

Michael Tholen

Dipl.-Ing.

Tel.: +49 (0) 441/74557

michael.tholen@brunnen-tholen.de

www.brunnen-tholen.de

- *Bemessung*

- *Optimierung*

- *Qualitätsstandards*

- *Optische Untersuchung*

- *Dokumentation*



Dokumentation von Bohr- und Ausbauarbeiten als qualitätssichernde Maßnahme



Abschließende Maßnahmen beim Bau von EWS-Anlagen

In diesem Beitrag geht es nicht um

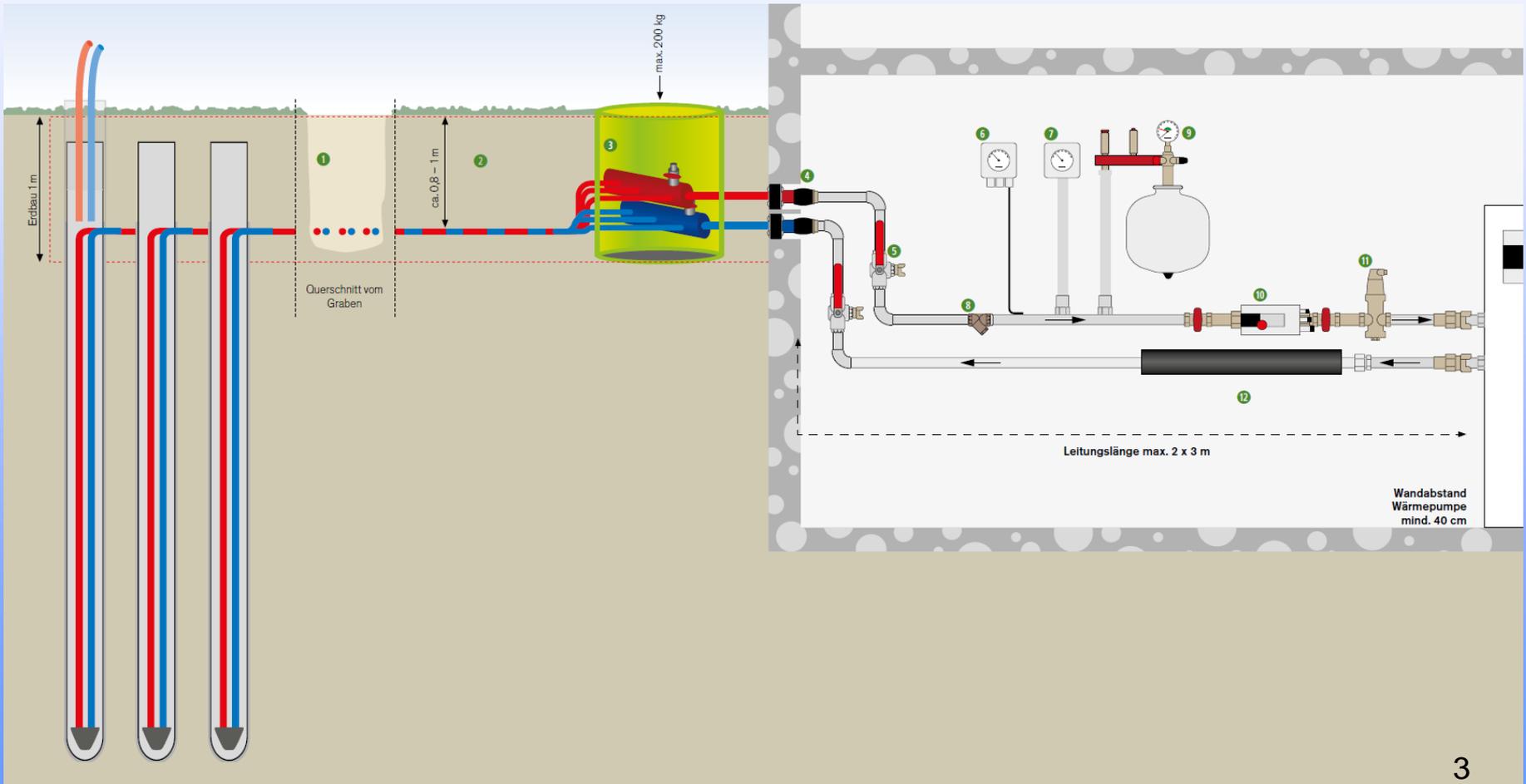
- **die Bemessung von EWS**
- **das Genehmigungsverfahren**
- **die vielfältigen Möglichkeiten zur Optimierung der Bohrtechnik**
- **die Sondenauswahl**
- **den Sondeneinbau**
- **das Verfüllen des Bohrlochringraumes**

Vielmehr sollen die abschließenden Arbeiten genauer betrachtet werden:

- **Die Anschlussarbeiten**
- **Die Druckprüfungen**
- **Die abschließende Dokumentation**

Es sollen vor allem die Kleinanlagen mit wenigen Sonden betrachtet werden, da davon auszugehen ist das bei Großanlagen kompetente Partner an der Auslegung und dem Bau beteiligt sind. Hier wird vermutlich eine präzise Leistungsbeschreibung Grundlage aller Arbeiten sein!

System erdgekoppelte Wärmepumpenanlage Mit einer Erdwärmesondenanlage als Wärmequelle



Noch bevor mit den Anschlussarbeiten begonnen wird, kann die ordnungsgemäße Verfüllung gesichtet werden



Freigelegte Suspension



Vorschachten und Freilegen zum biegen
in die Horizontale

Anschlussarbeiten

In der Regel werden Anschlussarbeiten von einem gesonderten Anschlussstrupp durchgeführt. Hierbei muss der Mitarbeiter über ein gültiges Schweißzertifikat verfügen. (Bestandteil einer W 120-2 Zertifizierung)

Bei der Anbindung der Sonden sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen wie z. B.



- Lage des Technikraumes
- Möglichst gleiche Anschlusslängen
- Die Frage, ob ein Verteilerschacht im Außenbereich erforderlich ist oder nicht
- Der Verlauf der Anbindeleitungen (Höhenniveaus, Kreuzungspunkte, Gebäudeeinführung)
- Beachtung der Verlegerichtlinien (Biegeradien, Verbindungstechniken, Spannungsfreie Anbindung)

Beim Anschluss von drei oder mehr Sonden sind Anschlusschächte immer erforderlich. Häufig wird der Anschlusschacht wie hier unmittelbar am Haus angeordnet.

Anschlussarbeiten

VDI 4640-2 (2019)

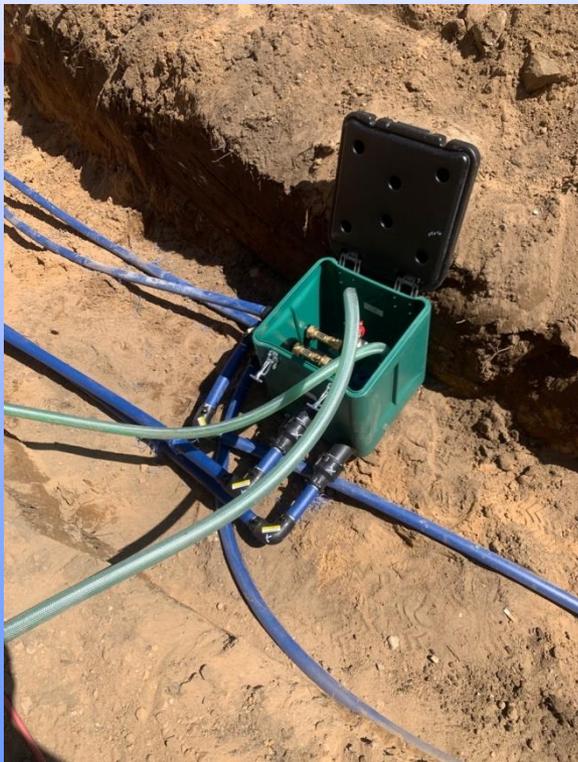
Die Erdwärmesondenrohrleitungen sind bei Kleinanlagen einzeln zum Verteiler zu führen und dort anzubinden. In Sonderfällen ist bei besonders flachen Sonden (bis 40 m) aus hydraulischen Gründen auch eine serielle Verschaltung bis zu 140 m Gesamtlänge (inklusive der Verbindungen von Sonde zu Sonde) sinnvoll.

Allerdings sollte bei Doppel-U-Sonden jeweils ein U-Rohr eines Bohrlochs mit einem U-Rohr der nächsten Bohrung verbunden werden. Beide Kreise werden jeweils getrennt zum Verteiler geführt und dort parallel angeschlossen.



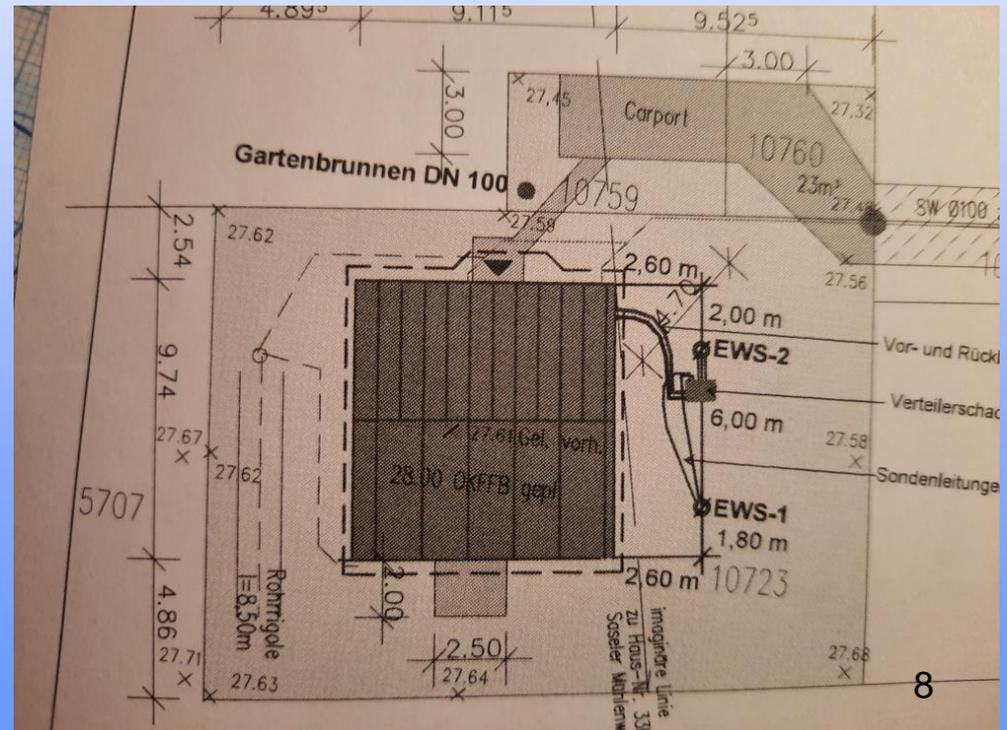
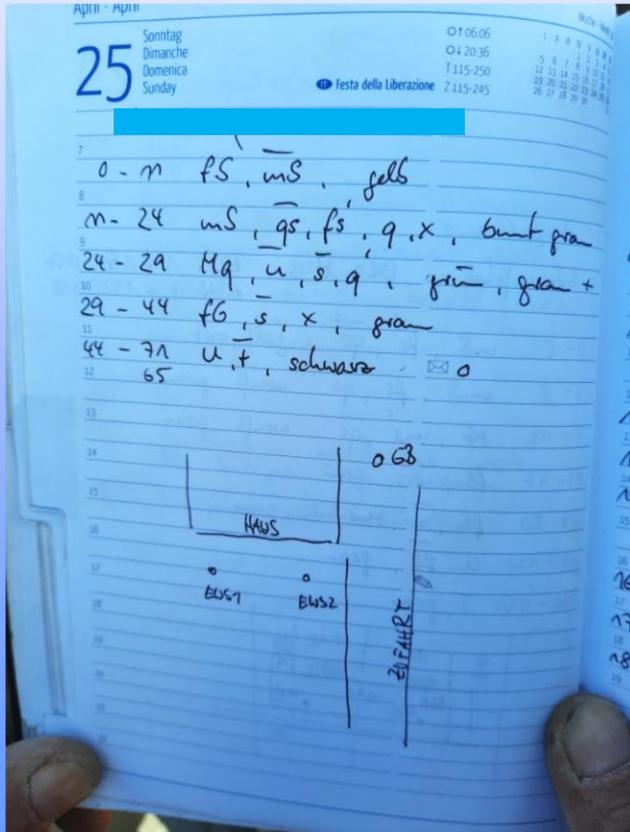
Anschlussarbeiten

Nicht immer ist diese Möglichkeit gegeben. Liegt der Technikraum ungünstig zum Bohrfeld, ist es in jedem Fall richtig, auch weniger als 3 Sonden mit einem Verteilerschacht anzuschließen, welcher dann möglichst mittig zwischen den Sonden angeordnet werden sollte.



Anschlussarbeiten

Zwischen den tatsächlichen Gegebenheiten und den aufgenommenen Skizzen und Bestandszeichnungen klaffen in vielen Fällen große Unterschiede. Diese können den Hausbesitzern später große Schwierigkeiten bereiten, wenn Bäume oder Zäune gesetzt werden. Möglichst präzise Dokumentation der Anschlusspläne vermeiden spätere Beschädigungen.



Anschlussarbeiten

aus der VDI 4640-2 (2019)

7.2.3 Verteiler

Bei der Berücksichtigung des Verteilers im Rahmen der hydraulischen Auslegung sind die Herstellerangaben zu beachten. Grundsätzlich sind am Verteiler die einzelnen Abgänge mit Absperrventilen für Sondeneintritt und -austritt auszurüsten. Die Installation von Abgleichventilen am Verteiler ist zu empfehlen, um Unterschiede in der Länge der Anbindeleitungen oder den Erdwärmesonden auszugleichen und eine ausgeglichene Durchströmung der Erdwärmesonden untereinander zu erzielen.

Ab einer Längendifferenz von mehr als 15 % zwischen dem längsten und kürzesten Strömungskreis ist die Installation von Abgleichventilen zwingend erforderlich.



Anschlussarbeiten

Das Herstellen der Rohrverbindungen mittels Schweißverfahren stellt erfahrungsgemäß eine der größten Schwachstellen der gesamten EWS-Anlage dar. Daher sollten die in der VDI 4640 genannten Anforderungen unbedingt beachtet werden!

Aus der VDI 4640-2 (2019)

Bei der Anwendung von Schweißverfahren ist ein in Deutsche Verband für Schweißen und verwandte Verfahren DVS 2207-1 beschriebenes Verfahren zu verwenden. Für die Herstellung der Schweißverbindungen dürfen nur nach DVS 2208-1 geprüfte und automatisierte Geräte verwendet werden.

Die Schweißung darf nur durch einen nach DVS 2212-1 geprüften Schweißer mit einer für das Schweißverfahren gültigen Prüfbescheinigung durchgeführt werden.

Jede durchgeführte Schweißung ist zur Qualitätssicherung zu dokumentieren. Durch einen automatisierten und protokollierten Schweißablauf wird eine gleichbleibende Fertigungsqualität sichergestellt, die durch eine Eigen- und Fremdüberwachung zu bestätigen ist.

➤ Druck- und Durchflussprüfungen

Kapitel 10 Druckprüfung - letztlich eine EWS-Funktionskontrolle Vorschlag aus dem Fachbuch „Arbeitshilfen Geothermie“

Zumindest bei vorkonfektionierten Erdwärmesonden ist eine erste Druckprüfung bereits beim Hersteller durchgeführt worden. Als Nachweis dient der auf jeder Sonde angebrachte Strichcode, der zur Qualitätssicherung der Dokumentation beigelegt werden sollte. Die anschließenden Druckprüfungen der Erdwärmesondenanlage auf der Baustelle gliedern sich derzeit in folgende Arbeitsschritte, die in einem Prüf- und Abnahmeprotokoll festgehalten werden.

1. Vor dem Einsetzen der Erdwärmesonde ins Bohrloch ist eine Durchflussprüfung und ggf. eine Druckprüfung der Sonde auf der Haspel zu empfehlen, um eventuelle Beschädigungen vor dem Einbau zu erkennen.
2. Wenn es offensichtlich Probleme beim Sondeneinbau gab, kann eine Funktionsprüfung der mit Wasser gefüllten Erdwärmesonde, noch vor der Ringraumhinterfüllung erfolgen, um diese Sonde ggf. wieder ausbauen zu können.
3. Die Druckprobe direkt nach den Verfüllarbeiten, dies bietet zwar eine weitere Sicherheit allerdings kann die Erdwärmesonde bei einer Beschädigung nicht mehr gezogen werden.

Druck- und Durchflussprüfungen

Kapitel 10 Druckprüfung - letztlich eine EWS-Funktionskontrolle Vorschlag aus dem Fachbuch „Arbeitshilfen Geothermie“

Die vorgenannten Prüfungen sollten im Ermessen der ausführenden Bohrfirmen sein, die dafür in der Verantwortung stehen. Bei fehlerhaften Erdwärmesonden hat die Bohrfirma ohnehin die Konsequenzen zu tragen.

Es empfiehlt sich, wenn auf die zuvor genannten Prüfungen verzichtet wurde, im Zuge der horizontalen Anbindearbeiten die einzelnen Erdwärmesondenrohrstränge einer Druck- und Durchflussprüfung zu unterziehen.

Vor der Inbetriebnahme der Wärmepumpenanlage ist das Gesamtsystem einer finalen Druckprobe mit dem 1,5-fachen Betriebsdruck zu unterziehen. Der Betriebsdruck der Erdwärmesondenanlage liegt i.d.R. bei 1 – 3 bar. Diese Überprüfung wird in der Regel vom Anschlusssteam oder ggf. dem Heizungsbauer durchgeführt, je nachdem, wo die Schnittstelle der Übergabe festgelegt wurde.

Druck- und Durchflussprüfungen

Aus der VDI 4640-2

Eine Druck- und Durchflussprüfung muss nach der Ringraumverfüllung erfolgen. Dabei muss die Druckprüfung vor dem Abbinden des Verfüllbaustoffs (Abbindezeit gemäß Herstellerangaben) abgeschlossen sein (siehe Abschnitt 7.3.4.1). Der aufzubringende Prüfdruck ist so zu wählen, dass der Innendruck in den Sondenrohren über die gesamte Erdwärmesondenlänge an jeder Stelle größer ist als der hydrostatische Druck der Verfüllsuspension an der Sondenaussenwand. Der Überdruck im wassergefüllten Rohr sollte am Sondenfuss mindestens 0,5 bar gegenüber dem Druck in der Verfüllsuspension aufweisen. Dabei ist darauf zu achten, dass der für die jeweiligen Rohrmaterialien und Rohrdimensionen zulässige innere Überdruck nicht überschritten wird, z.B. maximal 20 bar für PE 100 SDR 11.

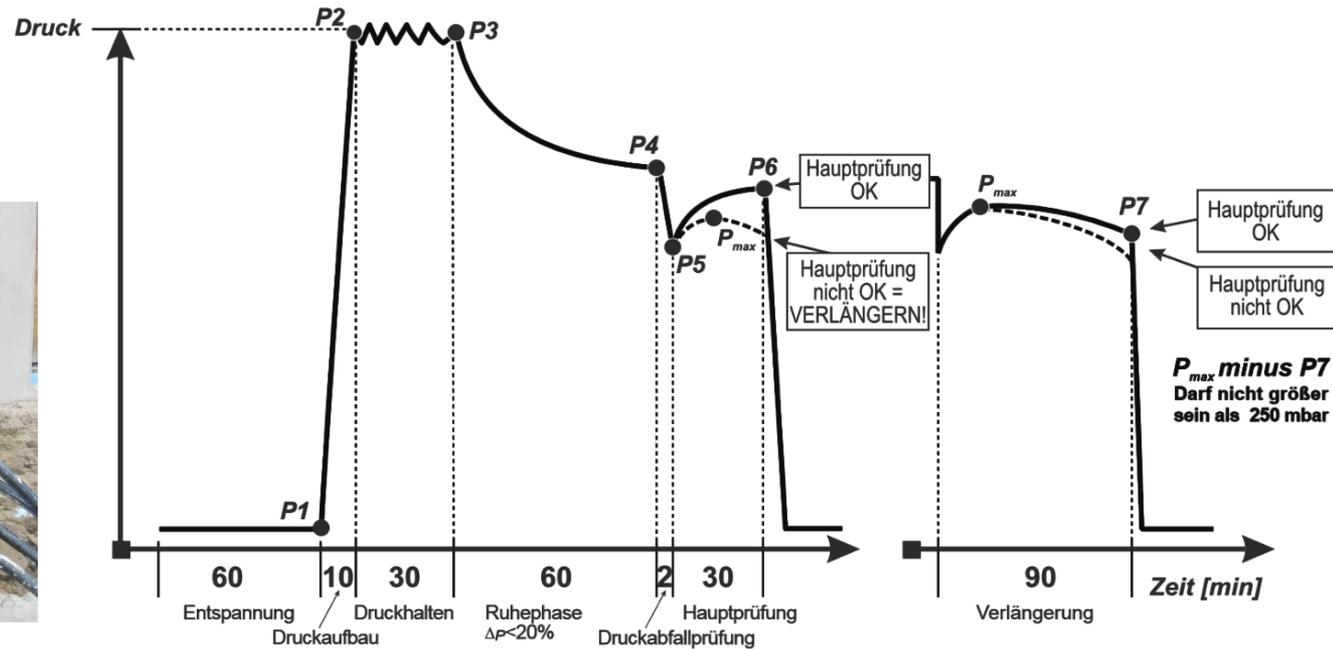
Was bedeutet das für eine 100m tiefe Erdwärmesonde:

Der Innendruck der mit Wasser gefüllten Sonde beträgt	10 bar
Der Außendruck der Verpresssuspension beträgt 100m bei 1,5 kg/dm³	= 15 bar

Um am Sondenfuss mindestens einen Überdruck von 0,5 bar zu erzeugen, müsste mit mindestens 5,5 bar (i.d.R. 6 bar) abgedrückt werden!

Kapitel 10 Druckprüfung - letztlich eine EWS-Funktionskontrolle

Kontraktionsverfahren nach DVGW Arbeitsblatt W400-2, Teil 16



Die Druckprüfung besteht dabei aus sieben Arbeitsschritten:

- Befüllen,
- Entspannungsphase,
 - Druckaufbau,
 - Druckhaltephase,
- Vorprüfung bzw. Ruhephase,
 - Druckabsenkung,
- Hauptprüfung bzw. Kontraktionsphase.

Druck- und Durchflussprüfungen

aus der VDI 4640-2 (2019)

Die Durchflussmessung sollte als Druckdifferenzmessung bei konstanter Durchflussrate erfolgen. Die gemessene Druckdifferenz darf von der berechneten Druckdifferenz (siehe Abschnitt 7.2.1) um nicht mehr als $\pm 15\%$ abweichen. Bei Erdwärmesonden mit mehr als einem Rohrkreis, z.B. Doppel-U-Sonden, ist jeder Kreis einzeln zu prüfen



Anhang D Verfüllung von Erdwärmesonden (Beispiel für Verfüllprotokoll)

Projekt / BV:		Sondenverfüllprotokoll
Adresse:		Erdwärmesonde Nr.:
Bohrfirma:		

Bohrdaten			
Bohrzeitraum Datum		Verrohrungsdurchmesser	mm
Uhrzeit (von / bis)		Verrohrungstiefe	m
Geräteführer		Bohrenddurchmesser	mm
Bohrverfahren		Erreichte Endteufe	m
Spülmedium		Wasserzutritt bei:	m u GOK
Wetter (Temperatur, Witterung)		Wasserspiegel vor	m u GOK
Klüftigkeiten		Sondeneinbau	m u GOK
Kein Bohrgutaustrag ab:			
Besonderheiten (z.B. Spülungsverluste):			

Sondeneinbau			
Datum Sondeneinbau			
Sondentyp (1-U, 2-U, koaxial)		Einbau wassergefüllt	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Hersteller		Einbau mit Gewicht	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Fabrikationsnummer		Druckdicht verschlossen	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Rohrbezeichnung (Material, Ø, SDR Klasse, PN):		Eingebaute Sondenlänge	m
Injektionsrohr (Material, Ø)		Einbaulänge Injektionsrohr	m

Anhang D Verfüllung von Erdwärmesonden (Beispiel für Verfüllprotokoll)

Angaben zur Ringraumverfüllung			
Datum Verfüllung:		Beginn Uhrzeit :	
		Dauer: min	
Bei mehrstufiger Verfüllung:	Anz. der Injektionsrohre	W/F-Wert laut Datenblatt:	
	Einbautiefen von GOK	m	m
<input type="checkbox"/> Durchlaufmischer, Typ: _____		<input type="checkbox"/> Chargenmischer, Typ: _____	
Menge Verfüllbaustoff	<input type="text"/>	kg	
Menge Mischwasser	<input type="text"/>	l	
gemessene Suspensionsdichte am Mischer	<input type="text"/>	kg/l	
Gesamtverfüllung (Suspension)	<input type="text"/>	l	
		Aufbereitung <input type="checkbox"/> kolloidal oder <input type="checkbox"/> niedertourig	
		Verfüllbaustoff Menge pro Charge	<input type="text"/> kg
		Wassermenge pro Charge	<input type="text"/> l
		gemessene Suspensionsdichte im Mischer	<input type="text"/> kg/l
		Anzahl Chargen	<input type="text"/> -
		Gesamtverfüllung (Suspension)	<input type="text"/> l
Nachverfüllung <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein wenn JA mit Verfüllbaustoff <input type="checkbox"/> / Sand <input type="checkbox"/> / Kies <input type="checkbox"/> /Tonpellets <input type="checkbox"/>			
Menge		oder	Menge
			m ³
Theoretische Verfüllmenge (berechnet):	<input type="text"/>	l	
gemessene Suspensionsdichte bei Austritt aus dem Bohrloch			<input type="text"/> kg/l
max. Verfülldruck:			<input type="text"/> bar
Anforderungen Genehmigungsbescheid eingehalten:		<input type="text"/>	
Bemerkungen: (z.B. Einsatz von Stopfmittels)		<input type="text"/>	

Datum, Unterschrift Fachpersonal gemäß W120-2

Dokumentation

Vorgaben aus den neuen VDI Richtlinien 4640-2 von 2019 zur Thermische Nutzung des Untergrunds

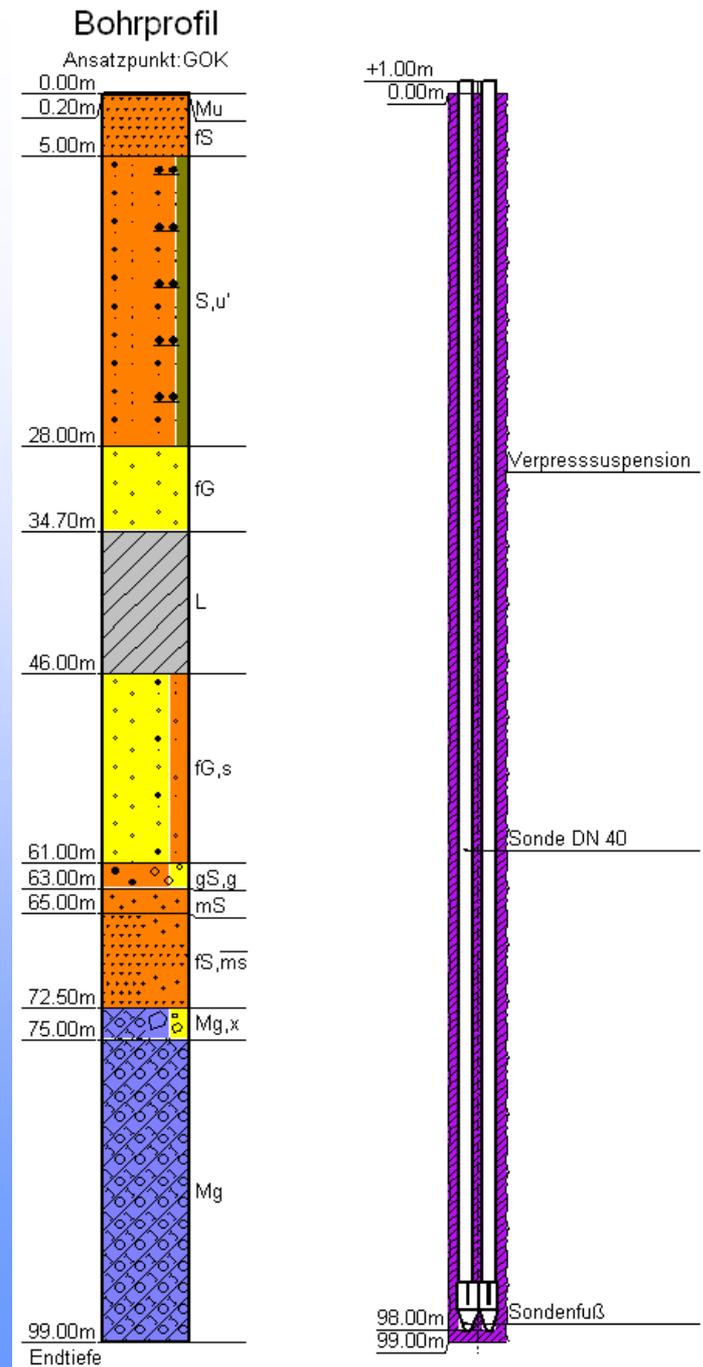
Zusätzlich sind in der Dokumentation folgende Angaben zu den Arbeiten zu machen: Spülungsverluste, Hohlräume, Gasaustritte, bei Trockenbohrverfahren gegebenenfalls Grundwasserstände und/oder Veränderungen der Wasserspiegellage, bei Imlochhammer-Bohrverfahren gegebenenfalls tiefenbezogene Angaben zu gefördertem Grundwasser sowie sonstige Vorkommnisse.

Vorgabe aus der ATV DIN 18327 Brunnenbau und Geothermiearbeiten:

3.3.1.2 Der Ausbau von Bohrungen zu Erdwärmesonden ist gemäß DIN 4943 zu dokumentieren.

Dokumentation

- Bohrprofil und Ausbau
- Verpressprotokoll
- Druckprotokolle
- Lageplan
- Abnahmeprotokoll
- Fotodokumentation



Dokumentation

6.4 Qualifikation des Fachpersonals

Nach W120-2

Auf der Baustelle ist als Fachpersonal **mindestens ein ausgebildeter Brunnenbauer** oder anderes **geeignetes Personal** einzusetzen.

Für das geeignete Personal gelten folgende Mindestvoraussetzungen:

Einschlägige Berufserfahrung als

- Fachkraft für geothermische Zwecke und Einbau von geschlossenen Wärmeträger-Systemen
- Bohrgeräteführer nach ehemaliger DIN 4021 oder
- Facharbeiter für geologische Bohrungen oder
- Facharbeiter für Tiefbohrtechnik

Dokumentation

Eine interessante Variante der Vorschachtung stellt das Nutzen der Vorschachtung für eine kleine Spülgrube dar (siehe Bild unten).



Anlageninstallationsprotokoll Erdwärmesonden				Kontrolle/ Bemerkung
1	Bohransatzpunkt, Festlegung			
	Hinweise auf Hindernisse, Vorschachtung			
2	Bohrarbeiten,	Bohr Ø	mm	
	Kontrolle der	Endtiefe	m	
	Entnahme und Lagerung der Bohrproben			
	Schichtenverzeichnis, - profil			
	Plausibilitätskontrolle der erreichbaren Entzugsleistung			
Sonden Hersteller			_____	
Sonden			Ø _____ mm	
Werkseitiges Abdrückprotokoll vorhanden				
Sondereinbau	von Haspel			
	auslegen und einlassen			
Verpressarbeiten:	über gezogenes Verpressgestänge			
	über verbleibendes Rohr			
Misch- und Verpressanlage			Typ _____	
Rezept der Suspension:				
Dichte der Suspension (>1,5kg/l)				kg/l
Verpressmenge	errechnet	Liter	verpresst	Liter
Druckprüfung an fertiger Sonde				
6	Luftfreies Befüllen der Sonde			
7	Anschlussarbeiten:	Gefälle zur Sonde		
		Verteiler Typ:		
		Anschluss nach Tichelmann		22

Dokumentation

Aus dem W 120-2

Selbstverpflichtung des Unternehmens

5 Formale Anforderungen an das Unternehmen

5.1 Verpflichtung des Unternehmens

Das Unternehmen verpflichtet sich mit Antragsstellung:

31. zur qualifizierten Durchführung des vorgeschriebenen Prüfumfangs gemäß VDI 4640 Blatt 2, ergänzt durch geeignete Druck- und Durchflussprüfungen (z.B. SIA 384/6 oder durch Regelwerke mit normativen Charakter beschriebene Verfahren). Die Druck- und Durchflussprüfungen sind nach den zu Grunde liegenden Festlegungen durchzuführen und zu protokollieren.

32. zur Dokumentation der Bohrerergebnisse gemäß EN ISO 14688-1, EN ISO 14688-2 und EN ISO 14689-1, Ausbaumaßnahmen und Prüfarbeiten gemäß VDI 4640 Blatt 2 inklusive dem Sicherstellen von Rückstellproben des Bohrgutes (erforderlichenfalls durch zusätzliche geophysikalische Messungen) sowie von jeweils zwei Rückstellproben je Bohrung der verwendeten Verpresssuspension. Die Rückstellproben sind fachgerecht zu verpacken und dem Bauherrn zur Vorhaltung zu übergeben.

33. Sondenpositionen, Verbindungen, Verteilerbauwerke und Leitungsverlauf einzumessen und in einem Lageplan zu dokumentieren

Einmessverfahren für Bohrpunkte

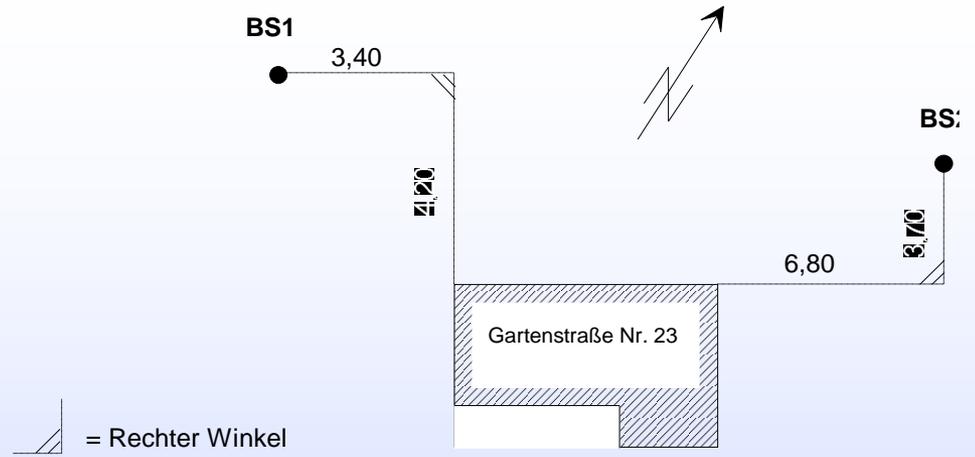


Abb. 7.1.2 Einmessen von zwei Sondierbohrungen auf ein Gebäude nach dem "Rechtwinkelverfahren" über zwei Gebäudefluchten.

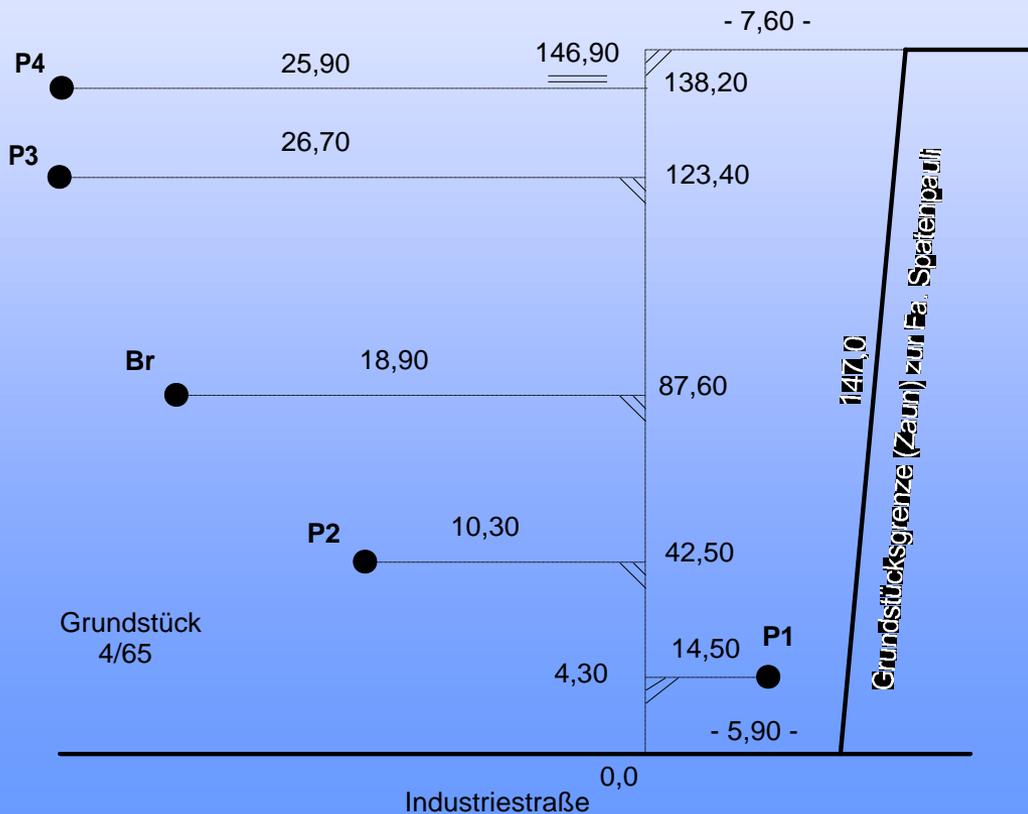


Abb. 7.1.3 Einmessen von mehreren EWS auf eine Messungslinie.

Fotodokumentation Projekt: Muster



Einweisung des Betreibers

- Überreichen eines Lageplanes mit den Bohrpunkten und dem genauen Verlauf der Anschlussleitungen
- Am WP-Regler kann die Vor- und Rücklauftemperatur immer wieder beobachtet werden, bedeutendste Monat ist Februar/März
- Leckageüberwachung (mittels Druckwächter)
- Bei Neubauten kein Trockenheizen mit der Wärmepumpe (spezielle Bauaustrocknungsprogramme)
- Regelmäßige Kontrolle des EWS Verteilerschachtes bei Außeninstallation
- Evtl. Angebot eines Wartungsvertrages

- Michael Tholen
- Nikolaos Tougiannidis
- Simone Walker-Hertkorn

Arbeitshilfen Geothermie

Grundlagen für Bohrgeräteführer zu
Bohr- und Ausbauarbeiten für Erdwärme-
sonden und andere Wärmequellen

Referent:

**Dipl.-Ing.
Michael Tholen**

**Drögen Hasen Weg 5a
26129 Oldenburg**

**Tel.: 0441 / 74 55 7
www.brunnen_tholen.de**