Bau; als Maßstab dient der Anlagenplaner, Howard Alderson.

Eine Kombination von zentralem Erdwärmesondenfeld und einzelnen Erdwärmesonden wird auch für die im Sommer 1995 in Bau befindliche Copper Hill School im Nordwesten New Jerseys verwendet. Zentrale Teile, wie Verwaltung, Cafeteria, Sporthalle

etc. werden durch Erdwärmesondenfelder (Abb. 6) und über eine Ringleitung angeschlossene Wärmepumpen geheizt und gekühlt. Die Klassenräume, die sich in eingeschossigen Flügeln mit zwischenliegenden Freiflächen befinden, erhalten jeweils eine Wärmepumpe ein einem niedrigen Gehäuse unter der Fensterbank, die mit ein oder zwei Erdwärmesonden direkt vor den Fenstern verbunden ist. Dies erspart umfangreiche Verrohrungen und Verteiler. Als Erdwärmesonden kommen einfache U-Rohre aus Polyethylen zum Einsatz, die in großen Stückzahlen vorab fertiggestellt werden (Abb. 7). Die Arbeiten mit Bohren, Einbauen und Verfüllen müssen mit dem Baufortschritt abgestimmt sein; zwei Bohrgeräte sind ständig im Einsatz.



Abb. 7: Weitere zum Einbau vorbereitete Einfach-U-Rohr-Erdwärmesonden von 300 bzw. 500 Fuß (91,4 bzw. 152,4 m) Länge für die Copper Hill School.

Ein besonders interessanter Einsatz ist das "Fully Integrated Geothermal System" für neue Tankstellen der Mineralölfirma Phillips 66 (Abb. 8). Das System ist standardisiert und soll für alle neuen Tankstellen eingesetzt werden. Die Besonderheit ist

die Integration von Kühl- und Gefriergeräten in das System. Zehn Erdwärmesonden von je 99 m Tiefe versorgen eine Wärmepumpe mit etwa 25 kW Heizleistung, die die Verkaufsräume heizt und kühlt und Rohrschlangen zum Schmelzen von Eis um die Zapfsäulen herum mit warmem Wasser beschickt. Zusätzlich ist eine Kältemaschine von 14 kW Verdampferleistung für die Kühlregale und Tiefkühltruhen im Verkaufsraum an den Erdwärmesondenkreislauf angeschlossen und ermöglicht so die Nutzung dieser Abwärme bei Heizbedarf. Das System hat insgesamt eine sehr hohe Effizienz, und als zukünftige zusätzliche Nutzung ist an eine weitere erdgekoppelte Wärmepumpe zur Heizung von Wasser und Räumender Autowaschanlagen gedacht.

Die günstige Situation in den USA hat "Geothermal Heat Pumps" zu einem rasch wachsenden Wirtschaftszweig gemacht. Durch entsprechende Stückzahlen kleinerer und mittlerer Wärmepumpen, die auch bei großen Anlagen in entsprechender Anzahl eingesetzt werden, sind die Preise dank Serienfertigung niedrig. Regional gibt es bereits die erforderliche Infrastruktur an Bohr- und Installationsfirmen. Die entsprechenden Aktivitäten des Geothermal Heat Pump Consortium ("Infrastructure Strengthening") und der Stromversorger sollen durch Schulung und Unterstützung die Voraussetzungen für eine landesweite Verbreitung erdgekoppelter Wärmepumpen schaffen. "Geothermal Heat Pumps" sind auf jeden Fall in den USA keine exotische Technik mehr, sondern eine anerkannte Alternative zu herkömmlicher Wärme- und Kälteversorgung.

Many thanks to Lynn Stiles and Howard Alderson for their information and help!

*Dr. Burkhard Sanner, Institut für Angewandte Geowissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen

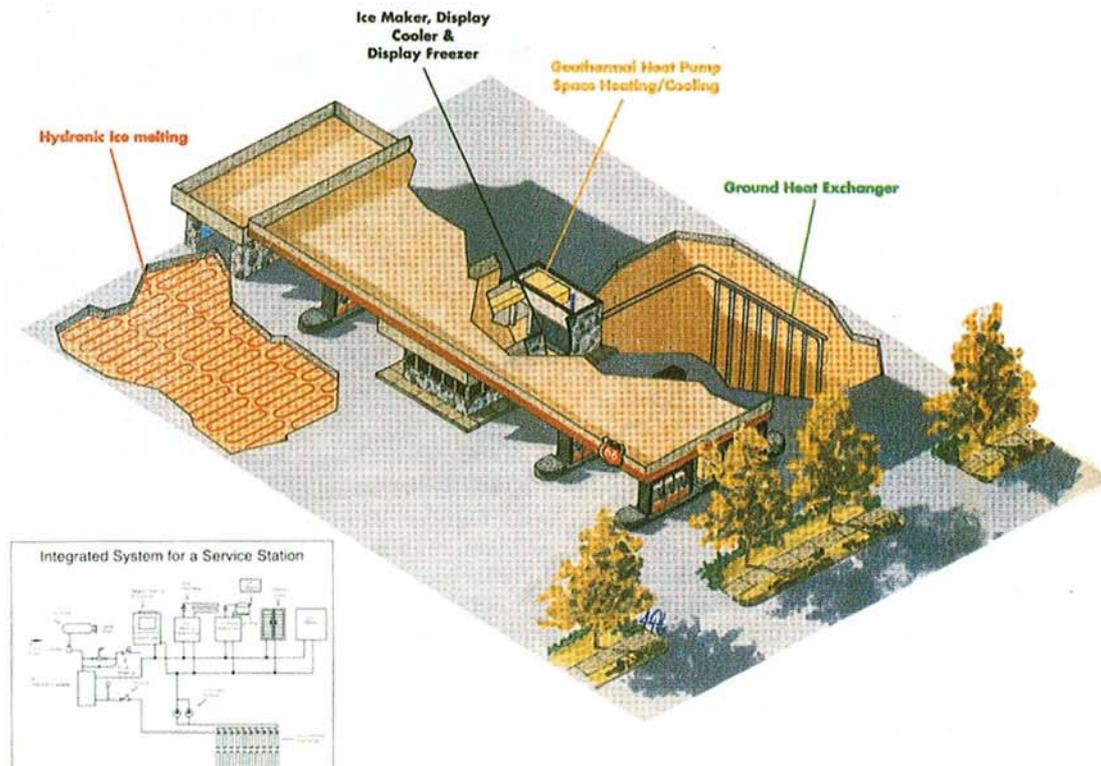


Abb. 8: Schema der Tankstelle mit "Fully Integrated Geothermal System" der US-amerikanischen Mineralölkette Phillips 66.