

60 Jahre erdgekoppelte Wärmepumpe

Burkhard Sanner

In GtE 13 aus dem Jahr 1996 fand sich ein Artikel „Die ‚Erdgekoppelte‘ wird 50“ (SANNER, 1996). Er nahm Bezug auf die erste in der Literatur dokumentierte erdgekoppelte Wärmepumpe, die im Oktober 1945 in Indianapolis in den USA in Betrieb ging (CRANDALL, 1946). Sie verfügte über im Garten in Gräben verlegte Rohrschleifen von zusammen 152 m Länge, nutzte bereits die Technik der Direktverdampfung, und hatte eine Kompressor-Stromaufnahme von 2,2 kW. In diesem Winter nun ist es 60 Jahre her, dass diese früheste bekannte erdgekoppelte Wärmepumpe ihre praktische Einsatzfähigkeit bewies; Grund genug, um noch einmal zurückzuschauen und vor allem auch die jüngere Zeit zu betrachten.

Zu den sehr frühen Anlagen in den USA sei hier nur auf die ausführliche Darstellung in SANNER (1992) und den neueren Artikel SANNER (2005) verwiesen. Es soll lediglich darauf hingewiesen werden, dass bereits im Jahr 1947 die meisten der heute benutzten Methoden der Erdankopplung bekannt waren: Es sind vertikale U-Rohre, Koaxial-Rohre und Spiralrohre wie auch horizontale Rohre und schließlich Grundwasserbrunnen, die bei KEMLER (1947) dargestellt sind (Abb. 1). Ob alle diese Wärmequellen damals tatsächlich schon praktisch umgesetzt oder nur theoretisch entwickelt worden waren, geht aus dem Text nicht hervor. Ausdrücklich erwähnt ist jedoch, dass die Union Electric Company in St. Louis eine Versuchsanlage mit den spiralförmigen Wärmetauschern erstellt habe. Die Spiralrohre wurden in Bohrlöcher von 5-7 m Tiefe eingebracht, wobei ein sonst für das Setzen von Leitungsmasten verwendetes Bohrgerät zum Einsatz kam. Nichtsdestoweniger wurde noch in jüngster Zeit immer wieder versucht, sich einzelne dieser Techniken patentieren zu lassen.

Aus den USA ist auch schon früh die Nutzung von Grundwasser-Wärmepumpen für größere Objekte be-

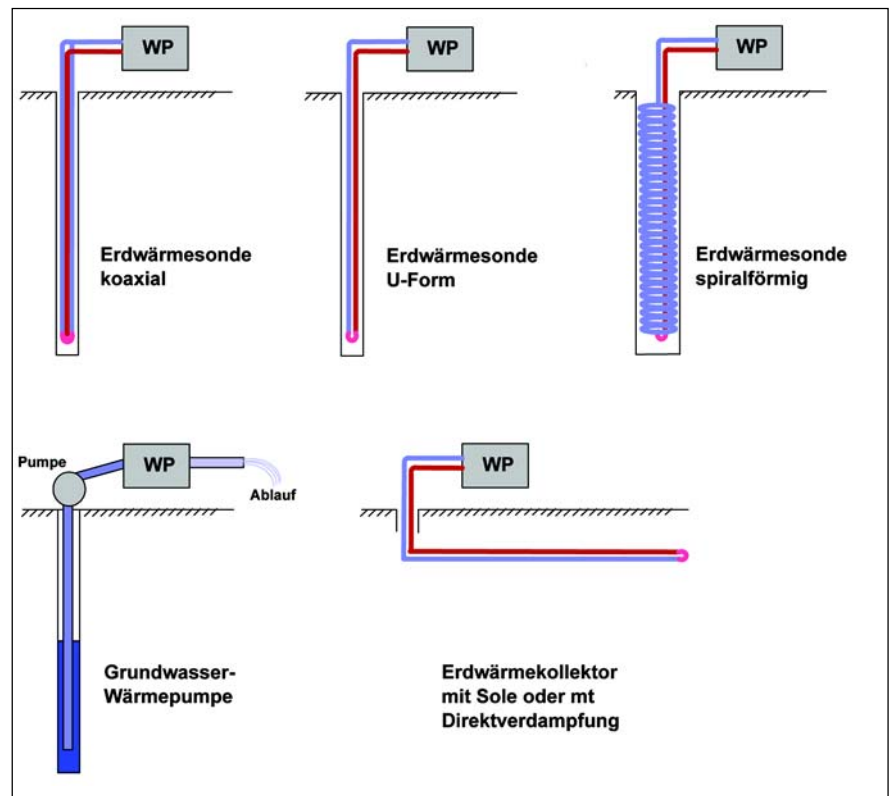


Abb. 1: Schemata von im Jahr 1947 bereits bekannten Wärmequellen für erdgekoppelte Wärmepumpen (vereinheitlicht und vereinfacht nach KEMLER, 1947)

schrieben, so z.B. 1948 in Portland/Oregon für das „Equitable Building“. Dieses heute als „Commonwealth Building“ bezeichnete Verwaltungsgebäude mit 13 Stockwerken und knapp 20.000 m² Nutzfläche weist eine damals hochmoderne Stahl-Glas-Architektur auf. Vier große Wärmepumpen werden über 2 Förderbrunnen mit Grundwasser versorgt, welches über einen Schluckbrunnen wieder in den Untergrund geleitet wird. Die Anlage gilt seit 1980 als Industriedenkmal (ASME Engineering Landmark), obwohl sie inzwischen erneuert und wesentlich umgebaut wurde. Nur noch zwei Großwärmepumpen liefern heute etwa 2 MW Heiz- und Kühlleistung. 1954 folgte in Tacoma/Washington im Verwaltungsgebäude der „Tacoma City Light“ eine weitere große Wärmepumpenanlage mit 1,2 MW Heizleistung und 2 Brunnen (BLOOMQUIST, 1999).

In Europa dauerte es bis zur ersten Ölpreiskrise 1973, bis die Wärmepumpe größere Beachtung fand. So werden Erdgekoppelte Wärmepum-

pen um 1970 erstmals in Europa beschrieben, als Grundwasserwärmepumpen (DRAFZ, 1972) oder mit horizontalen Erdwärmekollektoren (WATERKOTTE, 1972). Erdwärmesonden werden in Mitteleuropa seit rund 25 Jahren eingesetzt. Erste Anlagen in Deutschland sind aus dem Jahr 1980 dokumentiert, so in Schöffengrund bei Wetzlar die Anlage Verolum der Helmut Hund GmbH mit 8 Koaxial-Erdsonden, oder vier Anlagen in Wohnhäusern in Rheinland-Pfalz (vgl. SANNER, 2005). Genauer beschrieben ist eine Anlage in einem Wohnhaus bei Krefeld aus dem Jahr 1981 (DRAFZ, 1982). In der Schweiz wird als erste die 1980 gebaute Anlage Rechsteiner in Arbon am Bodensee genannt (ROHNER, 1991).

Als einer der Protagonisten für Erdwärmesonden in Deutschland um 1980 kann der Optik- und Elektronikunternehmer Helmut Hund gelten. Für den Neubau einer Produktionsstätte für Glaserfaseroptik („Verolum“) suchte er unter dem Eindruck der stetig steigenden

Oberflächennahe Geothermie

Ölpreise zum Ende der siebziger Jahre ein wirtschaftlich vertretbares energiesparendes Heizsystem; dabei musste die Heizung die Vorgabe gleichmäßiger Raumtemperaturen für die sensiblen Produktionsschritte aber auch zuverlässig und witterungsunabhängig erfüllen können. So suchte Helmut Hund Informationen und Mitstreiter zusammen, kaufte ein kleines Bohrgerät und erstellte im Frühjahr 1980 in Schöffengrund-Schwalbach eine erdgekoppelte Wärmepumpenanlage mit 8 jeweils knapp 50 m tiefen Erdwärmesonden. Als er in der Region mit dieser Technik auf Resonanz stieß, gründete er 1981 die Geotherm GmbH zur Weiterentwicklung und Installation von Erdwärmesondenanlagen (Abb. 2). Unter der Leitung des Heizungsbaumeisters Gerd Euler wurde daraus ein Unternehmen, das als eines der wenigen aus der Zeit des ersten Wärmepumpenbooms auch heute noch erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen erstellt.

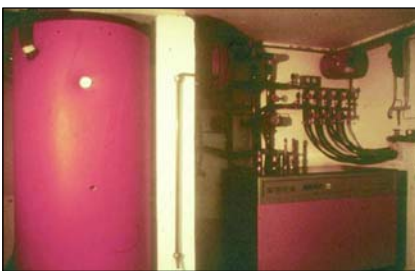


Abb. 2: Erdgekoppelte Wärmepumpe mit 4 Erdwärmesonden je 50 m tief südlich Wetzlar, Baujahr 1984 (Photo Sanner)

In einer Zeit, als der erste Boom der Wärmepumpen vorbei war, begann die systematische Untersuchung der Wärmetransportvorgänge um Erdwärmesonden in Deutschland. Ziel waren Auslegungsregeln, das Erkennen der Grenzen des Systems, die Beeinflussung der Umwelt usw. Dazu wurde in den Dorf Schöffengrund-Schwalbach südlich Wetzlar eine Versuchsanlage aufgebaut, die durch den damaligen BMFT (Bundesminister für Forschung und Technologie) gefördert wurde. Auch hier war der bereits genannte Helmut Hund treibende Kraft, und sein Unternehmen führte zusammen mit der Universität Gießen diese Forschungsarbeiten durch.

Dabei wurden auch verschiedene „externe Forschungsstandorte“ in kommerziell erstellten Anlagen in vier Standorten in Deutschland betreut, um Erfahrungen mit unterschiedlicher Geologie zu erhalten (Abb. 3).



Abb. 3: Bohrarbeiten mit einfachem Gerät und fertig eingebaute Doppel-U-Sonden (insgesamt 6 x 50 m) in einem externen Standort des im Text genannten FuE-Vorhabens bei Göttingen, 1987 (Photos Sanner)

Ein wesentlicher Fortschritt, der als Nebenprodukt aus dem FuE-Projekt abfiel und heute für die Anwendung nicht wegzudenken ist, ist die direkte Kühlung aus Erdwärmesonden. 1987 hat die Projektgruppe in einem kleineren Bürogebäude in Wetzlar erstmals eine derartige Anlage aufgebaut (Abb. 4), damals noch mit Gebläsekonvektoren statt Kühlflächen (diese kamen erst ein Jahr später hinzu). Da Kühlung wesentlich teurer als Heizung ist, bietet diese Technik heutzutage deutliche wirtschaftliche Vorteile.

Ähnlich wie in Schöffengrund-Schwalbach wurden auch in der Schweiz (in Elgg, Kanton Zürich), in Kanada (am NRC in Ottawa) und in den USA (am Oak Ridge National Laboratory) praktische und theoretische Arbeiten zu Erdwärmesonden durchgeführt.

Im Rahmen eines Kooperationsprogramms der Internationalen Energie-Agentur IEA (für Fachleute: Annex 8 des Heat Pump Implementing Agreement) arbeiteten die Arbeitsgruppen der verschie-

denen Länder eng zusammen. Auf dieser Grundlage wurde die wesentlichen Erkenntnisse gesammelt, die auch heute noch die Auslegung von Erdwärmesondenanlagen bestimmen.

Anfang der 1990er Jahre wuchs das technisch-wissenschaftliche Interesse an der erdgekoppelten Wärmepumpe wieder an. An verschiedenen Stellen in Deutschland, Österreich, den Niederlanden und der Schweiz wurde geforscht und weiterentwickelt, neue Ideen und Konzepte erarbeitet. Um eine Plattform zum Austausch von Ideen und Erfahrungen zu bieten, hat die Universität Gießen im Herbst 1991 zum ersten Symposium Erdgekoppelte Wärmepumpen auf ihr Tagungszentrum Schloss Rauschholzhausen eingeladen. Der

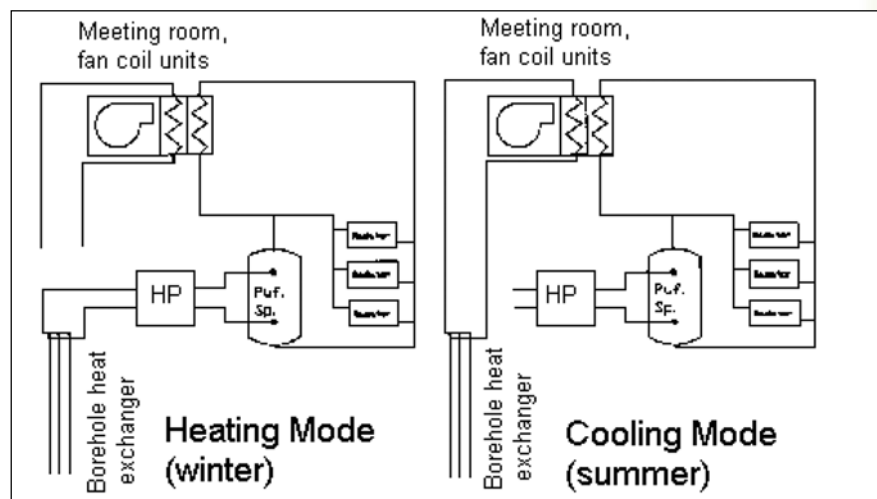


Abb. 4: Schema der ersten erdgekoppelten Wärmepumpe mit direkter Kühlung aus Erdwärmesonden, 1987 in Wetzlar in Betrieb genommen (aus SANNER, 1990)

Erfolg zeigte, wie groß der Bedarf an einem Austausch zwischen Wissenschaftlern, Technikern und Praktikern war. Das Ambiente des Schlosses und auch die Möglichkeiten zu zwanglosem abendlichen Gespräch im Schlosskeller trugen zu dem besonderen Geist des Symposiums bei (Abb. 5). In den Jahren 1994 und 1997 wurde diese Plattform wieder geboten, die Vorträge und Diskussionen aller drei Symposien sind durch das FIZ Karlsruhe in seiner Reihe IZW-Berichte veröffentlicht worden (IZW-Berichte 3/91, 1/94 und 2/97, jeweils herausgegeben durch SANNER, B. & LEHMANN, A.).



Abb. 5: Programmkomitee des 1. Symposiums Erdgekoppelte Wärmepumpen, 1991, vor Schloss Rauischholzhausen; v.l.n.r. Dr. Axel Lehmann, FIZ Karlsruhe; Dr. Volkmar Lottner, FZ Jülich; Prof. Dr. Gerhard Faninger, Uni Klagenfurt; der Autor; Hans Ueli Schaerer, BEW, Bern; Prof. Dr. Klaus Knoblich, Uni Gießen; es fehlt Jos Bouma, IEA-HPC, Sittard (Photo IAG)

Beim 3. Symposium im Herbst 1997 war die Nachfrage bereits so groß, dass viele Interessenten abgewiesen werden mussten, da im Schloss nur Räume für maximal 120 Personen vorhanden waren. Es blieb damit das letzte am alten Ort. Im Jahr 2002 hat die Geothermische Vereinigung (GtV) die Tradition aus Rauischholzhausen wieder aufgenommen und die Vorträge zur oberflächennahen Geothermie bei der Geothermischen Fachtagung in Waren/Müritz zum 4. Symposium erdgekoppelte Wärmepumpen zusammengefasst. Inhaltlich und von der Teilnehmerzahl sicher bedeutender als die ersten Symposien, aber der genius loci des Schlosses fehlte natürlich etwas. 2004 fand das 5. Symposium anlässlich der

Geothermischen Fachtagung in Landau statt, und die Tradition soll in zweijährigem Rhythmus fortgesetzt werden. Inzwischen gibt es ein breit gefächertes Angebot zum Thema erdgekoppelter Wärmepumpen, wie z.B. die jährlichen Seminare, die das OTTI (Ostbayerisches Technologie-Transfer Institut) in Zusammenarbeit mit der GtV anbietet.

Ein wesentlicher Schub für die weitere Entwicklung Anfang der 1990er Jahre wurde durch die Gründung zweier Vereine ermöglicht. 1991 wurde die Geothermische Vereinigung e.V. (GtV) gegründet, und 1994 der anfangs stark durch die Stromwirtschaft dominierte Initiativkreis Wärmepumpen e.V. (IWP), der heute als Bundesverband Wärmepumpen (BWP) auf einer wesentlich breiteren Basis steht. Beide haben durch Öffentlichkeitsarbeit, Lobbying und vielfältige Veranstaltungen entscheidend zum heute erreichten Stand von Technik und Markt beigetragen

schen Fortentwicklung beigetragen. Das stetige Anwachsen der Zahl verkaufter Wärmepumpen für oberflächennahe Geothermie in den 1990er Jahren (Abb. 6) ist im wesentlichen auf diese Fördermaßnahmen sowie ergänzende Maßnahmen in den neuen Bundesländern zurückzuführen. Anders als um 1980, als fast alle Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft arbeiteten und in bivalente Systeme eingebunden waren, ist bei diesem erneuten Anstieg die erdgekoppelte Wärmepumpe mit etwa 80 % aller Anlagen führend.

Mit steigender Anzahl von erdgekoppelten Wärmepumpen wurde die unkoordinierte und teilweise nicht nachvollziehbare Genehmigungspraxis einzelner örtlicher Behörden zum Problem für die weitere Marktentwicklung. Am 22.10.1996 konnte der Vorstand der GtV ein Gespräch mit dem damaligen baden-württembergischen Umwelt- und Verkehrsminister Schauffler zur Si-

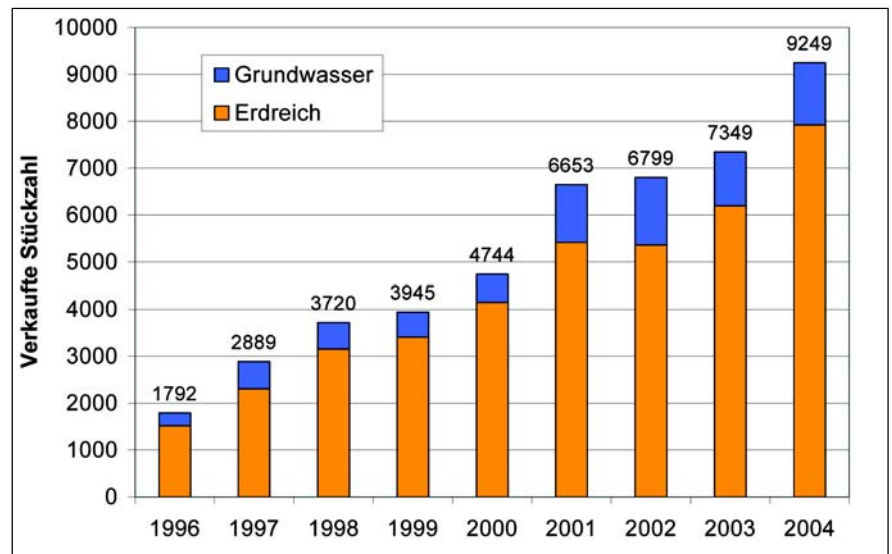


Abb. 6: Verkaufszahlen erdgekoppelter Wärmepumpen in Deutschland seit 1996 (Quelle: BWP/IZW)

Bewegung in den Markt brachten dann vor allem zwei Förderprogramme, das Programm KeS-Solar der RWE zu Anfang der 1990er Jahre und das Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien des Bundes, das 1995-98 auch Wärmepumpen förderte. Durch entsprechend hohe Anforderungen (Jahresarbeitszahl ? > 3,5, später ? > 3,8, keine chlorierten Kohlenwasserstoffe als Kältemittel) hat es gleichzeitig zur techni-

situation der Geothermie in seinem Land führen (Abb. 7). Dabei wurde eine klarere und einheitliche Regelung zur Genehmigung von erdgekoppelten Wärmepumpen, besonders von Erdwärmesonden, gefordert und eine Art Leitfaden für Behörden und Bauherren angeregt. Der Leitfaden für Baden-Württemberg, der ein Jahr später herausgegeben wurde, ist zum Vorbild vieler ähnlicher Regelungen geworden, so in

Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und anderen Bundesländern. Für Baden-Württemberg liegt inzwischen die vierte, deutlich weiterentwickelte Auflage vor.



Abb. 7: Besuch des GtV-Vorstands beim baden-württembergischen Umweltminister in Stuttgart, 22.10.1996; v.l.n.r.: Hans-Joachim Fuchtel, MdB; ?; Heinz Burkhardt, Bohrunternehmer und GtV-Mitglied; der Autor, damals stellvertretender GtV-Vorsitzender; Hermann Schaufler, Minister für Umwelt und Verkehr; Helmut Tenzer, damals Vorsitzender der GtV; Klaus Harter, Badenwerke (Photo BW-MUV)

Genauso wichtig wurden technische Regeln, die funktionsfähige Anlagen garantieren und so letztlich den Kunden schützen sollen. Im Frühjahr 1994 sprach der Autor mit dem VDI über die Möglichkeiten einer einschlägigen Richtlinie. Nachdem die Gremien des VDI zugestimmt hatten, konnte sich der Richtlinienausschuss VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds“ im Sommer 1995 konstituieren, mit starker Beteiligung aus der GtV. Im Herbst 1998 wurden die Entwürfe („Gründruck“) der beiden ersten von insgesamt 4 geplanten Teilen veröffentlicht, die endgültigen Fassungen („Weißdruck“) folgten 2000 und 2001. Seit 2004 liegen alle vier Teile („Blätter“) im Weißdruck vor. Der Richtlinienausschuss arbeitet jetzt an der Revision und Anpassung der ersten beiden Blätter, da sich bei Genehmigungen, thermischem Resonanztest, Verpressmaterial, Druckprüfung etc. Fortschritte ergeben haben. VDI 4640 wird in Deutschland und den Nachbarländern als Dokument zum Stand der Technik verwendet. Die o.g. Leitfäden der Bundesländer schreiben die Ausführung nach VDI 4640 vor. Durch diese Richtlinie hat die erdgekoppelte Wärmepumpe endgültig das Stadium der Bastellei ver-

lassen und ist zu einem ernsthaften Industrieprodukt geworden.

Für jemanden, der die frühe Phase der erdgekoppelten Wärmepumpen in Europa miterlebt hat, sind viele Wünsche von damals in Erfüllung gegangen. Die erdgekoppelte Wärmepumpe ist heute eine selbstverständliche Alternative zu anderen Heizsystemen. Immer mehr Bauherren, aber auch Handwerksfirmen wissen von den Vorteilen. Man muss nicht mehr zu jeder unteren Wasserbehörde pilgern und versuchen, den Beamten das Prinzip verständlich zu machen. Die Technik hat einen Stand an Zuverlässigkeit erreicht, der konventionellen Anlagen nicht nachsteht, und die Effizienz ist ständig gestiegen: In den 1980er Jahren hatten die besten Anlagen mit Erdwärmesonden Jahresarbeitszahlen um $\beta = 2,7-2,9$ (KNOBLICH et al., 1993), heute werden Werte um $\beta = 4$ erreicht. Früher wurde die Schweiz immer als das Vorbild mit der am weitesten verbreiteten Anwendung dargestellt; inzwischen befinden wir uns durchaus auf Augenhöhe.

Wichtige Aufgaben sind heute, neben der kontinuierlichen Verbesserung (und Verbilligung) der Anlagentechnik, vor allem die Qualitätssicherung und die Aus- und Fortbildung der entsprechenden Ingenieure, Anlagenbauer, Bohrmeister usw. Die erdgekoppelten Wärmepumpen haben sich aus dem FuE-Bereich in den Markt hinein entwickelt, und nun muss dieser Markt gesichert und gepflegt werden. Und nicht zuletzt kann deutsche Technik bei Wärmepumpen und Erdwärmesonden auch im Ausland eingesetzt werden, und der Exportmarkt für Material und Know-How steht erst am Anfang.

Schrifttum:

BLOOMQUIST, G. (1999): Geothermal Heat Pumps – four plus decades of experience. – GeoHeat Centre Quart. Bull. 4/99, S. 13-18, Klamath Falls OR

CRANDALL, A.C. (1946): House Heating with Earth Heat Pump. – Electrical World 126/19, S. 94-95, New York

DRAFZ, H.-J. (1972): Wasser-Wasser-Wärmepumpe in einem Einfamilienhaus - ETA elektrowärme int 30/A, S. 25, Essen

DRAFZ, H.J. (1982): Erdreichsonden als Wärmequelle für Wärmepumpenheizungen. - ETA elektrowärme int 40/A, S. 222-226, Essen

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

KNOBLICH, K., SANNER, B. & KLUGESCHIED, M. (1993): Energetische, hydrologische und geologische Untersuchungen zum Entzug von Wärme aus dem Erdreich. - Giessener Geologische Schriften 49, 192 S., Gießen

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. (1990): Ground Coupled Heat Pump Systems, R&D and practical experiences in FRG. - in: SAITO, T. & IGARASHII, Y. (Hrsg.), Heat Pumps - Solving Energy and Environmental Challenges, S. 401-409, Pergamon Press, Oxford

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

SANNER, B. (1996): Die "Erdgekoppelte" wird 50 - 50 Jahre Erdgekoppelte in den USA, 15 Jahre Erdwärmesonden in Mitteleuropa. - Geothermische Energie 13/96, S. 1-5

SANNER, B. (2005): Die erdgekoppelte Wärmepumpe wird 60 Jahre alt. – bbr 12/2005, S. 60-67, Bonn

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

Kontakt:

Dr. Burkhard Sanner, Asternweg 2, D-35633 Lahnau, Germany, Tel. +49 (0)6441 963416, Fax +49 (0)6441 962526, mobil +49 (0)170 380 1798
Email sanner@sanner-geo.de
<http://www.sanner-geo.de>