

# **Norddeutsche Geothermietagung**

## **Oberflächennahe Geothermie**

### **Optimierte Bauausführung durch Maßnahmen zur Qualitätssicherung**

Der Wärmeentzug aus einer Erdwärmesonde ist von zwei Faktoren abhängig, der Wärmeleitfähigkeit des angetroffenen Gesteins in der Bohrung und den Bohrm Metern. Diese beiden Parametern bieten auch die entscheidenden Fehlerquellen bzw. Möglichkeiten zum verbilligen der Gesamtkosten einer WP-Anlage!

Sowohl bei den Kosten für die Wärmepumpe und deren Installation als auch bei den Anschlusskosten sind keine großen Einsparmöglichkeiten gegeben. Bei realistischen Sondenmeterpreisen zwischen 40 – 50€ bieten sich insbesondere bei den Bohrungen die besten Möglichkeiten, die Gesamtkosten einer Wärmepumpenanlage zu reduzieren und wettbewerbsfähiger zu machen.

Die Sondenmeterpreise setzen sich aus den Kosten der Bohrung, dem Preis für die Erdwärmesondenrohre und den Verpresskosten zusammen. Während die Preise für konfektionierte, also einbaufertige Sonden mit verschweißtem Sondenfuß nur geringfügig unterscheiden, lassen sich bei den Bohrm Metern und den Verpressarbeiten für viele Auftraggeber und Betreiber unbemerkt die Kosten leicht reduzieren.

Bei vielen EWS-Anlagen wird pauschal eine Entzugsleistung von 50W/m Sondenlänge bei einer Doppel-U-Sonde angesetzt, obwohl die Wärmeleitfähigkeit und somit auch die Entzugsleistungen des Gesteins von vielen Faktoren und nicht zuletzt auch dem Betrieb der WP-Anlage abhängen.

Daher ist es auch notwendig, die bei der Bohrung gewonnenen Bodenproben und die Wasserverhältnisse zu begutachten. Bindige Böden und trockene Lockersedimente haben eine viel geringere Wärmeleitfähigkeit als homogene Festgesteine oder wassergesättigte Lockergesteine. Die Angaben schwanken nach der VDI 4640 Blatt 2 Tabelle 2, Stand 2001 zwischen 25W/m bis 85W/m.

Eigentlich sind die nach dem DVGW-Merkblatt W120 zertifizierten Bohrunternehmen verpflichtet, auf Grund der erbohrten Bohrproben eine Plausibilitätskontrolle vorzunehmen. Sie müssen also nachrechnen, ob die durchbohrten Bodenschichten und die Bohrmeter die geforderte Entzugleistung ermöglichen. Ist dies nicht der Fall, müssen sie auf diese Veränderung und die damit verbundenen Mehrkosten für weitere Bohr- und Sondenmeter hinweisen.

Da vielfach Pauschalverträge eine kurzfristige Veränderung der Bohr- und Sondenmeter erschweren, unterbleibt häufig eine Anpassung an die angetroffene Geologie. Insbesondere die Heizungsbauer oder Bauträger haben kein Interesse, die Bohrtiefen oder die Anzahl der Sonden zu erhöhen. Aber auch für das Bohrunternehmen sind geänderte Sondenlängen ein Problem, schließlich sind die vorkonfektionierten Sonden oft baustellenspezifisch bestellt. Ansonsten sollte eine

Erhöhung der Bohrmeter bzw. der Anzahl der Bohrungen für ein Bohrunternehmen eine willkommene Erweiterung des Auftrages sein.

Da eine Wärmepumpenanlage auch mit nicht ausreichend bemessenen Sondenlängen meist unproblematisch läuft, merken die meisten Kunden nicht, dass sie die fehlende Entzugsleistung mit teurem Strom aus der Steckdose ausgleichen.

Eine auf der Messe Geotherm in Offenburg vorgestellte Untersuchung der Effizienz von Wärmepumpenanlagen in Baden Württemberg macht deutlich, dass die Nutzer eine eher unkritische Haltung haben. Obwohl fast alle Befragten der Meinung waren, dass ihre Anlagen Energiekosten sparen und einen Beitrag zur CO<sub>2</sub> –Reduzierung beitragen, waren nur 3 mit Wärmemengennessern ausgestattet und keine dieser Anlagen erreichte eine Arbeitszahl über 4! Dieser Umstand erklärt vielleicht auch, warum eher selten Anlagenbetreiber Ausführungsmängel erkennen und deren Beseitigung einfordern.

Selbst eingefrorene Sonden oder Verteiler werden oft nicht oder sehr spät bemerkt, zum Beispiel durch Frosthebungen im Bereich der Anbindungen. Ein Einfrieren ist aber nicht immer ein Zeichen unzureichender Sondenlängen. Auch nicht fachgerecht ausgeführte Anbindungen führen zum Einfrieren einzelner Sonden. Dies ist immer dann möglich, wenn die Gesamtlänge einzelner Sonden plus deren Anbindung an einen Verteiler sehr unterschiedlich ist. Die kürzeste Sonde würde am stärksten genutzt und am ehesten einfrieren.

Durch einen sorgfältigen hydraulischen Abgleich mit so genannten Takko-Settern an den Verteilern können die Durchflusswiderstände in den einzelnen Sonden angeglichen werden. Wird penibelsorgfältig auf gleiche Sonden- und Anschlusslängen geachtet, können bis zu drei Sonden auch nach dem sog. Tichelmannprinzip ohne Verteiler zusammengefasst werden. Ein Verteiler ist aber immer vorzuziehen, damit spätere Probleme besser identifiziert werden können. Ein großes Risiko für Betreiber und Umwelt stellt eine nicht vorhandene oder unzureichende Verpressung des verbleibenden Ringraumes rund um die Sondenrohre dar. Sie soll ein Vermischen von Grundwasserleitern und das Eindringen von Oberflächenwasser in tiefere Grundwasserleiter verhindern. Gleichzeitig soll sie ein Anbinden der Sonden an das umgebende Gestein sicherstellen. Langfristig haftet der Betreiber für Schäden, die durch unzureichende Verpressmaßnahmen hervorgerufen werden können!

Die Verpressarbeiten machen rund ¼ der Kosten einer Erdwärmesondenbohrung aus und bieten daher eine gute Möglichkeit, die Herstellungskosten zu senken. Selbst eine zeitlich verzögerte Verpressung spart schon Verpresskosten, da in einem zusammengefallenen Bohrloch der Materialbedarf entsprechend geringer sein wird. Daher ist eine Verpressung unmittelbar nach Einbringen der Sonden erforderlich!

Noch schlimmer sind die Folgen, wenn eine Erdwärmesondenbohrung nicht verpresst wird. Eine Ausnahme bilden hier EWS, die nur im oberflächennahen Grundwasserleiter eingebracht werden und die keine Grundwasserstauer durchteufen. Diese Ausnahme lässt auch die VDI-Richtlinie für bis zu 50m tiefe Bohrungen zu.

Andererseits verlangen heute fast alle Genehmigungsbehörden eine vollständige Verpressung, um sich vor Diskussionen zu schützen. In sicher zu begründenden

Ausnahmefällen z.B. im Rheinkies sollte aber auf diese Forderung verzichtet werden. Schließlich bietet eine Wasser umströmte Sonde die beste Entzugsleistung! Am Rhein werden daher, soweit es die Platzverhältnisse zulassen, meist nur kurze Sonden eingebaut, um die schwierige Bohrtechnik in tiefer liegende Schichten zu vermeiden. Außerdem ist die Entzugsleistung in den tieferen bindigen Schichten weitaus geringer.

Der überwiegende Teil der EWS muss also mit geeigneten Materialien verpresst werden, die heute auf dem Markt auch in großer Auswahl zur Verfügung stehen. Neben der Wahl eines geeigneten Verpressmittels ermöglichen auch die Verpressarbeiten viele Fehlerquellen vor allem bei der fachgerechten Anmischung. Eine einfache Kontrolle der Suspensionsdichte könnte dieses verhindern. Leider wird darauf häufig verzichtet und der Nachweis einer ordnungsgemäßen Abdichtung ist in den meisten Fällen nicht gegeben.

Die sichtbare Zementschlämme am Sondenanfang ist keinesfalls ein Nachweis für eine fachgerecht durchgeführte Verpressung! Ist hier wirklich von unten nach oben verpresst worden oder reicht der Verpressschlauch nur wenige Meter in die Bohrung? Ist unmittelbar nach dem Einbau verpresst worden, oder war das Bohrloch schon zusammengefallen? Ist ein wirksames Verpressmaterial richtig angemischt worden oder nur eine Zementbrühe eingepumpt worden? All das lässt sich später kaum noch nachweisen. Ein Verpressprotokoll in Verbindung mit einer Rückstellprobe der verpressten Suspension und eine Bilddokumentation geben eine gewisse Sicherheit.

Die langfristigen Folgen nicht fachgerechter Verpressungen für die Umwelt liegen auf der Hand. Aber auch für den Betreiber der EWS kann sie teuer werden wenn später festgestellt wird, dass seine Sonden für die Verschmutzung von Grundwasserleitern oder im schlimmsten Fall den unkontrollierten Austritt artesischen Wassers verantwortlich sind. Erschwerend kommt hinzu, dass solche EWS nur mit großem Aufwand und teilweise gar nicht zu sanieren sind!

Eine mangelhafte Verpressung von EWS in bindigen Böden bzw. Festgestein hat auch wirtschaftliche Folgen für den Sondenbetrieb. Durch die mangelnde Anbindung der Sondenrohre an das umgebende Gestein wird die gewünschte Entzugsleistung nicht erreicht und die EWS-Anlage arbeitet unwirtschaftlich.

Ein weiterer Bestandteil einer EWS-Anlage, der zu Schäden führen kann, ist die horizontale Anbindung der Sonden zur Wärmepumpe. Wichtig ist hier eine sorgfältige Verlegung in einem Sandbett, denn die PE-Rohre werden bei Temperaturschwankungen Längenänderungen aufweise. Da die Sonden am Sondenfuß und am Verteiler bzw. der Hausdurchführung fest eingebunden sind, müssen Temperaturbedingte Längenänderungen im Verlauf der Sonden- und Anschlussrohre aufgefangen werden. Reiben die Rohre an scharfen Kanten, ist langfristig eine Leckage zu befürchten. Daher dürfen aufgrund der plastischen Eigenschaft der PE-Rohre ohnehin keine Rohre mit tiefen Riefen eingebaut werden, wie sie durch unsachgemäße Behandlung entstehen können.

Um beim Befüllen der Sonden Lufteinschlüsse zu vermeiden, sollen alle horizontalen Rohre mit einer leichten Steigung von den Sonden zum Verteiler bzw. zur Wärmepumpe verlegt werden. So kann eingeschlossene Luft während des Befüllens und auch später über das Entlüftungsventil entweichen.

Hierbei spielt auch die Praxis des Befüllens eine große Rolle. Um das schwerere Frostschutzmittel mit dem Wasser ausreichend zu mischen sind große Mischbehälter und eine ausreichend große Mischzeit notwendig. Im schlimmsten Fall kann das schwere Frostschutzmittel in einer Sonde verbleiben und einen Durchfluss behindern.

Eine gute Durchmischung und sichere Entfernung der Luftpneinschlüsse erreicht man nur, wenn die Sole mit ausreichender Geschwindigkeit mehrfach durch die EWS-Anlage gespült wird. Hierbei sind auch entsprechend leistungsfähige Pumpen einzusetzen.

Welche qualitätssichernden Maßnahmen helfen bei der Beurteilung von Schadensfällen oder unwirtschaftlich arbeitenden EWS-Anlagen?

Vor allem eine lückenlosen Dokumentation der ausgeführten Arbeiten:

- Schichtenverzeichnis und Schichtenprofil der durchteuften Schichten
- Nachweis der Entzugleistung bzw. der notwendigen Bohrmeter
- Nachweis über vorkonfektionierte Sonden (Strichcode)
- Dokumentation der Verpressarbeiten (Rückstellprobe)
- Lageskizze der horizontalen Anschlussleitungen
- Druckprotokolle über die durchzuführenden Druckproben
- Mischungsverhältnis und Art des eingefüllten Frostschutzmittels

Sind entsprechende Dokumente und Nachweise nicht vorhanden, ist die Gefahr einer mangelhaften Ausführung der Arbeiter eher gegeben, als bei Vorlage einer kompletten Dokumentation. Der Vorteil unterschriebener Ausführungsprotokolle ist, dass Mitarbeiter eher nicht Protokolle über Arbeiten ausfüllen und unterschreiben, die nicht oder nicht fachgerecht ausgeführt haben!

Außerdem bieten Protokolle immer eine Art Handlungsanweisung, weil man bei der Abfrage der Daten auf die wesentlichen Ausführungsparameter hingewiesen wird (s. Anlagen).

## Dokumentation bei geothermischen Bohrungen

### Protokolle

#### Inhaltsverzeichnis

1	Projektordner	6
2	Durchführungsplan für geothermische Bohrungen	7
3	Kopfblatt für Geothermiebohrungen	8
4	Schichtenverzeichnis nach EN 14688	
5	Spülungsprotokoll	10
6	Abdichtungsprotokoll	11
7	Druckprotokoll	
8	Anlageninstallationsprotokoll	13
9	Abnahmeprotokoll	14

# 1 Projektordner Erdwärmesondenanlage

1. Angebotserstellung und Auftragseingang
2. Anträge/Anzeigen an Behörden und Genehmigungsbescheide
3. Übersichtsplan (mit Kennzeichnung des geplanten Anlagenstandortes)
4. Auszug aus der Liegenschaftskarte
5. Zertifizierung der Bohrfirma (nach DVGW AB W 120 oder gleichwertiges Z.)
6. Sachkundenachweis für den Bohrgerätesführer (gemäß DIN 4021)
7. evtl. hydrogeologische Stellungnahme
8. Beginnanzeigen an Fachbehörden
9. Unterweisung des Fachpersonals (Durchführungsplan)
10. Berichte und Prüfprotokolle (Bauphase)
11. Tagesberichte
12. Schichtenverzeichnis mit Kopfblatt (Lageplan)
13. Spülungsprotokoll (Spülungsverluste)
14. Druckprotokoll
15. Verpressprotokoll
16. Bauabnahme (Abnahmeprotokoll und Anlageninstallationsprotokoll)
17. Fertigstellungsanzeigen an Fachbehörden

Beispiel Niedersachsen:

18. aufgenommenes Schichtenprofil / Bohrprofil mit Ausbaudarstellung der EWS
19. Fotodokumentation der Bohr-, Einbau- und Verpressarbeiten
20. Druckprüfungsprotokoll
21. Kopie des Abnahmeprotokolls
22. Anlageninstallationsprotokoll (nach Leitfaden Niedersachsen)
23. Bohrspülungs- und Bohrgutentsorgung

## 2 Durchführungsplan für geothermische Bohrungen

Auftraggeber:		Verantwortliche Person:	
		Tel.-Nr.	
Auftragnehmer		Verantwortliche Person:	
		Tel.-Nr.	
Zertifiziertes Bohrunternehmen nach W 120	<input type="checkbox"/>	Gütesiegel der BWP	<input type="checkbox"/>
Anzeige bzw. Genehmigung der Bohrungen durch:  Bohrungen <100m müssen der Unteren Wasserbehörde angezeigt werden, Bohrungen >100m darüber hinaus dem Bergamt!	das Bohrunternehmen		<input type="checkbox"/>
	das Ingenieurbüro		<input type="checkbox"/>
	den Auftraggeber		<input type="checkbox"/>
Bohransatzpunkte lt. Lageskizze		siehe Anlage	
Hindernisse im Boden:			
Zufahrtbedingungen:			
Anzahl der Bohrungen:	vorgesehen:	<input type="checkbox"/>	Tiefe der Bohrungen:
	durchgeführt	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	durchgeführt
Anzahl und Tiefe der projektierten Bohrungen sind je nach angetroffenen geohydrologischen Verhältnissen einer Plausibilitätskontrolle zu unterziehen und ggf. in Absprache mit dem Auftraggeber zu verändern!			
Ausführungszeitraum:			
vorgesehener Baubeginn:		tatsächlicher Baubeginn	
Materiallieferung	<input type="checkbox"/>	während der Baumaßnahme	<input type="checkbox"/>
	Sonden-Typ:		Datum:
			<input type="checkbox"/>
	Verpressmaterial Typ:		Menge: m <sup>3</sup>
Bereitstellung von Wasser Strom	bauseitig	<input type="checkbox"/>	bauseitig
	Bohrunternehmen	<input type="checkbox"/>	Bohrunternehmen
Vorlage eines Verpressprotokolls:			Anlage
Vorlage eines Druckprotokolls:			Anlage
Schnittstelle / Übergabepunkt zwischen Sonde und Heizung:			
Auftraggeber:		Auftragnehmer:	
Ort, Datum, Unterschrift		Ort, Datum, Unterschrift	

### 3 Kopfblatt für Geothermiebohrungen

<b>Kopfblatt zum Schichtenverzeichnis für Geothermiebohrungen in Anlehnung an EN 22475</b>							
Firma _____							
<b>Auftraggeber</b>							
Fachaufsicht: _____				Tel.: _____			
<b>Objekt:</b> _____		Bohr-Ø: _____ mm		Ort: _____		Endtiefe: _____ m	
Bohrung Nr.: _____		Sondeneinbautiefe: _____ m		Lage (topographisch): _____		Rechts: _____ Hoch: _____	
Höhe des Ansatzpunktes a) zu NN _____ m		b) zu _____ m					
<b>Lageskizze</b>							
<b>Bohrunternehmen:</b>							
gebohrt am	Geräteführer (Name)	Qualifikation			Tagesbericht		
<b>Bohrgerät Typ:</b> _____							
<b>Bohrproben</b> Anzahl: _____ Art - Behälter: _____ Lagerung: _____							
<b>Bohrtechnische Tabelle</b>							
bis Tiefe [m]	Bohrverfahren	Bohr-Ø [mm]	Bohrwerkzeug	Verrohrung [mm]/[m]			Bemerkung
				außen	innen	Tiefe	
<b>Grundwasser</b> erstmals angetroffen bei _____ m Ruhewasserspiegel _____ m							
<b>Angaben zur Sonde</b>				Druckprüfung (nach VDI 4640): JA / NEIN			
Sondenhersteller: _____				Material: _____			
Anzahl der Sonden: _____		Sonden-Ø: _____ mm		Sondenbündel-Ø: _____ mm			
Kühlmittel: _____				<input type="checkbox"/> Zentrierungen <input type="checkbox"/> Zusatzgewicht			
<input type="checkbox"/> Einfache-U-Sonde <input type="checkbox"/> Doppel-U-Sonde <input type="checkbox"/> Koaxialsonde <input type="checkbox"/> komplexe Koaxialson.							
<b>Angaben zur Abdichtung</b>				Bohrlochvolumen: _____ m <sup>3</sup>			
<input type="checkbox"/> Verpresst siehe Anlage _____				<input type="checkbox"/> Aufgefüllt mit _____			
<b>Bemerkungen und sonstige Angaben</b>							
_____							
_____							
<b>Datum</b> _____				<b>Unterschrift</b> _____			PT



## 4 Spülungsprotokoll

ausführende Firma:		Auftraggeber:		ausführender Bearbeiter:		
Ort der Baustelle:		Bohrung-Nr.:		Datum:		
Bohrungs- zweck:	<input type="checkbox"/>	Wassergewinnungsbrunnen		<input type="checkbox"/>	Aufschlussbohrung	
	<input type="checkbox"/>	Grundwassermessstelle		<input type="checkbox"/>	sonst.	
Spülmittelzusätze: Die Dosierungs- und Meßwerte des DVGW AB W 116 sind zu beachten:			Produktname	Dosierung kg/m <sup>3</sup>	Gesamtzu- gabe in kg	
	CMC					
	Bentonit					
	Beschwerungs- mittel					
	Sonstiges					
Kontrolle	Nr.	Nr.	Nr.	Nr.	Nr.	Nr.
Datum						
Uhrzeit						
Tiefe						
Dichte in kg/dm <sup>3</sup>						
Auslaufzeit in s						
Wasserabgabezeit in s						
evtl. PH-Wert						
Wasserzugabe in m <sup>3</sup>						
Sonstiges						
Datum:		Unterschrift des Verantwortlichen auf der Baustelle				MT

<b>5 Abdichtungsprotokoll</b>					
ausführende Firma:		Auftraggeber:		ausführender Bearbeiter:	
Ort der Baustelle:		Bohrung-Nr.:		Datum:	
Bohrungs- zweck:	<input type="checkbox"/>	Wassergewinnungs- brunnen		Ausbaumaterial:	
	<input type="checkbox"/>	Grundwassermess- stelle		Ausbau-/Ringraum-Ø            mm/            mm	
Bohrverfahren:		<input type="checkbox"/>	Trb.	Ruhewasserspiegel:	
		<input type="checkbox"/>	Spb.	Spülungszusammensetzung:	
Abdichtungsstrecken von            m bis            m		Schütt- /Verpressmengen		Sollmenge:            l	Schüttverlust:            l
				Istmenge:            l	Schüttverlust            %
WF-Wert:		Produkt:			
Dichte:            kg/l		Mischungsverhältnis (Wasser-Feststoff):			
(Wasser-Dämmen):					
(Wasser-Zement-Tonmehl):					
Einbauverfahren:		<input type="checkbox"/>	Kontraktorverfahren		
Verpresseinrichtung:		<input type="checkbox"/>	Durchlaufmischer	<input type="checkbox"/>	Chargenmischer
		Mischerfassungsvermögen (Charge):            l			
		Menge je Charge:		Zement:	kg
				Dämmen:	kg
				Tonmehl:	kg
				Wasser:	l
		Verpresspumpe:			
		Verpressdruck:            bar			
		Dichte zu Beginn am Mischer:            kg/l			
		Dichte zum Ende des Auslaufs:            kg/l			
Rückstellprobe:		<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein    Aufbewahrungsort:
Datum:		Unterschrift des Bauleiters / Geräteführers			
					MT

## 6 Druck- und Durchflussprotokoll für EWS

ausführende Firma:	Auftraggeber:	ausführender Bearbeiter:
Ort der Baustelle:	Auftrags-Nr.:	Datum:

**Druckprüfung** mittels Manometer  Druckmesssonde

Bohrungs- bzw. Sonden-Nr.	1	2	3	4	5
Vor dem Einbau mit _____ bar oder 6 bar kann bei werkseitiger D-Prüfung entfallen					
Nach dem Einbau mit _____ bar oder 6 bar					
gesamte Anlage bzw. einzelne Kreisläufe					
Druckaufbau 10 min	8 bar				
Ruhezeit 30min	8 bar				
Druckabsenkung 10min	<6 bar				
Hauptprüfung 30min					
Bedingungen erfüllt:					

*Nach Erreichen des Maximums darf der Druck nicht mehr als 0,2bar absinken, evtl muss die Zeit der Hauptprüfung auf 90min verlängert werden!*

### Durchflussprüfung:

Durchflussmenge in l/min					
Druck am Sondenanfang					
Druck am Sondenende					
Bedingungen erfüllt:					

*Am Beginn und Ende der Sonde sollte ein Manometer angebracht sein, die Druckdifferenz muss < 0,5 bar betragen*

Datum:	Unterschrift des Verantwortlichen auf der Baustelle	MT
--------	-----------------------------------------------------	----

<b>7 Anlageninstallationsprotokoll</b>			Kontrolle / Bemerkung
Durchgeführte Arbeiten, eingesetzte Werkstoffe usw.			
1	Bohransatzpunkt, Festlegung		
	Hinweise auf Hindernisse, Vorschachtung		
2	Bohrarbeiten,	Bohr $\varnothing$ : mm	
	Kontrolle der	Endtiefe: m	
	Entnahme von Bohrproben		
	Lagerung der Bohrproben		
Schichtenverzeichnis / Bohrprofil			
3	<b>Sonden</b> , Anzahl ?		Hersteller:
	Sondenbauart		
	Sondendurchmesser	$\varnothing$ :	mm
	Volumeninhalt		Liter
	Werkseitiges Abdrückprotokoll		
	Sondenfuß	Marke:	
4	Sondeneinbau,	von Haspel:	..
		auslegen und einlassen:	..
		mit Gewicht am Sondenfuß:	..
		Stahlrohr am Sondenanfang:	..
		komplettes Verpressgestänge:	..
5	Verpressarbeiten,	über gezogenes Verpressgestänge:	..
		über verbleibendes PE-Rohr:	..
	Misch- und Verpressanlage	Typ:	
	Suspension,	Dichte (>1,5 kg/l):	kg/l
	Typ / Hersteller des Dämmmaterials:		
		Verpressmenge:	Liter
6	Druckprüfung an fertiger Sonde		
	Anschlussarbeiten		
7			
Ausführende Firma (Stempel):			
Datum:		Unterschrift:	

## 8 Abnahmeprotokoll

Abnahmeprotokoll für Erdwärmesonden		Kontrolle/ Bemerkung
2	Bohrarbeiten, Bohr Ø _____ mm	
	Kontrolle der Endtiefe _____ m	
	Entnahme von Bohrproben	
	Schichtenverzeichnis, - profil	
3	Sonden Hersteller _____.	
	Sonden Ø _____ mm	
	Werkseitiges Abdrückprotokoll	
	Sondenfuß Marke _____.	
4	Sondeneinbau	
	..... von Haspel	<input type="checkbox"/>
	auslegen und einlassen	<input type="checkbox"/>
	mit Gewicht am Sondenfuß	<input type="checkbox"/>
	Stahlrohr am Sondenanfang	<input type="checkbox"/>
	Komplettes Verpressgestänge	<input type="checkbox"/>
5	Verpressarbeiten	
	..... über gezogenes Verpressgestänge	<input type="checkbox"/>
	über verbleibendes PE Rohr	<input type="checkbox"/>
	Misch- und Verpressanlage Typ _____.	
	Rezept der Suspension:	
	Dichte der Suspension	kg/l
	Verpressmenge	Liter
6	Druckprüfung an fertiger Sonde	
	Anschlussarbeiten	
Auftraggeber:		Auftragnehmer:
Ort, Datum, Unterschrift		Ort, Datum, Unterschrift