

# Geothermische Energie

Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung e. V.

Nr. 26/27

7. Jahrgang/Heft 3/4

Oktober/Dezember 1999



## Kann man Erdwärmesonden mit Hilfe von spezifischen Entzugsleistungen auslegen?

Burkhard Sanner

Seit Beginn des Einsatzes von Erdwärmesonden in Europa (um 1980) wird die Frage nach der möglichen „Sondenleistung“ oder „Entzugsleistung“ gestellt. Dabei wird angenommen, daß eine Erdwärmesonde eine bestimmte Wärmeleistung zu erbringen in der Lage ist, wie es z.B. bei einem Öl- oder Gasbrenner der Fall ist. Der Charme einer solchen Betrachtung liegt darin, daß mit geringem Aufwand die Bestimmung der notwendigen Erdwärmesondenlänge möglich ist:

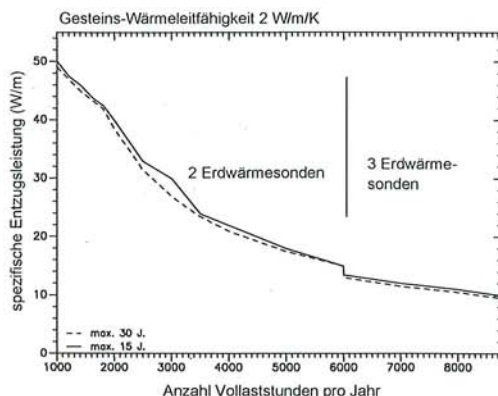
$$\text{Notwendige Erdwärmesondenlänge (m)} = \frac{\text{Verdampferleistung der Wärmepumpe (W)}}{\text{spezifische Entzugsleistung (W/m)}}$$

Die Verdampferleistung ergibt sich im einfachsten Fall aus dem Heizbedarf und der erwarteten Wärmepumpen-Arbeitszahl. Falls eine Wärmepumpe eingesetzt werden soll, die deutlich größer ist als dem Heizbedarf entspricht, ist unbedingt die tatsächliche Wärmepumpen-Verdampferleistung heranzuziehen.

Schon bald wurde erkannt, daß ein wesentlicher Faktor für die Größe der Entzugsleistung in der Ausbildung des Untergrunds liegt, und je nach Standortbedingungen erhebliche Unterschiede bestehen. Nach heutiger Kenntnis ist dabei wesentlich die Wärmeleitfähigkeit entscheidend, bei bestimmten Untergrundbedingungen wie z.B. lockeren Sanden und Kiesen auch der Grundwasserfluß (genauer die fließende Grundwassermenge pro Zeiteinheit, die durch die Darcy-Geschwindigkeit angegeben wird). Aus der Erfahrung wurden dann spezifische Entzugsleistungen angegeben, die von etwa 30-80 W/m schwankten, im Extremfall bis zu 120 W/m. Es ging soweit, daß in Ausschreibungen „Erdsonden mit einer Leistung von 120 W/m“ gefordert wurden (wie man es bei einem technischen Wärmeerzeuger angeben könnte; man möchte schließlich die beste Erdwärmesonde haben...).

Zunächst wurde eine Reihe von Faktoren wenig beachtet, die die möglichen Entzugsleistungen beeinflussen, z.B.:

- Wärmetransportvermögen des Untergrundes (konduktiv und konvektiv)
- Dauer des Wärmeentzugs aus dem Untergrund (Jahresbetriebsstunden)
- Gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden in größeren Anlagen oder bei einer Anzahl benachbarter Anlagen
- Bohrl Lochdurchmesser, Bohrl Lochverfüllung, Lage der Rohre im Bohrl Loch



Langzeiteffekte im Verlauf einiger Jahre konnten mit den Erfahrungen neuer Anlagen noch nicht erkannt werden.

Abb. 1: Abhängigkeit der spezifischen Entzugsleistung von der Anzahl der Jahresvollaststunden, berechnet für ein Gebäude mit 10 kW Wärmebedarf und einer Wärmepumpen-Arbeitszahl  $\beta = 3,5$ , bei einer mittleren Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes von  $\lambda = 2,0 \text{ W/m/K}$  und ohne nennenswerten Grundwasserfluß

Vor allem die Betriebsdauer, die sich in einer jährlich entzogenen Wärmemenge (in kWh/m/a) äußert, ist zu beachten (Sanner, 1992). Hierbei spielt sowohl die Art der Anlage (z.B. bivalent, Erdwärme in der Grundlast) als auch das Standortklima eine Rolle (Eugster et al., 1992). Während die spezifische Entzugsleistung entscheidend für den Betrieb der Anlage während eines Einschaltzyklus ist, ist die entzogene Wärmemenge für den langfristigen Betrieb entscheidend. Nur bei richtiger Auslegung nach diesem Parameter handelt es sich bei der Erdwärmesonde tatsächlich um die Nutzung erneuerbarer Energie, wie es z.B. von Eugster (1998) an einer Anlage aus dem Kanton Zürich gezeigt werden konnte.

In Abb. 1 ist exemplarisch die Abhängigkeit der spezifischen Entzugsleistung von der Anzahl der Jahresvollaststunden dargestellt. Für ein Gebäude mit 10 kW Wärmebedarf und einer Wärmepumpen-Arbeitszahl ( $= 3,5$ ) wurden die möglichen spezifischen Entzugsleistungen mit dem unten erwähnten Programm EED berechnet. Dabei wurde eine mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes von ( $= 2,0 \text{ W/m/K}$ ) angenommen und kein Grundwasserfluß berücksichtigt. Gerechnet wurde mit Jahresvollaststunden von 1000 h/a bis 8760 h/a (d.h. Dauerlauf). Für den typischen Wohnhausfall mit etwa 1800 Jahresvollaststunden ergibt sich eine mögliche spezifische Entzugsleistung von 42,6 W/m bei zwei Erdwärmesonden (s.a. Tab. 2).

Bivalente Anlagen (die allerdings heute erst ab rund 100 kW geplant werden) können 3000-5000 Jahresvollaststunden aufweisen, da die Erdwärme in der Grundlast verwendet wird. Damit sinken die möglichen Entzugsleistungen auf unter 20 W/m. Für Werte von mehr als etwa 6000 Jahresvollaststunden mußte mit 3 Erdwärmesonden weitergerechnet werden, da für das 10-kW-Gebäude ansonsten mehr als 200 m tiefe Erdwärmesonden erforderlich wären. Bei Dauerbetrieb sind noch knapp 10 W/m zu entziehen; dies entspricht dann der dauernd von allen Seiten (Oberfläche, umgebendes Gestein, geothermischer Wärme fluß) zu strömenden Wärmemenge bei einem Gradienten von ca. 15 K zwischen dem Fluid in der Erdwärmesonde und dem ungestörten Erdreich.

## In diesem Heft

INHALT	SEITE
Kann man Erdwärmesonden mit Hilfe von spezifischen Entzugsleistungen auslegen? <i>Burkhard Sanner</i>	1
Thermalsole für Wärme und Balneologie in Arendsee (Altmark) <i>Herbert Schneider</i>	5
Türkisch-deutsche Kooperation bei der Erschließung Geothermischer Energie in Aydin/Salavatlı im Menderestal: Strom, Fernwärme, Fernkälte	5
Baden-Württemberg: „Zukunftsprogramm Regenerative Energie 2010“ im Finanzausschuss gescheitert	6
Economic Aspects of Geothermal Development <i>Valgardur Stefansson</i>	7
Energieforschungsmittel gerettet	18
Umweltfreundliche Wärme für 30 000 Menschen: Ungarisch-deutsche Kooperation bei der Erschließung Geothermischer Energie. Vertragsunterzeichnung in Kecskemét	18
Trinkwasser für Milos: Geothermie macht's möglich	19
Herbert Schneider neuer Aufsichtsratsvorsitzender Erdwärme Neustadt-Glewe GmbH	20
Nordrhein-Westfalen: Branchen- und Technologie-Initiative Geothermie	20
Österreichisches Prüfzentrum für Wärmepumpen	21
Patricius-Plakette für Roberto Carella	21
Aquiferspeicher Reichstag Berlin: BMWi unterstützt Forschungsprogramm zur Betriebsdatenerfassung	22
Simbach/Braunau: Bohrarbeiten abgeschlossen	23
Erdwärmesonden am Polarkreis - Das Hotel Storforsen <i>Burkhard Sanner</i>	24
Stromeinspeisevergütung für geothermischen Strom	26
Untersuchungen zur Reinjektion in Ungarn	26
Geothermie für Unterschleißheim	26
Blatt 3 der Richtlinie VDI 4640 im Entwurf erschienen	27
<b>TAGUNGEN - KONGRESSE - TERMINE</b>	
EGC Basel '99: Das geothermische Ereignis für Europa <i>Helmut Tenzer</i>	28
International Geothermal Days „Oregon 99“ <i>Burkhard Sanner</i>	33
Annex 13 des IEA-Energiespeicherprogramms - Brunnen und Erdwärmesonden <i>Burkhard Sanner</i>	36
<b>PUBLIKATIONEN - MATERIALIEN</b>	
GSHP Thermie B-Project DIS/1348/7-FR <i>Walter Eugster</i>	38
GtVeV INTERN	45
Impressum	2

## Impressum

Geothermische Energie - Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung/GtV, Sitz: Neubrandenburg, Geschäftsstelle: Gartenstraße 36, 49744 Geeste, Tel 05907 545, Fax 05907 7379  
e-mail:  
[Geothermische-Vereinigung@t-online.de](mailto:Geothermische-Vereinigung@t-online.de)

### REDAKTION:

Werner Bußmann, Gartenstr. 36, 49744 Geeste  
Tel 05907 545, Fax 05907 7379,  
e-mail:  
[Geothermische-Vereinigung@t-online.de](mailto:Geothermische-Vereinigung@t-online.de)

### MITARBEITER DIESER AUSGABE:

Walter Eugster, Burkhard Sanner, Herbert Schneider, Valgardur Stefansson, Helmut Tenzer

### FOTOS:

Burkhard Sanner, Oliver Joswig

### ANZEIGEN:

Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 2 - ab 15.7.96

### SATZ:

k&d Werbekontor GmbH,  
Overbergstr. 11, 49767 Twist/Emsland,  
Tel.: 05936 3007, Fax: 05936 3009  
e-mail: [info@kd-werbekontor.de](mailto:info@kd-werbekontor.de)  
[www.kd-werbekontor.de](http://www.kd-werbekontor.de)

### DRUCK:

Offset Feege, An der Schaftrift 22, 49716 Meppen, Tel.: 05931 18300, Fax: 05931 8276

ISSN 0948-6615

Der Bezugspreis für die Geothermische Energie ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Die gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden ist nicht zu unterschätzen. Sie macht im reinen Heizbetrieb eine deutliche Vergrößerung der Erdwärmesondenlängen erforderlich (Sanner, 1998), kann andererseits aber auch in Erdwärmesondenspeichern wie z.B. in Neckarsulm-Amorbach (Seiwald & Hahne, 1998) vorteilhaft ausgenutzt werden. In Abb. 2 ist ein Beispiel für 60 Wohnhäuser mit jeweils einer individuellen erdgekoppelten Wärmepumpe dargestellt, wiederum berechnet mit EED.

Als Fazit aus dem Vorgesagten läßt sich schließen, daß die spezifische Entzugsleistung nur für einfach gelagerte Fälle ein Auslegungskriterium sein kann. Die Richtlinie VDI 4640, Bl. 2, trägt dem durch folgende Begrenzungen Rechnung:

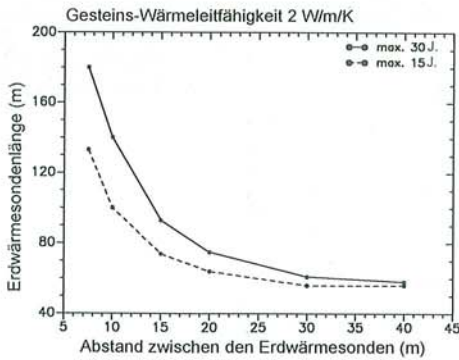


Abb. 2: Einfluß des Abstands zwischen den Erdwärmesonden auf die benötigte Erdwärmesondenlänge, berechnet für ein Feld mit 60 Häusern von je 7 kW Wärmebedarf und 2 Erdwärmesonden pro Haus. Kein Grundwasserfluß, keine künstliche Wiedererwärmung; berechnet für einen Zeitrahmen von 15 bzw. 30 Jahren.

- max. 1800 Jahresbetriebsstunden
- nur Wärmeentzug (Heizung einschl. Warmwasser)
- Länge der einzelnen Erdwärmesonden zwischen 40 und 100 m
- kleinster Abstand zwischen zwei Erdwärmesonden:
  - mindestens 5 m bei Erdwärmesondenlängen 40-50 m
  - mindestens 6 m bei Erdwärmesondenlängen >50-100 m
- Als Erdwärmesonden kommen Doppel-U-Sonden mit Durchmesser der Einzelrohre von 25 oder 32 mm oder Koaxialsonden mit mindestens 60 mm Durchmesser zum Einsatz.

Für diese Bedingungen werden in Blatt 2 der Richtlinie VDI 4640 mögliche Entzugsleistungen genannt, die auf Erfahrungswerten beruhen; einen Auszug der Werte, die sich direkt auf die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes beziehen, zeigt Tab. 1.

Mit der fortschreitenden Bearbeitung der thermischen Eigenschaften des Untergrundes sind Angaben über die Wärmeleitfähigkeit leichter zu erhalten. So kann ein Thermal Response Test am Standort Aufschluß geben (Sanner et al., 1999), oder Werte können aus Unterlagen herausgelesen werden, wie sie beispielhaft für das Schweizer Molassebecken existieren (Leu et al., 1999) und für Deutschland z.B. in Nordrhein-Westfalen erarbeitet werden. Abhängig von der Wärmeleitfähigkeit lassen sich aber nun sehr viel

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ (W/m/K)	Entzugsleistung (W/m)			
	mit WW, 2100 h/a		Ohne WW, 1800 h/a	
	ohne GW-Fluß	mit GW-Fluß	ohne GW-Fluß	mit GW-Fluß
1,0	29,8	35,0	31,6	36,6
1,1	30,9	36,2	32,8	37,8
1,2	32,1	37,3	34,0	39,0
1,3	33,2	38,5	35,1	40,2
1,4	34,2	39,6	36,2	41,3
1,5	35,3	40,6	37,3	42,4
1,6	36,3	41,7	38,4	43,4
1,7	37,3	42,7	39,4	44,5
1,8	38,3	43,8	40,5	45,6
1,9	39,4	44,8	41,6	46,7
2,0	40,4	45,8	42,6	47,7
2,1	41,4	46,8	43,7	48,7
2,2	42,4	47,8	44,7	49,7
2,3	43,4	48,8	45,6	50,7
2,4	44,3	49,7	46,6	51,6
2,5	45,3	50,6	47,6	52,5
2,6	46,2	51,5	48,5	53,4
2,7	47,1	52,4	49,4	54,3
2,8	47,9	53,2	50,3	55,1
2,9	48,8	54,0	51,2	55,9
3,0	49,7	54,8	52,0	56,7
3,1	50,5	55,6	52,9	57,5
3,2	51,3	56,4	53,7	58,3
3,3	52,1	57,2	54,7	59,1
3,4	52,9	57,8	55,3	59,8
3,5	53,7	58,6	56,3	60,5
3,6	54,4	59,3	56,8	61,1
3,7	55,2	60,0	57,5	61,8 / 64,7*
3,8	55,9	60,6	58,3	62,5 / 65,5*
3,9	56,6	61,2 / 64,4*	59,0 / 63,1*	63,1 / 66,1*
4,0	57,3	61,7 / 65,0*	59,7 / 63,8*	63,7 / 66,8*

\* Alle Werte für zwei Erdwärmesonden, lediglich die mit\* gekennzeichneten Werte beziehen sich auf eine einzelne Erdwärmesonde

Tab. 2: Mit EED berechnete mögliche Entzugsleistungen für ein Wohnhaus mit 10 kW Wärmebedarf, mit und ohne Warmwasserbereitung genauere Angaben zur Erdwärmesonden-auslegung machen, als es z.B. in Tab. 1 geschieht.

Mit dem Computerprogramm EED zur Erdwärmesondenauslegung, das die Entwicklung der Fluidtemperaturen über eine Reihen von Jahren berechnet (Hellström & Sanner, 1994), kann die notwendige Erdwärmesondenlänge und

damit umgekehrt auch die spezifische Entzugsleistung berechnet werden. Dies ist für ein Gebäude, das in die o.g. Begrenzung nach VDI 4640 fällt, exemplarisch durchgeführt worden und in Tab. 2 sowie Abb. 3 (Seite 4) dargestellt. Die Jahreskurve der mittleren Fluidtemperatur für diese Auslegung ist in Abb. 4 (Seite 4) zu sehen.

Bei Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit läßt sich nach Tab. 2 eine recht genaue Auslegung von Erdwärmesonden für ein Wohnhaus bis zu etwa 20 kW Wärmebedarf durchführen. Ist die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes nicht bekannt, so helfen die Werte nach VDI 4640 (auch die hier nicht aufgeführten Werte für einzelne Gesteinsarten). Das Konzept der Auslegung mit Hilfe einer spezifischen Entzugsleistung ist also für kleine Anlagen ohne gegenseitige Beeinflussung tragfähig und vor allem einfach und schnell. Für größere Anlagen, eine größere Anzahl von Anlagen in einem begrenzten Gebiet, und für alle Anlagen zum Heizen und Kühlen kann jedoch nur eine genaue Berechnung empfohlen werden.

Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	vorgeschlagene Entzugsleistung	Beschreibung
<1,5 W/m/K	20 W/m	Schlechter Untergrund (trockene Sedimente)
1,5-3,0 W/m/K	50 W/m	Normaler Festgesteins-Untergrund und wassergesättigte Sedimente
>3,0 W/m/K	70 W/m	Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit
Ausnahme (muß gezielt begründet werden):	80-100 W/m	Bei starken Grundwasserfluß in Kies und Sand, für Einzelanlagen

Tab. 1: Vorgeschlagene Entzugsleistungen nach VDI 4640, Bl. 2, Entwurf 1998 (Auszug)

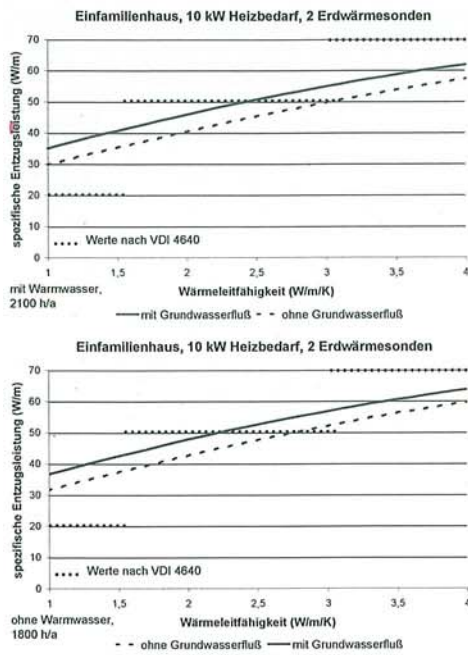


Abb. 3: Mögliche Entzugsleistungen für ein Wohnhaus mit 10 kW Wärmebedarf in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds, mit Warmwasserbereitung durch die Wärmepumpe (oben) bzw. ohne Warmwasserbereitung (unten)

#### Literatur:

- EUGSTER, W., SEIFERT, P.K., HOPKIRK, R.J. & RYBACH, L. (1992): Einfluß von Klima und Standort auf das Betriebsverhalten von Erdwärmesonden-Heizanlagen. - Tagungsband 2. Geothermische Fachtagung Erding 1992, Forum für Zukunftsenergien/GtV, S. 335-344, Bonn/Neubrandenburg
- EUGSTER, W.J. (1998): Langzeitverhalten der Erdwärmesonden-Anlage in Elgg/ZH. - 38 S., Schlussbericht PSEL-Projekt 102, Polydynamics, Zürich
- HELLSTRÖM, G. & SANNER, B. (1994): PC-Programm zur Auslegung von Erdwärmesonden. - Ber. Symp. Erdgek. Wärmepumpen 1994, Ber. IZW 1/94, S. 341-350, Karlsruhe
- LEU, W., KELLER, B., MEGEL, T., SCHÄRLI, U. & RYBACH, L. (1999): PC-Programm für die Berechnung geothermischer Eigenschaften der Schweizer Molasse (Tiefenbereich 0-500 m). - 32 S. + CD-ROM, Schlussbericht BfE-UAW, ETH Zürich
- SANNER, B. (1992): Erdgekoppelte Wärmepumpen, Geschichte, Systeme, Auslegung, Installation. - 328 S., Ber. IZW 2/92, Karlsruhe

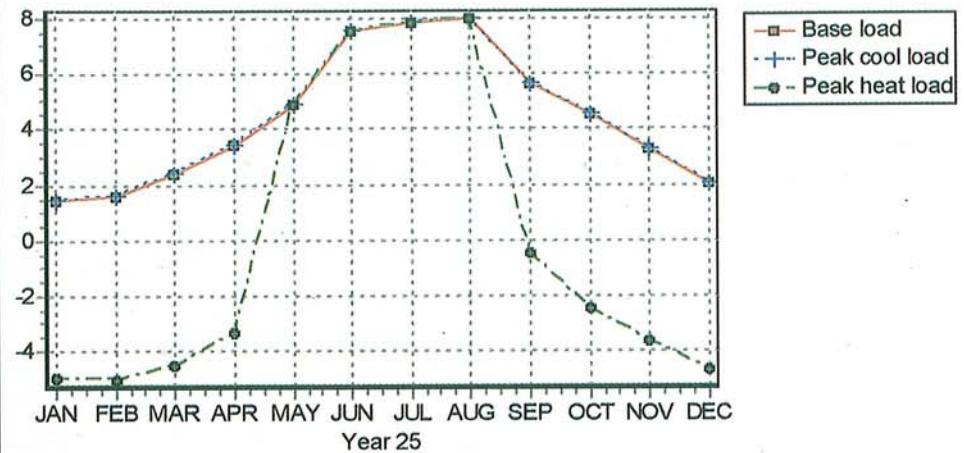
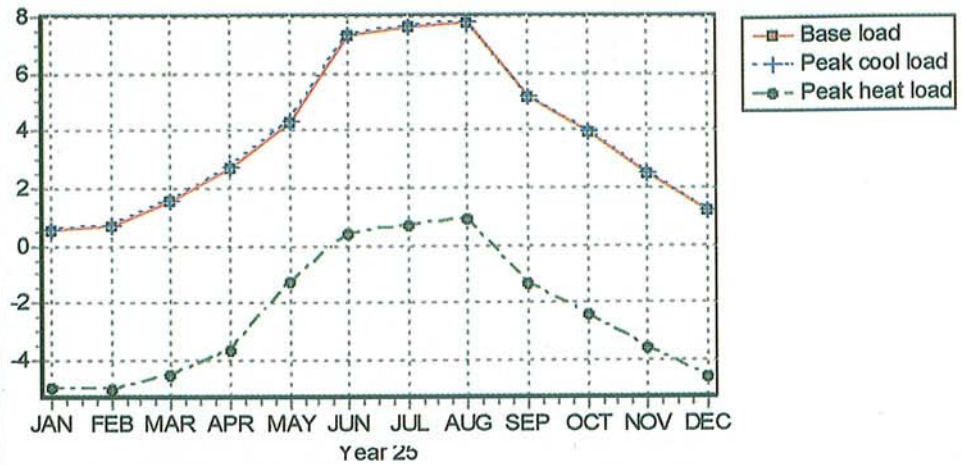


Abb. 4: Gewünschter Temperaturverlauf des Wärmeträgermediums (Mitteltemperatur) im 25. Betriebsjahr, wie er mit den Werten in Tab. 2 erreicht wird; mit Warmwasserbereitung (oben) bzw. ohne Warmwasserbereitung (unten)

- SANNER, B. (1999): Prospects for ground-source heat pumps in Europe. - Newsletter IEA Heat Pump Center 17/1, S. 19-20, Sittard
- SANNER, B., REUSS, M. & MANDS, E. (1999): Thermal Response Test - eine Methode zur In-Situ-Bestimmung wichtiger thermischer Eigenschaften bei Erdwärmesonden. - Geothermische Energie 24-25/99, S. 29-33, Geeste
- SEIWALD, H. & HAHNE, E. (1998): Das solar unterstützte Nahwärmeverorgungssystem mit Erdwärmesonden-Speicher in Neckarsulm. - Proc. 11. Int. Sonnenforum Köln, DGS, S. 560-567, München

## Der "Scherf - Protector"

Abstandshalter für Duplex- Erdwärmesonden



Die Lösung zur  
Leistungssteigerung  
von Erdwärmesonden

- Steigerung des Erdwärmegewinns im Test bis zu 15%
- Vermeidung thermischer Kurzschlüsse
- Optimale Ausnutzung des Bohrlochquerschnitts
- leicht montierbar
- Erprobt und preiswert

## Scherf

Wärmepumpen & Solartechnik  
Calauer Str. 12, 03229 Altdöbern

Tel. 035434/60410  
Fax 035434/60422

**Bitte vormerken:**

**18. - 19.10.2000**

**6. Geothermische Fachtagung**

**Akademie  
Mont Cenis, Herne**

In Zusammenarbeit mit der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW