

**Schlussbericht** November 2004

# **Isolation von Erdwärmesonden**

Zusammenstellung von bisherigen Erfahrungen

ausgearbeitet durch  
Dr. Mark Eberhard  
Eberhard & Partner AG  
Schachenallee 29, 5000 Aarau

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>2</b>
<b>1. AUSGANGSLAGE / ZIEL .....</b>	<b>2</b>
<b>2. VORGEHENSKONZEPT .....</b>	<b>3</b>
2.1 Jahrestemperaturen im ungestörten Erdreich .....	3
2.2 Jahrestemperaturen im abgekühlten Erdreich um die Erdwärmesonden .....	3
2.3 Jahrestemperaturen der Sole im unisolierten und isolierten System .....	3
2.4 Randbedingungen .....	3
<b>3. DATENAUSWERTUNG .....</b>	<b>4</b>
3.1 Vergleich der abgekühlten Erdreichtemperaturen mit den Soletemperaturen .....	4
3.2 Berücksichtigte Berechnungsalgorithmen .....	4
3.3 Vergleich des unisolierten mit dem isolierten System .....	4
<b>4. ERGEBNISSE .....</b>	<b>4</b>
4.1 Ergebnisse der Sondensysteme in Otelfingen und Seengen (Firma Chestonag) .....	4
4.2 Vorläufige Ergebnisse des Sondensystems „Bahnhof Süd“ in Aarau .....	5
4.3 Das Ergebnis verfälschende Faktoren .....	5
4.4 Isolationsmaterialien, Einbau .....	5
4.5 Kosten, Nutzen, Amortisation .....	5
4.6 Abschliessende Bilanz .....	5
<b>5. AUSBLICK .....</b>	<b>6</b>
<b>6. GRUNDLAGEN / LITERATUR .....</b>	<b>6</b>
<b>7. BEILAGEN .....</b>	<b>6</b>

## Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit drei von der Firma EBERHARD & Partner AG durchgeführten P&D Sondenisolationsprojekten in Otelfingen, Seengen und Aarau, wurden Entscheidungskriterien für oder wider der Isolation von Erdwärmesonden (d.h. im obersten Teil des Sondenabschnittes) erarbeitet. Die Ergebnisse zeigen auf, dass eine Isolation dort notwendig wird, wo die Sonden relativ tief in die Erdschichten eingebunden sind und/oder die Vorlauftemperaturen während des grössten Teils des Jahres hoch sind. Auf eine Isolation kann dort verzichtet werden, wo die Sonden kurz sind und/oder die Vorlauftemperaturen während des grössten Teils des Jahres sehr tief liegen. Der Abschnitt von der Sonde zum Hausanschluss ist nicht Gegenstand dieser Untersuchungen. Dieser sollte aufgrund saisonal sehr tiefer Erdreichtemperaturen in jedem Fall isoliert werden. Als weiteren Schritt wird vorgeschlagen, das hier aufgezeigte Evaluationsverfahren mit weiteren Kriterien zu ergänzen und verfeinern.

## Summary

In course of three from the company EBERHARD & Partner AG accomplished pilot and demonstration projects in Otelfingen, Seengen and Aarau, technical-economical advantages of insulating of the upper parts of the pipe work of a ground source heat pump were investigated and some directives could be worked out. The results show that an insulation will be recommendable for either deep installations or in the case of comparatively high temperatures at the evaporator of the heat pump, lasting over most part of the year. Hence, no insulation will be required for shallow ground source heat pumps or low evaporation temperatures. The influence of also insulated connection pipes at ground surface (i.e. connections with the particular building), however, did not form part of these three research projects. Nevertheless, the connection pipes should be well insulated in any case due to seasonally very low temperatures at near surface layers. In a next step it is foreseen to check on further evaluation criterions.

## 1. AUSGANGSLAGE / ZIEL

Die von der Firma EBERHARD & Partner AG in den P&D Sondenisolations-Projekten Otelfingen (BFE-Projekt Nr. 30'603), Chestonag in Seengen (BFE-Projekt Nr. 35'889) und Bahnhof Süd in Aarau (BFE-Projekt Nr. 44'128) ermittelten Resultate werden miteinander verglichen, und unter ergänzten Gesichtspunkten ausgewertet.

Ziel des Forschungsprojektes ist:

- **Nahziel:** Zusammentragen der Grundlagendaten und Ausarbeitung von Entscheidungskriterien für oder wider der Isolation von Erdwärmesonden im obersten Abschnitt eines Erdwärmesondensystems (= Ziel des vorliegenden Forschungsprojektes).
- **Fernziel:** Verfeinerung der Entscheidungskriterien, Durchführen von Testläufen, Erarbeiten eines Betriebshandbuchs für die Isolation von Erdwärmesonden, mit welchem man für jeden Einzelfall einen optimalen Ausbau der Sondenanlage erreicht (=Ziel eines späteren Forschungsprojektes).

Für das Nahziel werden folgende Parameter als Entscheidungskriterien definiert:

- Saisonaler Temperaturverlauf im ungestörten Erdreich (trockener Kies) bis in eine Tiefe von 15 m UKT (Beilagen 1a, 1b, 2a, 2b, Graphik A)

- Saisonale - und wärmeentzugsabhängige Temperaturverlauf im unmittelbar neben den Erdwärmesonden liegenden Erdreich bis in eine Tiefe von 15 m (Beilagen 1a & 1b, Graphik B)
- Saisonale - und wärmeentzugsabhängige Temperaturverlauf in der während des Erdwärmeentzugs geförderten Soleflüssigkeit bis in eine Tiefe von 15 m (Beilagen 1a & 1b, Graphik C1 und C2 und C)

Zur Verifizierung der aufgrund von Entscheidungskriterien festgelegten Ausführungsparameter, werden die Temperaturen in den isolierten Abschnitten mit den Temperaturen im umgebenden Erdreich verglichen und ermittelt, ob die Bodentemperaturen oder die Soletemperaturen höher liegen (Beilagen 2a & 2b, Graphiken A, C1, C2). Aus diesem Vergleich wird ersichtlich ob die Erdwärmesonden zu Recht oder unrecht isoliert wurden (Beilagen 2a & 2b, Graphiken D1, D2 & D).

## 2. VORGEHENSKONZEPT

### 2.1 Jahrestemperaturen im ungestörten Erdreich

Die Temperaturen im ungestörten Erdreich beziehen sich auf einen trockenen Kies. Die Daten wurden aus der Literatur (AEE INTEC, 2002) übernommen und mit noch vor Inbetriebnahme der Erdwärmesonden ermittelten Temperaturdaten der erwähnten Forschungsprojekte abgeglichen (Graphik A in Beilagen 1a, 1b und 2a, 2b).

### 2.2 Jahrestemperaturen im abgekühlten Erdreich um die Erdwärmesonden

Die Erdreichtemperaturen während des Wärmepumpenbetriebes entstammen dem Forschungsprojekt „Chestonag“ in Seengen, bei welchem neben den Sonden ein separates Rohr zur Ermittlung der Erdreichtemperaturen ausserhalb des Sondensystems versetzt wurde (Temperaturfühler in 15 m UKT). Zur Komplettierung der Erdreichtemperaturen von der Oberfläche bis in eine Tiefe von 15 m UKT wurden diese Daten mit den in der SIA Dokumentation D0136 (1996) aufgeführten Daten abgeglichen (Graphik B in den Beilagen 1a und 1b).

### 2.3 Jahrestemperaturen der Sole im unisolierten und isolierten System

Die Soletemperaturen sowohl im unisolierten (Beilage 1a, Graphik C1 und C2 und Beilage 1b, Graphik C) als auch im isolierten System (Beilage 2a, Graphik C1 und C2 und Beilage 2b, Graphik C) entstammen den Forschungsprojekten („Bahnhof Süd“, „Chestonag“ und „Otelfingen“).

### 2.4 Randbedingungen

Folgende Randbedingungen wurden eingehalten:

- Konstante Durchflussverhältnisse in den Sonden
- Konstanter Wärmeentzug
- Betrachtung nur bei einem Wärmeentzug aus den Sonden
- Soweit möglich identische Erdreichverhältnisse
- Turbulente Strömungsverhältnisse

### 3. DATENAUSWERTUNG

#### 3.1 Vergleich der abgekühlten Erdreichtemperaturen mit den Soletemperaturen

Die erhobenen, durch den Erdwärmebezug abgekühlten Erdreichtemperaturen bis in 15 m UKT (Graphik B) wurden mit den entsprechenden Soletemperaturen (Graphiken C<sub>1</sub> und C<sub>2</sub>) verglichen. Aus diesem Vergleich resultieren die Graphiken D<sub>1</sub> und D<sub>2</sub> in Beilage 1a und 1b. In den Graphiken wird ausgesagt, wann und in welcher Tiefe während des Jahres die Erdreichtemperaturen tiefer bzw. höher liegen als die entsprechenden Soletemperaturen. Falls die Erdreichtemperaturen im entsprechenden Abschnitt des Erdreiches über das gesamte Jahr gesehen kälter sind als die Soletemperaturen, verliert man in diesem Abschnitt ohne Isolation Wärme. Somit ist im entsprechenden Abschnitt des Erdreiches eine Isolation notwendig. Je nach Berechnungsalgorithmus (vgl. 4.2) kann der zu isolierende Abschnitt kürzer oder länger ausfallen.

#### 3.2 Berücksichtigte Berechnungsalgorithmen

- Die gemessenen Temperaturen (Monatsmittel) im Erdreich bzw. in der Sole wurden separat addiert und miteinander verglichen. Bei einer negativen Gesamtbilanz ist eine Isolation im entsprechenden Tiefenabschnitt notwendig, bei positiver Bilanz nicht (Kolonne a in den Graphiken D1, D2 und D).
- Die Monatsmittel der Temperaturen wurden zuerst mit den jeweiligen Betriebszeiten für die Beheizung des Gebäudes multipliziert und somit gewichtet, danach addiert (Kolonne b).
- Die Monatsmittel der Temperaturen wurden zuerst mit den jeweiligen Betriebszeiten für die Beheizung des Gebäudes und der Warmwasseraufbereitung multipliziert und somit gewichtet, danach addiert (Kolonne c).

#### 3.3 Vergleich des unisolierten mit dem isolierten System

Die mit den, in den vorherigen Kapiteln erarbeiteten, Isolationsvorschläge wurden in der Folge mit den realisierten isolierten Systemen verglichen bzw. geprüft, ob die Isolation der Sonden effektiv die Resultate liefert hat, welche gemäss dem oben erläuterten Vorgehenskonzept postuliert wurden.

Dabei wurden die Jahrestemperaturverhältnisse in der Sole trotz der Isolation auf allfällige Abkühlungen hin betrachtet. Falls hier +/- konstante Temperaturverhältnisse vorliegen, findet kein Temperaturausgleich zwischen der Sonde und dem Erdreich mehr statt. Das Erdreich wird somit nicht mehr „gestresst“. Die Temperaturverhältnisse im Bereich des isolierten Abschnittes dürften somit den natürlichen Verhältnissen im Erdreich entsprechen. Ein Vergleich dieser Erdreichtemperaturen mit den Soletemperaturen ergibt somit den endgültigen Beweis, dass eine Isolation gerechtfertigt oder eben nicht gerechtfertigt war (Beilage 2a,2b).

### 4. ERGEBNISSE

#### 4.1 Ergebnisse der Sondensysteme in Otelfingen und Seengen (Firma Chestonag)

In Beilage 1a lässt sich erkennen, dass bei den Sondensystemen in Otelfingen (220 m Sonde) und Seengen (250 m Sonde) mit dem erwähnten Evaluationsverfahren eine Isolation der obersten 15 m empfohlen werden kann. Der Aufbau des Erdreichs in den ersten 15 m ist bei diesen beiden Systemen praktisch identisch (Moräne – toniger Kies). Die herangezogenen Erdreichtemperaturen (trockener Kies) dürften den realen Verhältnissen somit sehr nahe kommen. Konsultiert man die Temperaturen in den isolierten Abschnitten, so lässt sich erkennen, dass auf der isolierten Strecke praktisch keine Wärmeverluste registriert werden können (Beilage 2a). Es findet somit kein Wärmeaustausch zwischen Erdreich und Sole statt. Ein Vergleich zwischen Sole- und Erdreichtemperaturen im isolierten

Abschnitt zeigt auf, dass die Isolation im betrachteten System berechtigt war, da die Soletemperaturen im Wesentlichen höher sind als die Erdreichtemperaturen.

#### 4.2 Vorläufige Ergebnisse des Sondensystems „Bahnhof Süd“ in Aarau

Bei der Anlage in Aarau („Bahnhof Süd“) mit einem Sondensystem von 16 Sonden (8 davon in den obersten 8 m ab Baugrubensohle isoliert) würde sich nach den heute vorliegenden Erfahrungen eine Isolation Erdwärmesonden nicht empfehlen. Es ist hierbei aber zu beachten, dass die Verhältnisse des Erdreichs (Kalkstein) nicht dem zum Vergleich herangezogenen Bodenprofil (trockener Kies) entsprechen, dass sich über der Isolation (bis in eine Tiefe von 9 - 10 m), die Gebäudefundamente befinden, dass das Sondensystem mit einem 20%igen Glykolgemisch gefüllt ist und dass im Sommer Wärme ins Erdreich zurückgegeben wird (Betriebsabwärme). Insgesamt sind die Temperaturen des Erdreichs ab 9 m UKT über das Jahr gemessen höher als die entsprechenden Soletemperaturen (Beilage 1b).

Betrachtet man anschliessend die Temperaturverhältnisse der Sole im isolierten Abschnitt und vergleicht sie mit den nicht gestressten Erdreichtemperaturen, so ergibt sich wiederum, dass ab 9 m Tiefe (Baugrubensohle) keine Isolation des Systems notwendig gewesen wäre (Beilage 2b).

#### 4.3 Das Ergebnis verfälschende Faktoren

Vor allem die Ergebnisse des Erdwärmesonden-Systems „Bahnhof Süd“ weisen noch einige weitere Unsicherheitsfaktoren auf.

- Die Temperaturen im vorliegenden Kalk können zurzeit nicht eruiert werden. Es spricht jedoch einiges dafür, dass diese von jenen im Moränenmaterial differieren.
- Der vom Gebäude stammende Wärmeabfluss in das unterhalb befindliche Erdreich dürfte trotz der Isolation aller Sonden einen Einfluss haben.
- Der Wärmeinput durch die Rückführung der Betriebsabwärme ins Erdreich dürfte ebenfalls einen Einfluss auf die Resultate haben.

#### 4.4 Isolationsmaterialien, Einbau

Während die Isolationsmontage bei den zwei ersten Projekten noch von Hand aufgebracht werden mussten (Beilage 8), erfolgte die Isolierung der Sonden beim letzten Forschungsprojekt bereits werkseitig, nach Spezifikationen der Firma EBERHARD & Partner AG, in der Firma HAKA Gerodur AG, Benken. Die Isolation wurde hier direkt auf die Sonden aufgebracht und durch eine Plastikkummantelung gegen Umwelteinflüsse wie Wassereintritte etc. geschützt (Beilage 8).

#### 4.5 Kosten, Nutzen, Amortisation

Vergleicht man die Kosten, welche für die Isolation dieses obersten Abschnittes der Erdwärmesonden plus die dafür nötige Bohrlochaufweitung aufgewendet werden muss mit den durch diesen Einbau eingesparten Betriebskosten (Strom für die Wärmepumpe) so lässt sich erkennen, dass im Falle des Forschungsprojektes in Otelfingen eine Amortisationszeit von Isolationskosten von rund 15 Jahren resultiert. Im Projekt in Seengen wurden keine Vergleichsberechnungen vorgenommen und im Falle des letzten Forschungsprojektes in Aarau liegen noch keine definitiven Zahlen vor. Durch eine Kommerzialisierung der Isolationsarbeiten dürften die Kosten jedoch noch sinken und die Amortisationszeit sich dadurch wesentlich verkürzen.

#### 4.6 Abschliessende Bilanz

Mit dem vorliegenden Evaluationsverfahren kann, unter Bezug der durch die Forschungsprojekte erarbeiteten Grundlagen, eindeutig ermittelt werden, ob eine Isolation empfehlenswert ist oder verworfen werden kann. Einschränkend muss dazu gesagt werden, dass dies zurzeit nur unter Wärmeentzugsverhältnissen garantiert werden kann.

Betrachtet man die Ergebnisse abschliessend, so wird ersichtlich, dass:

- Eine Isolation vor allem dort notwendig wird, wo die Sonden relativ tief in den Erdschichten eingebunden sind und somit auch hohe Vorlauftemperaturen resultieren.
- Eine Isolation nicht notwendig wird, wo die Sonden relativ kurz sind und die Vorlauftemperaturen somit tief liegen (mit Glykoleinsatz bei Temperaturen < als 0°C).

Nicht abschliessend beurteilt werden können zurzeit der unterschiedliche Einfluss des Erdreichaufbaus im obersten Teil des Sondensystems (Moräne, Kalk, Granit etc.) bzw. die Auswirkungen von Hangwasserbewegungen, die Rückführung der Betriebsabwärme in den Sommermonaten sowie, bei unter dem Gebäude liegenden Sonden, der Einfluss der Gebäudewärme auf den Boden.

## 5. AUSBLICK

Das hier vorgestellte Evaluationsverfahren muss in einem weiteren Forschungsprojekt verfeinert werden, indem die schon angesprochenen Faktoren wie Einfluss des Erdreichaufbaus im obersten Sondenabschnitt, Lage des Gebäudes, Rückführung der Betriebsabwärme, Grenztiefe, ab welcher die Sonde isoliert werden muss, Durchflussverhältnisse und weitere Faktoren berücksichtigt werden.

## 6. GRUNDLAGEN / LITERATUR

- EBERHARD & Partner AG, „Wirtschaftlichkeitsermittlung einer Sondenisolation im obersten Abschnitt einer Erdwärmesondenanlage“, Otelfingen (ZH), November 2003, im Auftrag des BFE, DIS-Projekt Nr.: 30'603
- EBERHARD & Partner AG, „Wärmepumpen-Anlage Chestonag Automation AG“, Seengen (AG), Februar 2004, im Auftrag des BFE, DIS-Projekt Nr.: 35'889
- EBERHARD & Partner AG, „Erdwärmesondenfeld im Free Cooling System, zweijährige Erfolgskontrolle“, Aarau, noch nicht abgeschlossen, im Auftrag des BFE, DIS-Projekt Nr.: 44'128
- Ernst Blümel und Co., AEE INTEC, „The integrated design process for low energy office buildings, Mai 2003
- EPFL (ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE) „Überbauung „Bahnhof Süd“, Aarau – 2ème test réponse thermique du terrain“ 27. Januar 2003.
- Geologisches Büro Dr. U. Schärli, Thermische Messungen an Bohrproben, 29. April 2002.
- SIA, BFE, „Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme“ 1996, SIA Dokumentation D 0136

## 7. BEILAGEN

- 1a,b      Evaluationsverfahren zur Bestimmung der Notwendigkeit einer Isolation

- 2a,b Verifizierung der Notwendigkeit eines Isolationseinsatzes
- 3 Jahrestemperaturverlauf im ungestörten und im gestressten Erdreich
- 4 Jahrestemperaturverlauf in der Sole des entsprechenden Sondensystems
- 5 Jahrestemperaturverlauf in der Sole von isolierten Sondensystemen
- 6 Vergleich der Erdreichtemperaturen im isolierten Abschnitt mit den ungestressten Erdreichtemperaturen
- 6 Prinzipschema der drei betrachteten Erdwärmesondenanlagen
- 7 Fotodokumentation

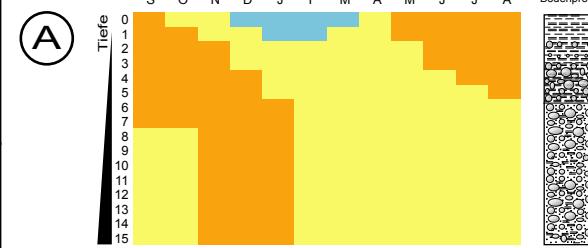
# Evaluationsverfahren zur Bestimmung der Notwendigkeit einer Isolation

Aarau, 2.11.04

## Isolation von Erdwärmesonden

EBERHARD & Partner AG  
Geologie • Energie • Umwelt

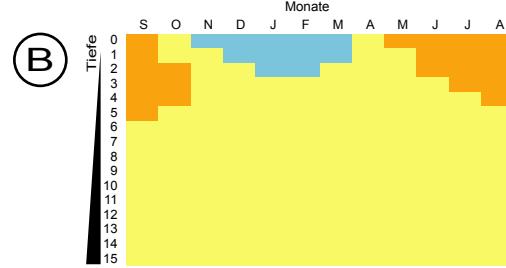
Erdreichtemperaturen natürlich [aus: AEE INTEC, 2002]



Jahrestemperaturen im ungestörten Erdreich

Abkühlung infolge Wärmeentzug durch die Erdwärmesonden

Erdreichtemperaturen gestresst [vgl. Bericht 3.2]



Jahrestemperaturen im abgekühlten Erdreich

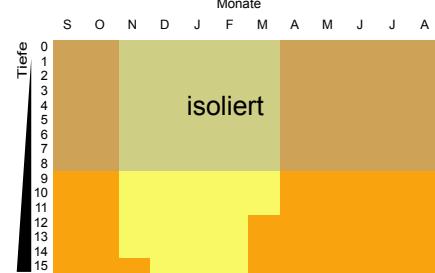
Legende zu Graphik A bis C

- Temperatur > 10°C
- Temperatur < 10°C und > 3°C
- Temperatur < 3°C

Legende zu Graphik D

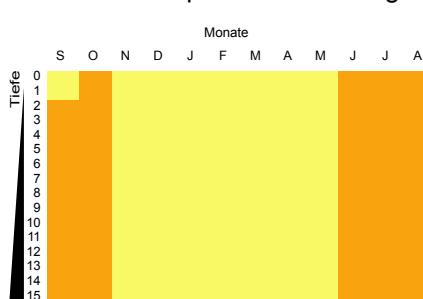
- Erdreichtemperatur tiefer als Soletemperatur
- Erdreichtemperatur höher als Soletemperatur
- Isolation ja
- Isolation nein

Soletemperaturen Seengen, Chestonag AG

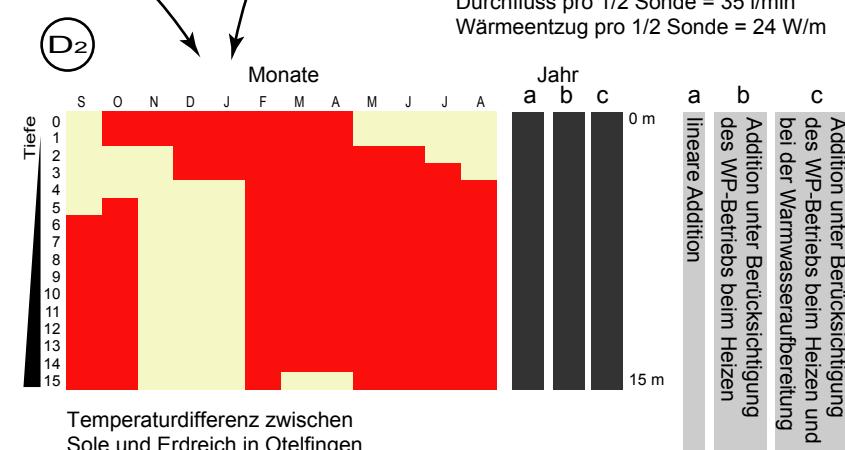
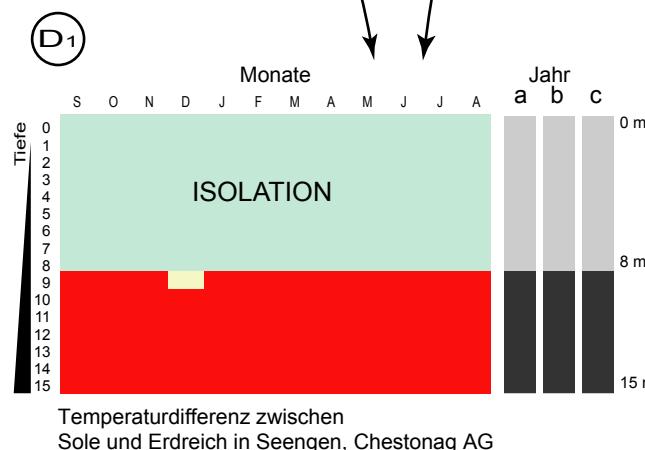


Jahrestemperaturverlauf der Sole der Wärmepumpenanlage in Seengen (Chestonag AG)  
Sondertiefe = 250 m  
Durchfluss pro Sonde = 75.3 l/min  
Wärmeentzug = 49.7 W/m

Soletemperaturen Otelfingen



Jahrestemperaturverlauf der Sole der Wärmepumpenanlage in Otelfingen, AG (DEFH)  
Sondertiefe = 220 m, nur 1/2 Sonde  
Durchfluss pro 1/2 Sonde = 35 l/min  
Wärmeentzug pro 1/2 Sonde = 24 W/m



Addition unter Berücksichtigung des WP-Betriebs beim Heizen und bei der Warmwasserbereitung  
Addition unter Berücksichtigung des WP-Betriebs beim Heizen  
lineare Addition

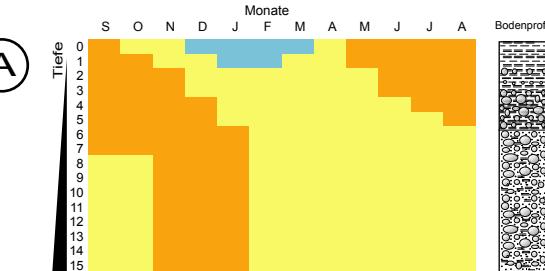
## Evaluationsverfahren zur Bestimmung der Notwendigkeit einer Isolation

A 537  
Aarau, 2.11.04

Isolation von Erdwärmesonden

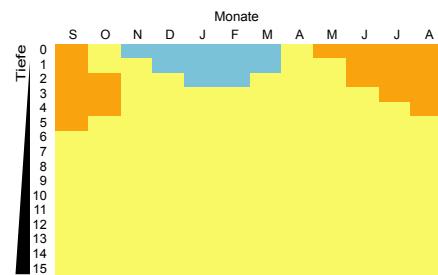
EBERHARD & Partner AG  
Geologie • Energie • Umwelt

Erdreichtemperaturen natürlich [aus: AEE INTEC, 2002]



Jahrestemperaturen im ungestörten Erdreich  
Abkühlung infolge Wärmeentzug durch die Erdwärmesonden

Erdreichtemperaturen gestresst [vgl. Bericht 3.2]



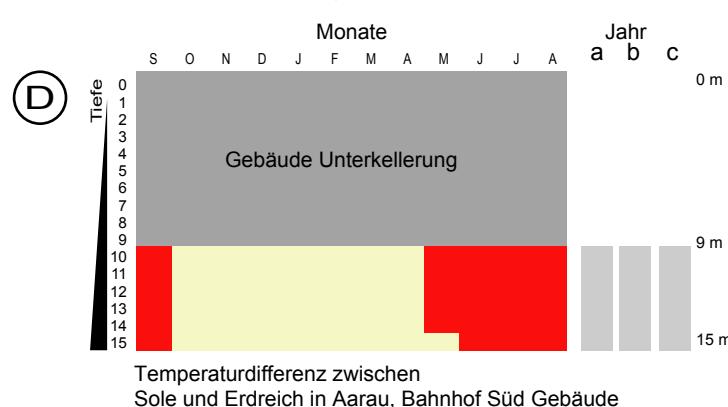
Jahrestemperaturen im abgekühlten Erdreich

Legende zu Graphik A bis C		
Temperatur > 10°C		
Temperatur < 10°C und > 3°C		
Temperatur < 3°C		
Legende zu Graphik D		
Erdreichtemperatur tiefer als Soletemperatur		
Erdreichtemperatur höher als Soletemperatur		
Isolation ja		
Isolation nein		

Soletemperaturen Aarau, Bahnhof Süd Gebäude



Jahrestemperaturverlauf der Sole der Wärmepumpenanlage in Aarau, Bahnhof Süd Gebäude  
Sondertiefe = 150 m  
Sole mit 20% Glykolzusatz  
Durchfluss pro Sonde = 17.7 l/min  
Wärmeentzug = 32.4 W/m

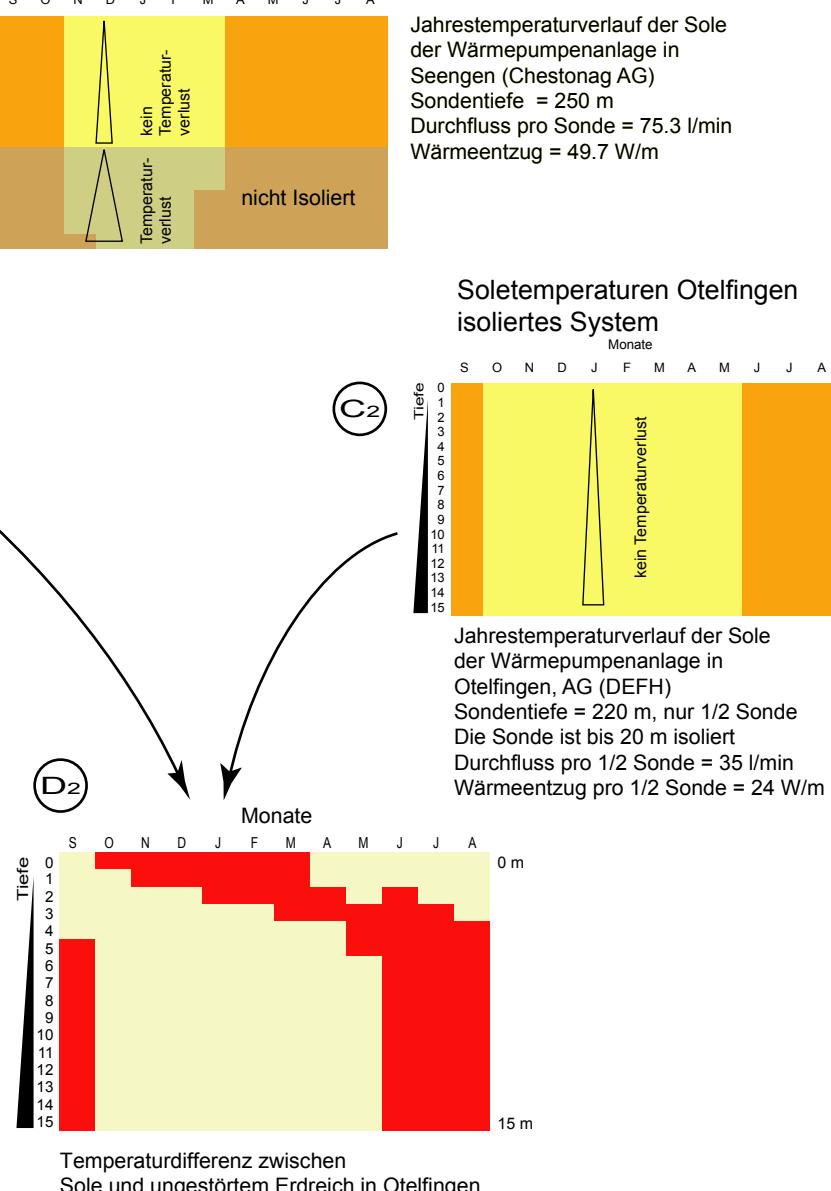
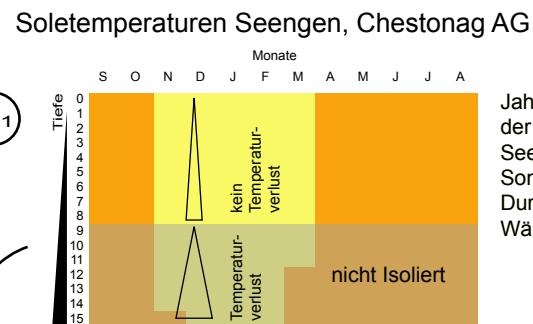
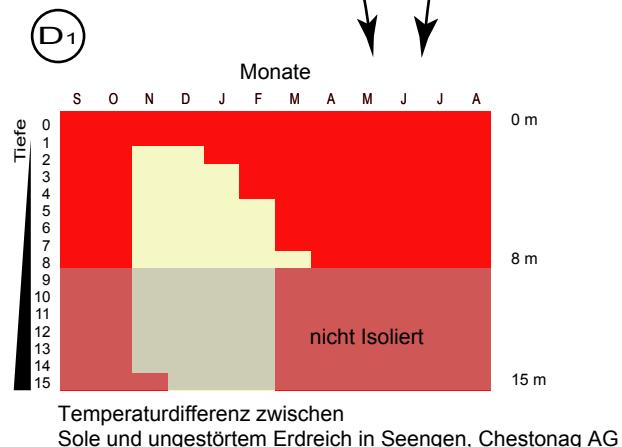
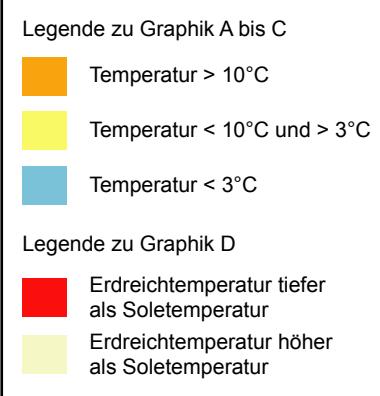
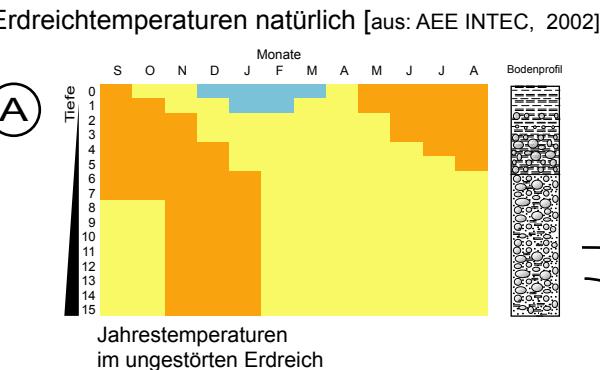


a	lineare Addition	Addition unter Berücksichtigung des WP-Betriebs beim Heizen und bei der Warmwasseraufbereitung
b	Addition unter Berücksichtigung des WP-Betriebs beim Heizen	

# Verifizierung der Notwendigkeit eines Isolationseinsatzes

A 537  
Aarau, 2.11.04

## Isolation von Erdwärmesonden

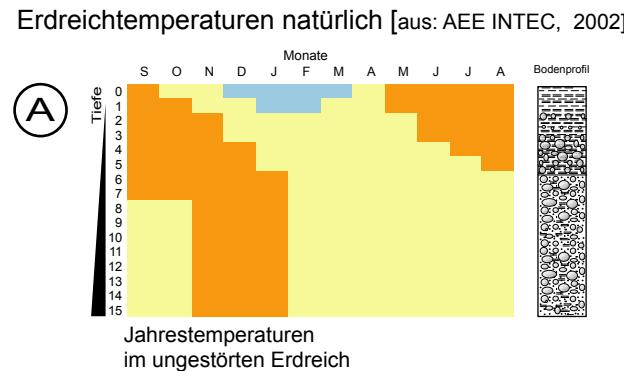


## Verifizierung der Notwendigkeit eines Isolationseinsatzes

A 537  
Aarau, 2.11.04

Isolation von Erdwärmesonden

EBERHARD & Partner AG  
Geologie • Energie • Umwelt



Soletemperaturen Aarau, Bahnhof Süd Gebäude



Jahrestemperaturverlauf der Sole der Wärmepumpenanlage in Aarau, Bahnhof Süd Gebäude  
Sondertiefe = 150 m, bis 8 m isoliert  
Sole mit 20% Glykolzusatz  
Durchfluss pro Sonde = 18.8 l/min  
Wärmeentzug = 35.5 W/m



Temperaturdifferenz zwischen Sole und ungestörttem Erdreich in Aarau, Bahnhof Süd Gebäude

Legende zu Graphik A bis C  
Temperatur > 10°C  
Temperatur < 10°C und > 3°C  
Temperatur < 3°C  
  
Legende zu Graphik D  
Erdreichtemperatur tiefer als Soletemperatur  
Erdreichtemperatur höher als Soletemperatur

Jahrestemperaturverlauf im ungestörten und im gestressten Erdreich												
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Jahrestemperaturverlauf in ungestörtem Erdreich, trockener Kies												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
0	14.20	9.50	4.00	0.00	-5.00	-3.00	2.00	9.00	13.00	16.00	17.80	17.70
1	14.05	11.00	7.15	4.00	0.50	1.00	3.75	7.90	11.10	13.85	15.70	16.10
2	13.90	12.50	10.30	8.00	6.00	5.00	5.50	6.80	9.20	11.70	13.60	14.50
3	12.95	12.25	10.85	9.25	7.80	6.50	6.40	7.05	8.60	10.35	12.05	13.00
4	12.00	12.00	11.40	10.50	9.60	8.00	7.30	7.30	8.00	9.00	10.50	11.50
5	11.25	11.40	11.20	10.65	9.90	8.75	8.05	7.90	8.20	8.80	9.85	10.75
6	10.50	10.80	11.00	10.80	10.20	9.50	8.80	8.50	8.40	8.60	9.20	10.00
7	10.15	10.40	10.65	10.55	10.20	9.75	9.25	8.90	8.75	8.80	9.15	9.70
8	9.80	10.00	10.30	10.30	10.20	10.00	9.70	9.30	9.10	9.00	9.10	9.40
9	9.83	10.00	10.26	10.26	10.18	10.00	9.74	9.39	9.21	9.13	9.21	9.48
10	9.85	10.00	10.23	10.23	10.15	10.00	9.78	9.48	9.33	9.25	9.33	9.55
11	9.88	10.00	10.19	10.19	10.13	10.00	9.81	9.56	9.44	9.38	9.44	9.63
12	9.90	10.00	10.15	10.15	10.10	10.00	9.85	9.65	9.55	9.50	9.55	9.70
13	9.93	10.00	10.11	10.11	10.08	10.00	9.89	9.74	9.66	9.63	9.66	9.78
14	9.95	10.00	10.08	10.08	10.05	10.00	9.93	9.83	9.78	9.75	9.78	9.85
15	9.98	10.00	10.04	10.04	10.03	10.00	9.96	9.91	9.89	9.88	9.89	9.93

Quelle: AEE INTEC, E. Blümel, Gebäudekühlung über Erdreichwärmetauscher- passive Kühlkonzepte, 2002

Jahrestemperaturverlauf im abgekühlten Erdreich durch den Wärmeentzug												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
0	13.00	8.10	1.90	-3.12	-8.67	-5.83	-0.39	7.32	11.40	14.50	16.40	16.40
1	12.85	9.60	5.05	0.88	-3.17	-1.83	1.36	6.22	9.50	12.35	14.30	14.80
2	12.70	11.10	8.20	4.88	2.33	2.17	3.11	5.12	7.60	10.20	12.20	13.20
3	11.75	10.85	8.75	6.13	4.13	3.67	4.01	5.37	7.00	8.85	10.65	11.70
4	10.80	10.60	9.30	7.38	5.93	5.17	4.91	5.62	6.40	7.50	9.10	10.20
5	10.05	10.00	9.10	7.53	6.23	5.92	5.66	6.22	6.60	7.30	8.45	9.45
6	9.30	9.40	8.90	7.68	6.53	6.67	6.41	6.82	6.80	7.10	7.80	8.70
7	8.95	9.00	8.55	7.43	6.53	6.92	6.86	7.22	7.15	7.30	7.75	8.40
8	8.60	8.60	8.20	7.18	6.53	7.17	7.31	7.62	7.50	7.50	7.70	8.10
9	8.63	8.60	8.17	7.14	6.51	7.17	7.34	7.71	7.61	7.63	7.81	8.18
10	8.65	8.60	8.13	7.11	6.49	7.17	7.38	7.78	7.71	7.73	7.91	8.24
11	8.67	8.60	8.11	7.08	6.47	7.17	7.41	7.85	7.80	7.83	8.00	8.30
12	8.68	8.60	8.08	7.06	6.45	7.17	7.43	7.91	7.87	7.91	8.07	8.35
13	8.70	8.60	8.06	7.03	6.44	7.17	7.45	7.96	7.94	7.99	8.14	8.39
14	8.71	8.60	8.04	7.02	6.42	7.17	7.47	8.01	8.00	8.05	8.20	8.43
15	8.72	8.60	8.02	7.00	6.41	7.17	7.49	8.04	8.05	8.11	8.25	8.46

Quelle: EBERHARD & Partner AG, Jahrestemperaturverlauf im ungestörten Erdreich abzüglich der Erdreichabkühlung aus dem Forschungsprojekt in Seengen

A 537	Isolation von Erdwärmesonden, Zusammenstellung der Ergebnisse aus Messprojekten	EBERHARD & Partner AG Geologie • Energie • Umwelt
18.02.2005		

BEILAGE 4

Jahrestemperaturverlauf in der Sole des entsprechenden Sondensystems

Soletemperaturen (°C) der Erdwärmesondenanlage in Otelfingen

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	9.98	10.22	7.14	6.34	5.90	7.24	7.49	7.98	8.94	10.31	11.05	11.22
	1	9.99	10.23	7.15	6.34	5.90	7.25	7.49	7.98	8.95	10.33	11.07	11.24
	2	10.00	10.25	7.15	6.34	5.90	7.25	7.50	7.99	8.96	10.35	11.10	11.26
	3	10.02	10.26	7.16	6.34	5.90	7.26	7.50	8.00	8.97	10.37	11.12	11.28
	4	10.03	10.28	7.16	6.35	5.90	7.26	7.51	8.01	8.98	10.39	11.14	11.30
	5	10.05	10.30	7.17	6.35	5.90	7.27	7.52	8.02	8.99	10.40	11.16	11.32
	6	10.06	10.31	7.17	6.35	5.91	7.27	7.52	8.02	9.00	10.42	11.18	11.34
	7	10.08	10.33	7.18	6.35	5.91	7.28	7.53	8.03	9.01	10.44	11.21	11.37
	8	10.09	10.34	7.18	6.35	5.91	7.28	7.54	8.04	9.03	10.46	11.23	11.39
	9	10.11	10.36	7.19	6.35	5.91	7.29	7.54	8.05	9.04	10.48	11.25	11.41
	10	10.12	10.38	7.19	6.36	5.91	7.29	7.55	8.05	9.05	10.50	11.27	11.43
	11	10.14	10.39	7.20	6.36	5.91	7.30	7.55	8.06	9.06	10.52	11.29	11.45
	12	10.15	10.41	7.20	6.36	5.91	7.30	7.56	8.07	9.07	10.53	11.32	11.47
	13	10.17	10.42	7.21	6.36	5.92	7.31	7.57	8.08	9.08	10.55	11.34	11.49
	14	10.18	10.44	7.21	6.36	5.92	7.31	7.57	8.09	9.09	10.57	11.36	11.52
	15	10.19	10.46	7.22	6.36	5.92	7.32	7.58	8.09	9.10	10.59	11.38	11.54

Soletemperaturen (°C) der Erdwärmesondenanlage in Seengen

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	16.77	13.26	8.88	6.78	6.29	8.34	9.57	11.10	15.00	19.78	17.54	17.21
	1	16.78	13.27	8.89	6.79	6.30	8.35	9.58	11.11	15.01	19.78	17.55	17.22
	2	16.78	13.28	8.89	6.79	6.31	8.36	9.58	11.11	15.01	19.79	17.55	17.22
	3	16.79	13.29	8.90	6.80	6.31	8.36	9.59	11.12	15.02	19.79	17.56	17.23
	4	16.80	13.30	8.90	6.81	6.32	8.37	9.60	11.13	15.03	19.80	17.56	17.23
	5	16.80	13.30	8.91	6.81	6.33	8.38	9.60	11.13	15.03	19.80	17.57	17.24
	6	16.81	13.31	8.92	6.82	6.34	8.39	9.61	11.14	15.04	19.81	17.57	17.24
	7	16.82	13.32	8.92	6.83	6.34	8.39	9.62	11.15	15.04	19.81	17.58	17.25
	8	16.88	13.40	8.97	6.89	6.41	8.46	9.68	11.21	15.10	19.85	17.62	17.30
	9	16.75	13.45	9.08	7.03	6.54	8.56	9.76	11.27	14.93	19.60	17.64	17.33
	10	16.62	13.50	9.20	7.17	6.67	8.65	9.84	11.33	14.77	19.35	17.66	17.36
	11	16.50	13.55	9.31	7.30	6.80	8.75	9.92	11.40	14.60	19.10	17.69	17.38
	12	16.37	13.60	9.42	7.44	6.93	8.85	10.01	11.46	14.43	18.86	17.71	17.41
	13	16.24	13.64	9.53	7.58	7.06	8.94	10.09	11.52	14.27	18.61	17.73	17.44
	14	16.11	13.69	9.65	7.72	7.19	9.04	10.17	11.58	14.10	18.36	17.75	17.47
	15	15.98	13.74	9.76	7.86	7.32	9.13	10.25	11.64	13.93	18.11	17.77	17.49

Die Sonden  
sind bis 8 m Tiefe  
isoliert

Soletemperaturen (°C) der Erdwärmesondenanlage in Aarau

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	13.10	8.51	5.42	4.14	3.56	3.78	4.16	7.13	9.28	14.03	14.03	13.36
	1	13.16	8.39	5.32	4.05	3.44	3.68	4.05	7.01	9.12	13.65	14.11	13.51
	2	13.23	8.28	5.22	3.95	3.33	3.57	3.94	6.88	8.97	13.27	14.20	13.66
	3	13.29	8.16	5.12	3.85	3.21	3.46	3.84	6.76	8.81	12.88	14.28	13.80
	4	13.35	8.05	5.02	3.75	3.10	3.35	3.73	6.64	8.65	12.50	14.37	13.95
	5	13.42	7.93	4.92	3.66	2.99	3.24	3.62	6.52	8.50	12.12	14.45	14.10
	6	13.48	7.82	4.82	3.56	2.87	3.14	3.51	6.39	8.34	11.74	14.54	14.25
	7	13.55	7.70	4.72	3.46	2.76	3.03	3.40	6.27	8.19	11.36	14.62	14.40
	8	13.61	7.59	4.63	3.37	2.64	2.92	3.29	6.15	8.03	10.97	14.71	14.54
	9	13.67	7.47	4.53	3.27	2.53	2.81	3.18	6.03	7.87	10.59	14.79	14.69
	10	13.74	7.35	4.43	3.17	2.42	2.70	3.08	5.90	7.72	10.21	14.88	14.84
	11	13.80	7.24	4.33	3.08	2.30	2.60	2.97	5.78	7.56	9.83	14.96	14.99
	12	13.86	7.12	4.23	2.98	2.19	2.49	2.86	5.66	7.40	9.45	15.05	15.13
	13	13.93	7.01	4.13	2.88	2.08	2.38	2.75	5.54	7.25	9.06	15.13	15.28
	14	13.99	6.89	4.03	2.79	1.96	2.27	2.64	5.41	7.09	8.68	15.22	15.43
	15	14.06	6.78	3.93	2.69	1.85	2.16	2.53	5.29	6.94	8.30	15.30	15.58

A 537	Isolation von Erdwärmesonden						EBERHARD & Partner AG Geologie • Energie • Umwelt					
18.02.2005												

## Jahrestemperaturverlauf in der Sole von isolierten Sondensystemen

Soletemperaturen ( $^{\circ}\text{C}$ ) der Erdwärmesondenanlage in Otelfingen

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	11.41	9.72	8.18	6.72	6.06	6.14	6.82	7.21	8.35	10.53	10.90	10.74
	1	11.42	9.74	8.19	6.72	6.07	6.14	6.83	7.22	8.36	10.55	10.92	10.75
	2	11.44	9.75	8.19	6.73	6.07	6.14	6.84	7.23	8.37	10.56	10.93	10.76
	3	11.45	9.77	8.20	6.73	6.07	6.14	6.84	7.24	8.38	10.57	10.95	10.77
	4	11.47	9.78	8.21	6.74	6.08	6.14	6.85	7.25	8.38	10.59	10.96	10.78
	5	11.48	9.80	8.22	6.74	6.08	6.15	6.85	7.26	8.39	10.60	10.97	10.79
	6	11.49	9.81	8.22	6.75	6.08	6.15	6.86	7.26	8.40	10.62	10.99	10.80
	7	11.51	9.83	8.23	6.75	6.08	6.15	6.86	7.27	8.41	10.63	11.00	10.81
	8	11.52	9.84	8.24	6.76	6.09	6.15	6.87	7.28	8.42	10.65	11.02	10.82
	9	11.54	9.86	8.25	6.76	6.09	6.15	6.88	7.29	8.43	10.66	11.03	10.84
	10	11.55	9.87	8.25	6.77	6.09	6.15	6.88	7.30	8.44	10.67	11.04	10.85
	11	11.57	9.89	8.26	6.77	6.10	6.15	6.89	7.31	8.44	10.69	11.06	10.86
	12	11.58	9.90	8.27	6.78	6.10	6.16	6.89	7.31	8.45	10.70	11.07	10.87
	13	11.59	9.92	8.28	6.78	6.10	6.16	6.90	7.32	8.46	10.72	11.08	10.88
	14	11.61	9.93	8.29	6.79	6.11	6.16	6.91	7.33	8.47	10.73	11.10	10.89
	15	11.62	9.95	8.29	6.79	6.11	6.16	6.91	7.34	8.48	10.75	11.11	10.90

## Soletemperaturen (°C) der Erdwärmesondenanlage in Seengen

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
0	0	16.77	13.26	8.88	6.78	6.29	8.34	9.57	11.10	15.00	19.78	17.54	17.21
1	1	16.78	13.27	8.89	6.79	6.30	8.35	9.58	11.11	15.01	19.78	17.55	17.22
2	2	16.78	13.28	8.89	6.79	6.31	8.36	9.58	11.11	15.01	19.79	17.55	17.22
3	3	16.79	13.29	8.90	6.80	6.31	8.36	9.59	11.12	15.02	19.79	17.56	17.23
4	4	16.80	13.30	8.90	6.81	6.32	8.37	9.60	11.13	15.03	19.80	17.56	17.23
5	5	16.80	13.30	8.91	6.81	6.33	8.38	9.60	11.13	15.03	19.80	17.56	17.24
6	6	16.81	13.31	8.92	6.82	6.34	8.39	9.61	11.14	15.04	19.81	17.57	17.24
7	7	16.82	13.32	8.92	6.83	6.34	8.39	9.62	11.15	15.04	19.81	17.58	17.25
8	8	16.88	13.40	8.97	6.89	6.41	8.46	9.68	11.21	15.10	19.85	17.62	17.30
9	9	16.75	13.45	9.08	7.03	6.54	8.56	9.76	11.27	14.93	19.60	17.64	17.33
10	10	16.62	13.50	9.20	7.17	6.67	8.65	9.84	11.33	14.77	19.35	17.66	17.36
11	11	16.50	13.55	9.31	7.30	6.80	8.75	9.92	11.40	14.60	19.10	17.69	17.38
12	12	16.37	13.60	9.42	7.44	6.93	8.85	10.01	11.46	14.43	18.86	17.71	17.41
13	13	16.24	13.64	9.53	7.58	7.06	8.94	10.09	11.52	14.27	18.61	17.73	17.44
14	14	16.11	13.69	9.65	7.72	7.19	9.04	10.17	11.58	14.10	18.36	17.75	17.47
15	15	15.98	13.74	9.76	7.86	7.32	9.13	10.25	11.64	13.93	18.11	17.77	17.49

ab 8 m sind die Sonden nicht isoliert

Soletemperaturen ( $^{\circ}\text{C}$ ) der Erdwärmesondenanlage in Aarau

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
0	15.30	7.18	5.16	4.05	3.21	3.35	3.53	5.76	7.23	9.36	16.08	11.49	
1	15.31	7.19	5.17	4.06	3.22	3.36	3.54	5.77	7.24	9.37	16.09	11.50	
2	15.31	7.19	5.17	4.06	3.22	3.36	3.54	5.77	7.24	9.37	16.09	11.50	
3	15.32	7.20	5.18	4.07	3.23	3.37	3.55	5.78	7.25	9.38	16.10	11.51	
4	15.33	7.21	5.19	4.08	3.24	3.38	3.56	5.79	7.26	9.39	16.11	11.52	
5	15.33	7.21	5.19	4.08	3.24	3.38	3.56	5.79	7.26	9.39	16.11	11.52	
6	15.34	7.22	5.20	4.09	3.25	3.39	3.57	5.80	7.27	9.40	16.12	11.53	
7	15.34	7.22	5.20	4.09	3.25	3.39	3.57	5.80	7.27	9.40	16.12	11.53	
8	15.40	7.28	5.26	4.15	3.31	3.45	3.63	5.86	7.33	9.46	16.18	11.59	
9	15.30	7.24	5.22	4.09	3.22	3.37	3.54	5.79	7.26	9.37	16.16	11.51	
10	15.19	7.21	5.19	4.03	3.12	3.28	3.46	5.71	7.18	9.29	16.13	11.44	
11	15.09	7.17	5.15	3.96	3.03	3.20	3.37	5.64	7.11	9.20	16.11	11.36	
12	14.99	7.14	5.11	3.90	2.94	3.11	3.28	5.57	7.04	9.12	16.09	11.29	
13	14.88	7.10	5.07	3.84	2.85	3.03	3.20	5.50	6.96	9.03	16.07	11.21	
14	14.78	7.07	5.04	3.78	2.75	2.94	3.11	5.42	6.89	8.95	16.04	11.14	
15	14.68	7.03	5.00	3.71	2.66	2.86	3.02	5.35	6.82	8.86	16.02	11.06	

ab 8 m sind die Sonden nicht isoliert

A 537 Isolation von Erdwärmesonden EBERHARD & Partner AG  
18.02.2005 Geologie • Energie • Umwelt

BEILAGE 6

Vergleich der Erdreichtemperaturen im isolierten Abschnitt mit den ungestressten Erdreichtemperaturen

Soletemperaturen minus Erdreichtemperaturen der Erdwärmesondenanlage in

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	2.79	-0.22	-4.18	-6.72	-11.06	-9.14	-4.82	1.79	4.65	5.47	6.90	6.96
	1	2.63	1.26	-1.04	-2.72	-5.57	-5.14	-3.08	0.68	2.74	3.30	4.78	5.35
	2	2.46	2.75	2.11	1.27	-0.07	-1.14	-1.34	-0.43	0.83	1.14	2.67	3.74
	3	1.50	2.48	2.65	2.52	1.73	0.36	-0.44	-0.19	0.22	-0.22	1.10	2.23
	4	0.53	2.22	3.19	3.76	3.53	1.86	0.45	0.05	-0.38	-1.59	-0.46	0.72
	5	-0.23	1.60	2.98	3.91	3.82	2.60	1.20	0.64	-0.19	-1.80	-1.12	-0.04
	6	-0.99	0.99	2.78	4.05	4.12	3.35	1.94	1.24	0.00	-2.02	-1.79	-0.80
	7	-1.36	0.57	2.42	3.80	4.12	3.60	2.39	1.63	0.34	-1.83	-1.85	-1.11
	8	-1.72	0.16	2.06	3.54	4.11	3.85	2.83	2.02	0.68	-1.65	-1.92	-1.42
	9	-1.71	0.14	2.02	3.50	4.09	3.85	2.86	2.10	0.79	-1.54	-1.82	-1.36
	10	-1.70	0.13	1.97	3.46	4.06	3.85	2.89	2.18	0.89	-1.42	-1.72	-1.30
	11	-1.69	0.11	1.92	3.42	4.03	3.85	2.92	2.26	0.99	-1.31	-1.62	-1.23
	12	-1.68	0.10	1.88	3.37	4.00	3.84	2.96	2.34	1.10	-1.20	-1.52	-1.17
	13	-1.67	0.08	1.83	3.33	3.97	3.84	2.99	2.42	1.20	-1.09	-1.42	-1.10
	14	-1.66	0.07	1.79	3.29	3.94	3.84	3.02	2.49	1.30	-0.98	-1.32	-1.04
	15	-1.65	0.05	1.74	3.25	3.92	3.84	3.05	2.57	1.41	-0.87	-1.22	-0.98

Soletemperaturen minus Erdreichtemperaturen der Erdwärmesondenanlage in Seengen

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	-2.57	-3.76	-4.88	-6.78	-11.29	-11.34	-7.57	-2.10	-2.00	-3.78	0.26	0.49
	1	-2.73	-2.27	-1.74	-2.79	-5.80	-7.35	-5.83	-3.21	-3.91	-5.93	-1.85	-1.12
	2	-2.88	-0.78	1.41	1.21	-0.31	-3.36	-4.08	-4.31	-5.81	-8.09	-3.95	-2.72
	3	-3.84	-1.04	1.95	2.45	1.49	-1.86	-3.19	-4.07	-6.42	-9.44	-5.51	-4.23
	4	-4.80	-1.30	2.50	3.69	3.28	-0.37	-2.30	-3.83	-7.03	-10.80	-7.06	-5.73
	5	-5.55	-1.90	2.29	3.84	3.57	0.37	-1.55	-3.23	-6.83	-11.00	-7.71	-6.49
	6	-6.31	-2.51	2.09	3.98	3.87	1.12	-0.81	-2.64	-6.64	-11.21	-8.37	-7.24
	7	-6.67	-2.92	1.73	3.72	3.86	1.36	-0.37	-2.25	-6.29	-11.01	-8.42	-7.55
	8	-7.08	-3.40	1.33	3.41	3.79	1.54	0.02	-1.91	-6.00	-10.85	-8.52	-7.90
	9	-8.13	-4.85	-0.92	0.12	-0.03	-1.38	-2.42	-3.57	-7.32	-11.98	-9.83	-9.15
	10	-7.98	-4.90	-1.06	-0.06	-0.18	-1.48	-2.47	-3.55	-7.06	-11.62	-9.75	-9.11
	11	-7.83	-4.95	-1.20	-0.22	-0.33	-1.58	-2.52	-3.55	-6.80	-11.27	-9.69	-9.08
	12	-7.68	-5.00	-1.34	-0.39	-0.48	-1.67	-2.57	-3.55	-6.56	-10.94	-9.64	-9.06
	13	-7.54	-5.04	-1.47	-0.55	-0.63	-1.77	-2.63	-3.56	-6.33	-10.62	-9.59	-9.05
	14	-7.40	-5.09	-1.61	-0.70	-0.77	-1.87	-2.70	-3.58	-6.10	-10.31	-9.56	-9.03
	15	-7.26	-5.14	-1.74	-0.86	-0.91	-1.96	-2.76	-3.60	-5.89	-10.00	-9.53	-9.03

ab 8 m sind die Sonden nicht isoliert

Soletemperaturen minus Erdreichtemperaturen der Erdwärmesondenanlage in Aarau

Meter	Tiefe	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug
	0	-1.10	2.32	-1.16	-4.05	-8.21	-6.35	-1.53	3.24	5.77	6.64	1.72	6.21
	1	-1.26	3.81	1.98	-0.06	-2.72	-2.36	0.21	2.13	3.86	4.48	-0.39	4.60
	2	-1.41	5.31	5.13	3.94	2.78	1.64	1.96	1.03	1.96	2.33	-2.49	3.00
	3	-2.37	5.05	5.67	5.18	4.57	3.13	2.85	1.27	1.35	0.97	-4.05	1.49
	4	-3.33	4.80	6.22	6.43	6.37	4.63	3.75	1.52	0.75	-0.38	-5.61	-0.01
	5	-4.08	4.19	6.01	6.57	6.66	5.37	4.49	2.11	0.94	-0.59	-6.26	-0.77
	6	-4.84	3.58	5.80	6.71	6.95	6.11	5.23	2.70	1.13	-0.80	-6.92	-1.53
	7	-5.19	3.18	5.45	6.46	6.95	6.36	5.68	3.10	1.48	-0.60	-6.97	-1.83
	8	-5.60	2.72	5.04	6.15	6.89	6.55	6.07	3.44	1.77	-0.46	-7.08	-2.19
	9	-5.47	2.76	5.04	6.18	6.96	6.64	6.19	3.60	1.96	-0.25	-6.94	-2.04
	10	-5.34	2.79	5.04	6.20	7.03	6.72	6.32	3.76	2.14	-0.04	-6.81	-1.89
	11	-5.22	2.83	5.04	6.23	7.09	6.81	6.44	3.92	2.33	0.17	-6.67	-1.74
	12	-5.09	2.86	5.04	6.25	7.16	6.89	6.57	4.08	2.51	0.38	-6.54	-1.59
	13	-4.96	2.90	5.04	6.28	7.23	6.98	6.69	4.24	2.70	0.59	-6.40	-1.44
	14	-4.83	2.94	5.04	6.30	7.30	7.06	6.82	4.40	2.88	0.80	-6.27	-1.29
	15	-4.70	2.97	5.04	6.33	7.36	7.15	6.94	4.56	3.07	1.01	-6.13	-1.14

ab 8 m sind die Sonden nicht isoliert

- 1.00 Negative Werte (rot): Die Erdreichtemperatur ist tiefer als die Soletemperatur
- 1.00 Positive Werte (gelb): Die Erdreichtemperatur ist höher als die Soletemperatur

A 537	Isolation von Erdwärmesonden	EBERHARD & Partner AG Geologie • Energie • Umwelt
18.02.2005		

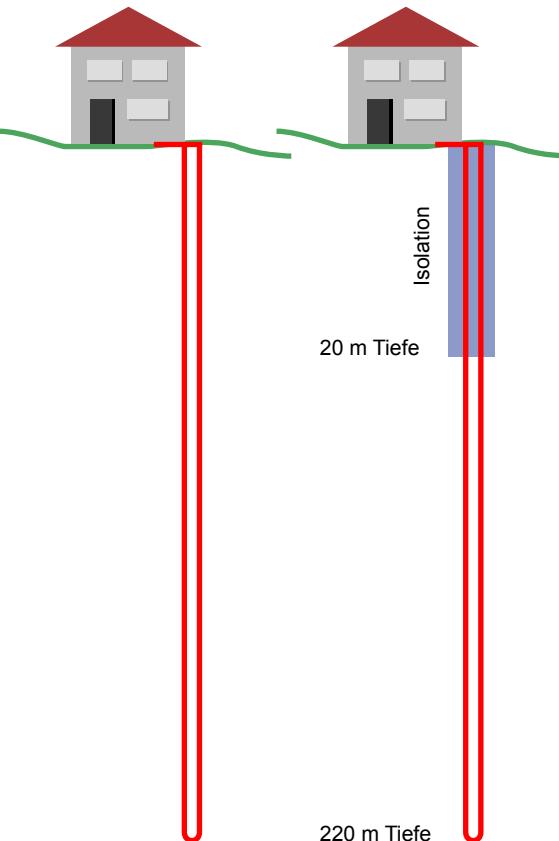
## Prinzipschema der 3 betrachteten Erdwärmesondenanlagen

A 537  
Aarau, 2.11.04

Isolation von Erdwärmesonden

EBERHARD & Partner AG  
Geologie • Energie • Umwelt

Otelfingen, DEFH



Seengen, Chestonag AG

8 m Tiefe

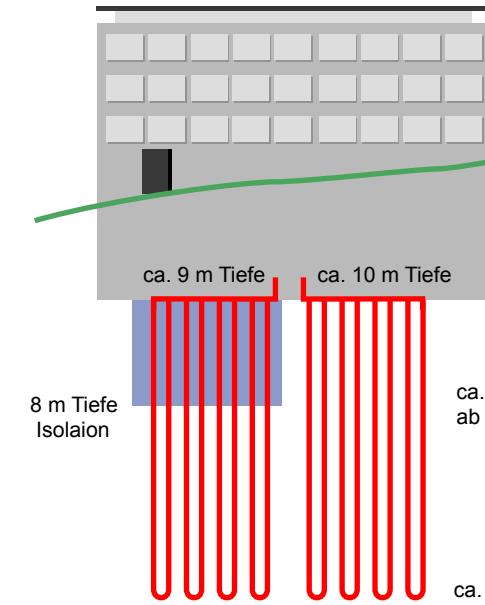
Isolation

250 m Tiefe

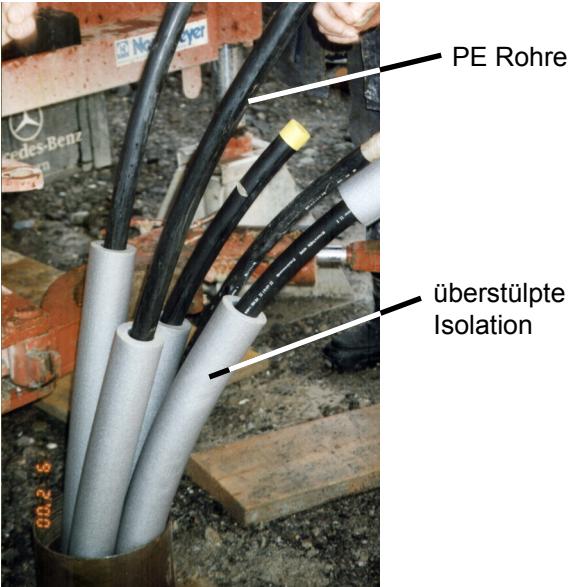
8 m Tiefe Isolation

250 m Tiefe Sonden

Aarau, Bahnhof Süd



## Fotos der unterschiedlichen Isolationsarten

A 537 Aarau, 17.2.05	Isolation von Erdwärmesonden	<p>Isolationssystem wie es in Otelfingen und Chestonag eingesetzt wurde</p>  <p>Die PE-Erdwärmesondenrohre sind mit einem 2 cm dicken Schaumstoffmantel (Tubolit) isoliert.</p>	<p>Isolationssystem wie es in Aarau (Bahnhof Süd) eingesetzt wurde</p>  <p>Eine 2 cm dicke Schaumstoffisolation ist auf das PE-Erdwärmesondenrohr wasserdicht aufgeschweisst.</p>
-------------------------	------------------------------	---	---