

Kein Gas, kein Öl, kein Holz!

The diagram shows a cross-section of a house and the ground below. A white house is shown above ground. Below the ground surface, a blue unit representing the heat pump is connected to a red U-shaped loop of pipes (the borehole) that extends 20 to 50 meters into the ground. The ground is depicted as a blue liquid, representing the geothermal fluid. Text boxes explain the system's benefits and components.

Sole- Wärmepumpe für:

- Heizung
- Kühlung
- Warmwasser

80% der Gesamtenergie kommt aus eigener, unerschöpflicher Energiequelle

Im Winter heizen!

Im Sommer kühlen!

MEINE EIGENE ENERGIEQUELLE!

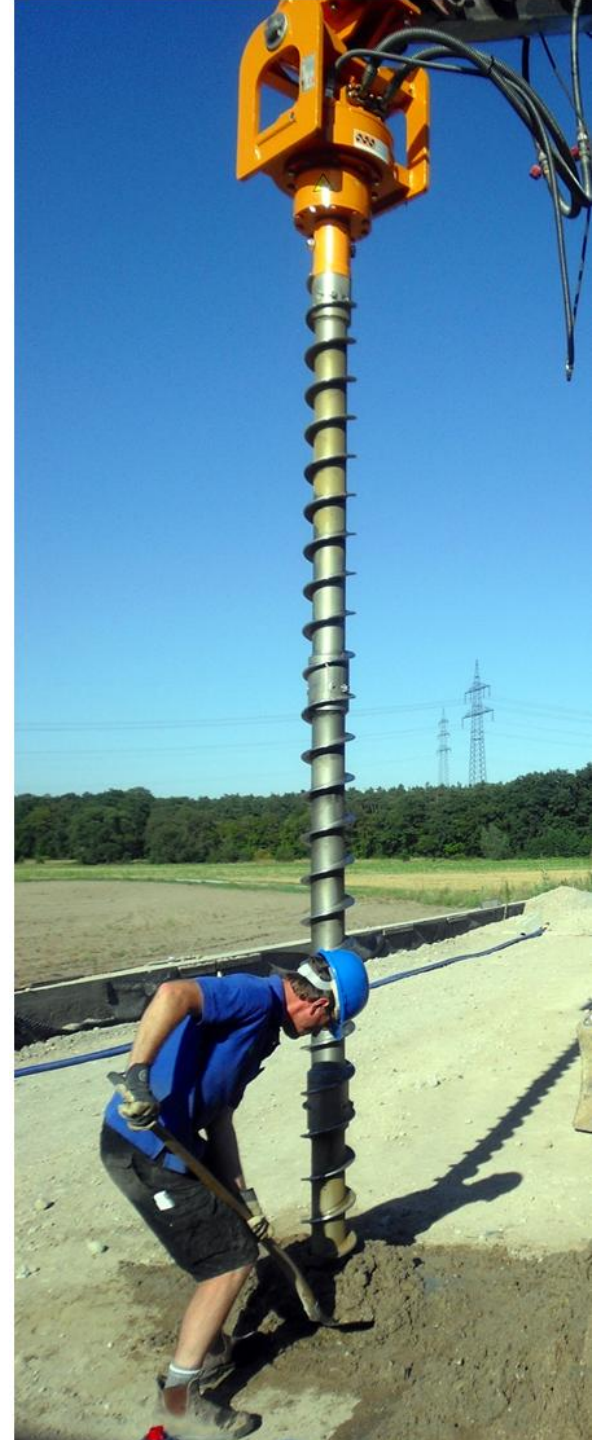
Erdsonden 20 bis 50m tief

Heizen und Kühlen mit Erdwärme

Im Oberrheintalgraben

Beispiel: Ziegelhausen + Sandhausen

Referent: Edelbert Krämer, Krämer Erdwärme
24.9.2024



Gliederung

1. Vorstellung der Firma
2. Vorstellung des Bohrverfahrens
3. Erlaubte Bohrtiefen in Ziegelhausen + Sandhausen
4. Kosten der Bohrungen

1. Firmenvorstellung

Gegründet 1990: Brunnen für Wärmepumpen und Gartenbewässerung

- **Krämer Erdwärme GmbH** (GF: E. Krämer // Ch. Göckel)
 - Kleinbrunnen für WW-WP (ca. 500 Anlagen)
 - Kleinbrunnen für GB (ca. 4.000 Anlagen)
 - Sonden für Sole-WP (1.039 Anlagen)
 - Erdwärmekollektoren (ca. 30 Anlagen, Kraichgau)
- **Krämer Brunnenbau & Energie GmbH** (GF: Pyro Krämer)
 - Großbrunnen für WW-WP
 - Großbrunnen für Kühlanlagen
 - Installation von Fermanox-Anlagen
 - Feuerlöschbrunnen
 - Landwirtschaftliche Brunnen

Firmenvorstellung

- **Krämer Erdwärme GmbH**

Von 2008 bis Ende 2023 haben wir für 1.039 Kunden ...

- **134.449 Bohrmeter** für Erdwärmesonden gebohrt.

- **4.098 Sonden** eingebaut.

Die Ø-Sondenlänge ist 33m.

Davon sind...

- 889 Projekte aus dem badischen Teil des Oberrheintalgraben. (85%)

- 139 Projekte aus dem pfälzer Teil des Oberrheintalgraben. (14%)

- 11 Projekte aus dem hessischen Teil des Oberrheintalgraben. (1%)

2. Vorstellung des Bohrverfahrens

Einfach. Innovativ.

Ihr schneller Weg zum Forschungspartner

„Mit der Innovationsallianz
zum ersten geförderten
Forschungs- und Entwick-
lungsprojekt.“

Edelbert Krämer, Geschäftsführer
Krämer Erdwärme GmbH, Dettenheim



- **Hohlbohrschnecke** zum Bohren für Erdsonden im ersten Grundwasserleiter;
- In Baden-Württemberg sind Bohrungen nur im ersten Grundwasserleiter erlaubt;
- Bohrtiefe zwischen 12 m und 50 m;
- Fließgeschwindigkeit im ersten Grundwasserleiter ein bis fünf Meter pro Tag;
- Ständige Regenerierung der Energiequelle;
- Bohrungen müssen nicht verprasst werden;
- Entzugsleistungen der Erdsonden wesentlich größer als im Ton oder Festgestein;
- Wärmekapazität des Wasser wesentlich größer als bei Ton und Festgestein.

Erdwärme – Oberrheintalgraben

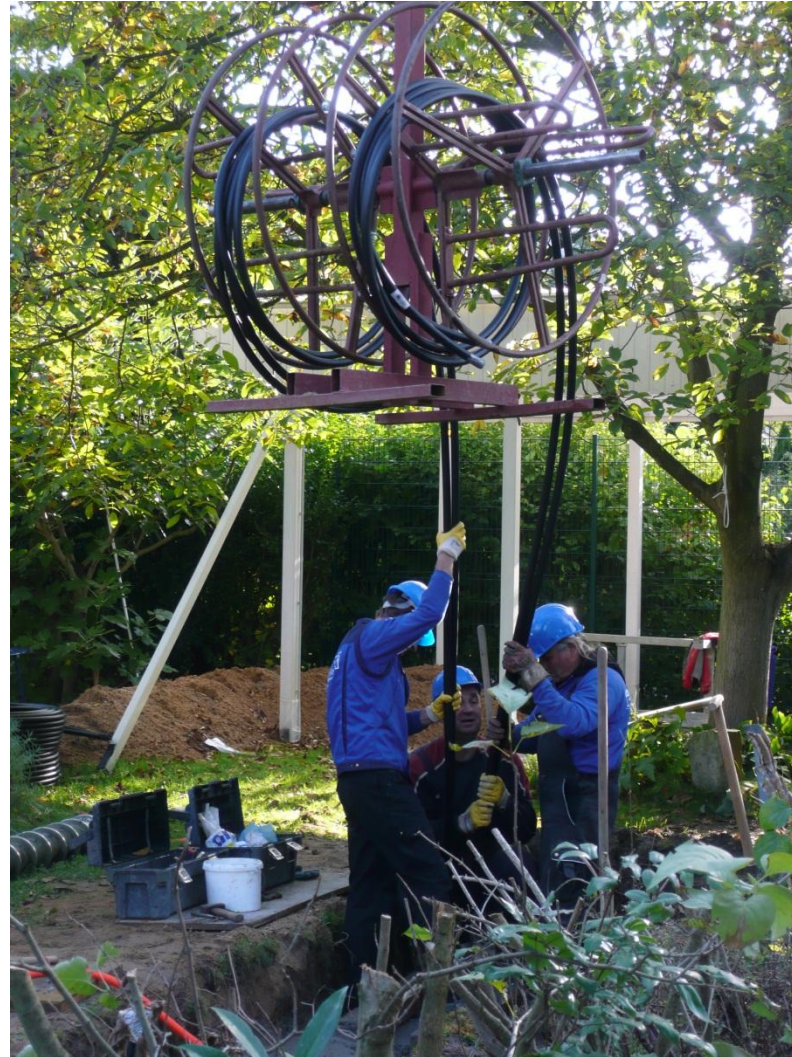


Die Hohlbohrschnecke:

Das risikofreie
Bohrverfahren für
die Rheinebene.



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Horizontale Anbindung

von 6 Erdsonden in
einem Vorgarten

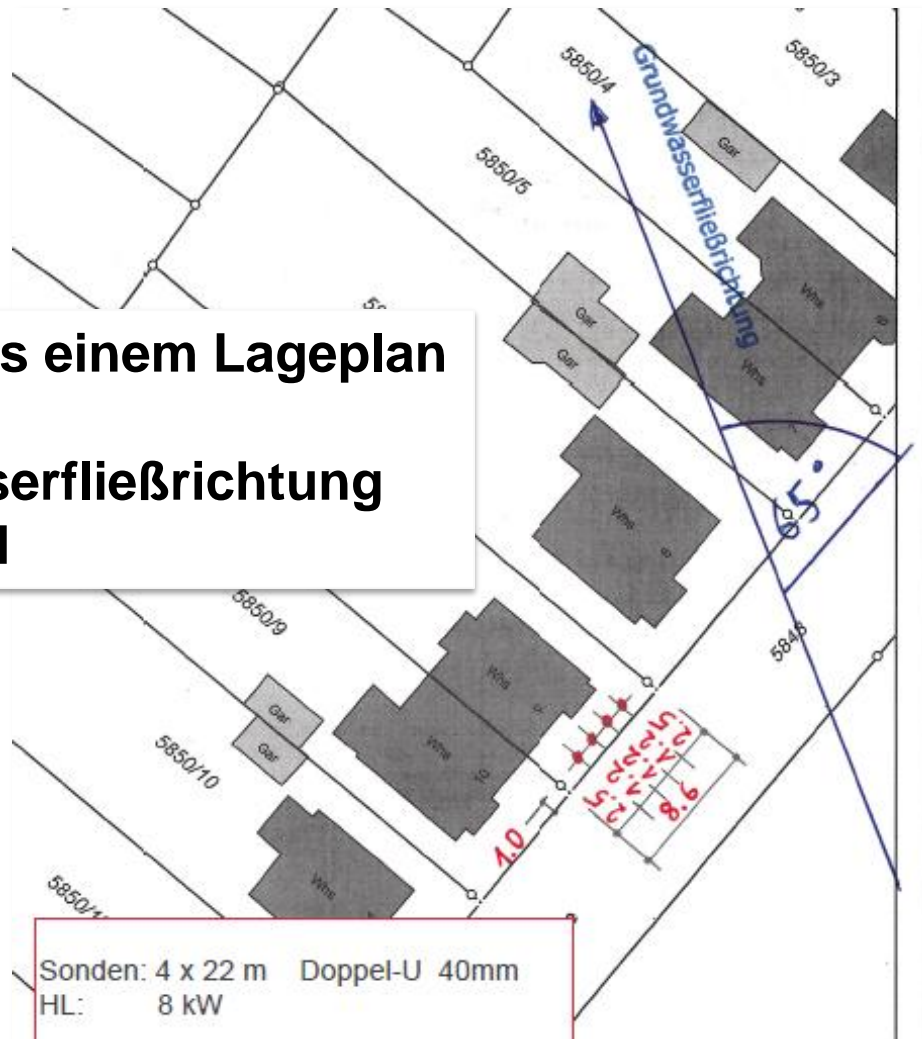
Reihenschaltung bis
8kW Heizlast möglich.



Erdwärme – Oberrheintalgraben

Ausschnitt aus einem Lageplan

- Grundwasserfließrichtung
- Sondenfeld





„PE 100-RC“ – Ein PE 100 mit erweitertem Anwendungspotenzial

Dr.-Ing. Joachim Hessel, Hessel Ingenieurtechnik GmbH, Roetgen

– Sonderdruck aus 3R international –

Seite 4 - 5

lungen gegeben. Bei der Bewertung der Mindestlebensdauer von Heizelementstumpf-Schweißverbindungen mit Röhren aus PE 100-RC ergeben sich darüber hinaus Kostenvorteile [4] aus der möglichen Verkürzung der Abkühlzeiten.

Der einzige, jedoch maßgebende Unterschied ist in der herausragenden Spannungsrissebeständigkeit von PE 100-RC-Werkstoffen zu sehen.

In Bild 4 sind einige wesentliche Eigenschaften gegenübergestellt.

Vorteile von PE 100-RC

Neue Anwendungsgebiete – Alternative Verlegeverfahren

Ein wesentlicher Vorteil von Röhren aus PE 100-RC ist die alternative (z. B. sandbettlose) Verlegung dieser Röhre (Bild 5).

Alternativen zur offenen Bauweise werden deshalb gewählt, da diese grabenlosen Verfahren Zeit und Geld sparen. In den letzten Jahren haben sich verschiedenste Verlegeverfahren aufgrund ihrer wirtschaftlichen Vorteile zum akzeptierten Stand der Technik entwickelt.

Grabenlose Verlegeverfahren stellen gegenüber der Verlegung im schützenden Sandbett höhere Anforderungen an die zu verwendenden Rohrsysteme.

Als alternative Verlegemethoden werden solche bezeichnet, bei denen von den für PE-Röhre vorgeschriebenen Bettungsbedingungen in Sand in der offenen Bauweise (z. B. nach DVGW W400-2) abgewichen wird. Diese Verfahren werden von folgenden Organisationen näher beschrieben:

Die GSTT (German Society for Trenchless Technology) beschreibt in der GSTT-Information Nr. 20 „Sanierung von Druckrohrleitungen“ verschiedene grabenlose Verlegetechniken wie das Relining-Verfahren, Berstlining, Press-Zieh-Verfahren usw. Das ATV-DWK-Regelwerk beschreibt in der M 160 das Fräs- und Pflugverfahren. Und der DVGW hat in der GW 32x-Reihe Verfahrensbeschreibungen und Anweisungen als Arbeits- bzw. Merkblätter herausgebracht.

Anforderungen an alternativ neu verlegte Röhre sind in den Regeln der Technik bislang unzureichend beschrieben. Das DVGW-Regelwerk fordert lediglich, dass die Rohrleitungen den Anforderungen der Verlegung genügen müssen. Die maßgebenden Anforderungen an Werkstoffe und Röhre werden dagegen in der PAS 1075 für eine Mindestnutzungsdauer von 100 Jahren erstmalig beschrieben.

Die Basis für die Festlegungen in der PAS1075 stellen die grundlegenden Untersuchungen zur Punktlast„beständigkeit“ dar [5] ergänzt um weitere an Röhren aus PE 100-RC im Industrieauftrag durchgeführten Punktlastversuche.

Bild 5: Alternative (sandbettlose) Verlegung eines Rohres
Fig. 5: Alternative (sandless) installation of a pipe



Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse sind in Bild 6 zusammengefasst.

Sicheres Abquetschen

Das Abquetschen von Rohrleitungen aus Polyethylen ist zwar im DVGW-Merkblatt GW 332 verfahrenstechnisch beschrieben, jedoch ist mit dem Abquetschen eine Vorschädigung des Rohrwandquerschnittes verbunden.

Da die zeitstandverkürzende Wirkung der Belastung beim Abquetschen geringer ist als beim Punktlastversuch, bieten Röhre aus PE 100-RC hier ausreichende Festigkeitsreserven, so dass mit einer gesicherten Lebensdauer von 100 Jahren gerechnet werden kann.

Ein PE 100-Rohr in einer Abquetschvorrichtung ist in Bild 7 gezeigt.

Kostenvorteile durch Schweißzeitverkürzung

Ebenso wie bei Heizelementstumpf-Schweißverbindungen von PE 80 und PE 100 treten

beim Zeitstandzugversuch an Heizelementstumpf-Schweißungen mit PE 100-RC-Röhren die Brüche NICHT in der Fügeebene sondern ausgehend von der Wulstkerbe im Grundmaterial auf (Bild 8).

Diese Beobachtung lässt den Schluss zu, dass die Standzeiten der Schweißverbindungen von der Kerbempfindlichkeit (Widerstand gegenüber langsamem Rissfortschritt) der Grundmaterialien abhängt.

Aufgrund des außergewöhnlich hohen Widerstandes von PE 100-RC-Materialien gegenüber langsamem Rissfortschritt können diese Reserven zur Einsparung von Kosten (Verkürzung der Abkühlzeit) beim Heizelementstumpf-Schweißen von Röhren aus PE 100-RC genutzt werden [4].

Kostenvorteile bei spannungsrissefördernden Medien

In der Medienliste 40-11 und 40-B1.1 des Deutschen Instituts für Bautechnik werden Abminderungsfaktoren (A2B) für eine Vielzahl

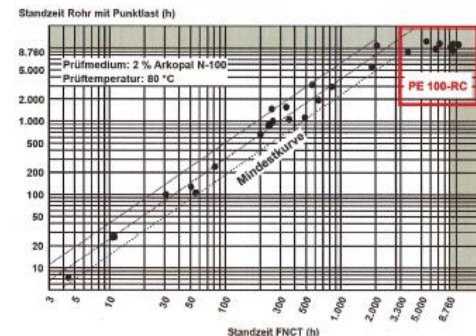


Bild 6: Korrelation zwischen Punktlastversuch und FNCT
Fig. 6: Correlation between Point loading test and FNCT

3. Erlaubte Bohrtiefen in Ziegelhausen und Sandhausen

Allgemeine Hinweise

Die folgenden Hinweise sind automatisch generiert und ungeprüft. Sie dienen der Information des Bauherren bzw. gegebenenfalls dessen Planungsbüros und der Bohrfirma. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass neben den aufgeführten auch bisher nicht bekannte Bohrrisiken im Zusammenhang mit dem Bau von Erdwärmesonden auftreten. Die aufgeführten Risiken und Schwierigkeiten sind bei Einhaltung der Auflagenempfehlungen, Beachtung der "Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (<http://www.um.baden-wuerttemberg.de>) und bei Ausführung der Bohrarbeiten nach dem Stand der Technik grundsätzlich beherrschbar.

Die Hinweise können eine sorgfältige Planung von Einzelvorhaben nicht ersetzen. Weitere Hinweise zum Bau von Erdwärmesonden sind im "Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden", 4. Auflage 2005 des UM zu finden (http://www.lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_-_Nutzung_von_Erdwaerme.pdf). Das RPF/LGRB ist bestrebt, dieses Informationssystem fortlaufend zu aktualisieren. Hierbei ist es auf Ihre Mithilfe angewiesen. Deshalb sind die Ergebnisse einer Erdwärmesondenbohrung (Bohrprofil, Grundwasserstand) an das RP Freiburg, Abt. 9, LGRB, Albertstr. 5, 79104 Freiburg zu schicken.

I Lage der geplanten Bohrung(en) hinsichtlich Grundwassernutzungen

Der gewählte Bohrpunkt liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015, ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete) **AUSSERHALB** von **Wasser- und Quellenschutzgebieten**. Eine flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes durch das zuständige Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises ist erforderlich.

Seniorenzentrum Ziegelhausen
Brahmsstraße 6, Heidelberg

II Prognostisches Bohrprofil:

Siehe Anhang.

Der Bohrpunkt liegt im Nahbereich einer Störung. Die Gesteinsabfolge kann deshalb erheblich vom prognostischen Bohrprofil abweichen.

III Schutzziele und standortbezogene Bohrrisiken

III.1 Schutz genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen

- Beschränkung der Bohrtiefe auf m

Erläuterungen:

Der Schutz tiefer genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen dient der langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung.

- Beschränkung der Bohrtiefe auf m (Top Haßmersheim-Schichten + Sicherheitszuschlag) oder bei Betreuung der Bohrung(en) bis zum Top Haßmersheim-Schichten, der vor Ort durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) erkannt werden muss. Die Haßmersheim-Schichten dürfen nicht durchbohrt werden, solange nicht eine Beurteilung der lokalen geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) nachweist, dass die hydraulische Trennwirkung der Haßmersheim-Schichten im Planungsbereich aufgehoben ist.

Erläuterungen:

Die Haßmersheim-Schichten können am gewählten Bohrpunkt aufgrund ihrer faziellen Ausprägung den Oberen Muschelkalk in unterschiedliche Grundwasserstockwerke unterteilen.

- Beschränkung der Bohrtiefe aufgrund des Vorkommens leichtlöslicher Gesteine (Salz) auf m

Erläuterungen:

Die Lösung von Salz kann im Umfeld von Bohrungen zu Auswirkungen auf das Gebirge und darüber liegende genutzte/nutzbare Grundwasservorkommen führen.

III.2 Bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrundschäden wegen möglicher Karsthohlräume und/oder größerer Spalten im Untergrund (siehe prognostisches Bohrprofil)

- Abbruch der Bohrung(en) bei deutlichem Spülungsverlust (mehr als 2 l/s) sowie beim Anbohren von Hohlräumen größer 2 m Tiefe

Erläuterungen:

Ein Abbruch der Bohrung(en) kann erforderlich werden, da die Gefahr besteht, dass das Bohrloch nicht mehr wirksam abgedichtet oder durch einen unzureichenden Gebirgsanschluss die Effizienz der Erdwärmesonde herabgesetzt werden kann. Liegt die Verkarstung weniger als 50 m unter Geländeoberfläche, sind bohrbedingte Verbrüche mit Setzungen an der Erdoberfläche nicht auszuschließen.

Erdwärme – Oberrheintalgraben

III.3 Bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrundschäden wegen sulfathaltigen Gesteins im Untergrund möglich (siehe prognostisches Bohrprofil)

- Abbruch der Bohrung(en) beim ersten Auftreten von Gips oder Anhydrit im Bohrgut (= Gips- bzw. Anhydritspiegel). Die fachtechnische Vor-Ort-Betreuung der Bohrung(en) durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) ist daher erforderlich. Wenn in sulfathaltiges Gestein gebohrt wurde, müssen die Bohrung(en) von der Endtiefe bis 1 m über die Oberkante des sulfathaltigen Gesteins dauerhaft abgedichtet werden. Darüber können sie mit Erdwärmesonden ausgebaut werden.

Erläuterungen:

Beim Auftreten anhydrithaltiger Gesteine kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Funktionsfähigkeit der Erdwärmesonde(n) als Folge der Umwandlung von Anhydrit in Gips (Volumenzunahme) im Laufe der Zeit eingeschränkt wird bzw. verloren geht. In diesem Falle sind Geländehebungen durch Volumenzunahme bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips und hieraus resultierende Schäden, die auch über die unmittelbare Umgebung des Bohrsatzpunktes hinaus reichen können, nicht auszuschließen. Die Tiefenlage des Gips-/Anhydritspiegels kann engräumig stark variieren bzw. die Sulfatgesteine können lokal vollständig ausgelaugt sein.

III.4 Zementangreifendes Grundwasser wegen sulfathaltigen Gesteins zu erwarten (siehe prognostisches Bohrprofil)

- Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (nach DIN EN197-1) erforderlich

Erläuterungen:

Zementangreifende Wässer können eine aus herkömmlichem Zement hergestellte Abdichtung schädigen.

III.5 Gasaustritte während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sowie nach Sondereinbau möglich

- Kohlendioxid Erdgas

- Die Möglichkeit des Auftretens von Gasen und Gefährdungen durch Gasaustritte sind vor Aufnahme der Bohrarbeiten ordnungsgemäß durch den Bohrentemehmer oder die von ihm mit der Gefährdungsbeurteilung Beauftragten zu ermitteln und zu beurteilen. Auf dieser Grundlage sind Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen (z. B. Lüftung, gefahrlose Ableitung, Maßnahmen der Bohrlochbeherrschung, u. a.), bei Erdgas auch Bohrlochverschlusseinrichtung und Explosionsschutz) vorzusehen und geeignete Arbeitsmittel bereitzustellen. Gegebenenfalls technisch nicht weiter zu vermindemde Gasaustritte aus den fertig zementierten Bohrlöchern dürfen nicht zu Gefährdungen führen. Auf die zementangreifende Eigenschaft von freiem Kohlendioxid wird verwiesen.

Erläuterungen:

Bereits bei der Vorbereitung und Planung der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten bestehen gesetzlich (u. a. nach dem Arbeitsschutzgesetz) begründete Anforderungen, gegebenenfalls zu erwartende gefährliche Gaskonzentrationen zu vermeiden. Im späteren Betrieb der Sonde muss durch die technische Bauausführung der Anlage gewährleistet sein, dass schleichend austretende Gase (Migration) sich nicht in gefährlichen Konzentrationen ansammeln können; erforderlichenfalls sind sie gefahrlos ins Freie abzuführen.

III.6 Artesisch gespanntes Grundwasser möglich

- Beim Antreffen von artesisch gespanntem Grundwasser ist mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen, ob und wie eine Erdwärmesonde eingebaut werden kann oder ob das Bohrloch ohne Sondereinbau dauerhaft abgedichtet werden muss.

Erläuterungen:

Beim Erbohren von artesisch gespanntem Grundwasser besteht die Gefahr unkontrollierter Austritte von Grundwasser an der Erdoberfläche. Außerdem kann es beim Anbohren von Artesem infolge Druckabbau und/oder Ausschwemmung von Feinmaterial aus dem Untergrund zu Setzungen im Umfeld der Bohrung(en) kommen.

IV Weitere Hinweise auf geotechnische Risiken:

Organische Böden: Sind organische Böden, z. B. Torf, verbreitet und werden diese durch die Bohrmaßnahme entwässert, kann dies zu Geländesetzungen führen.

Ölschiefer im Untergrund: Steht Ölschiefer der Posidonienschiefer-Formation (Unterjura) oberflächennah (< 20 m unter Gelände) an, neigt dieser bei Austrocknung (z. B. nach Überbauung, Drainage, Wärmeeintrag) zu teils erheblichen Baugrundhebungen in Folge von Gipskristallisation. Es ist daher sicherzustellen, dass weder die Bohrung(en) noch die Leitungsgräben der Erdwärmesonde(n) zu einer dauerhaften Veränderung des Bodenwasserhaushalts (Austrocknung) führen.

Rutschgefährdete Gebiete:

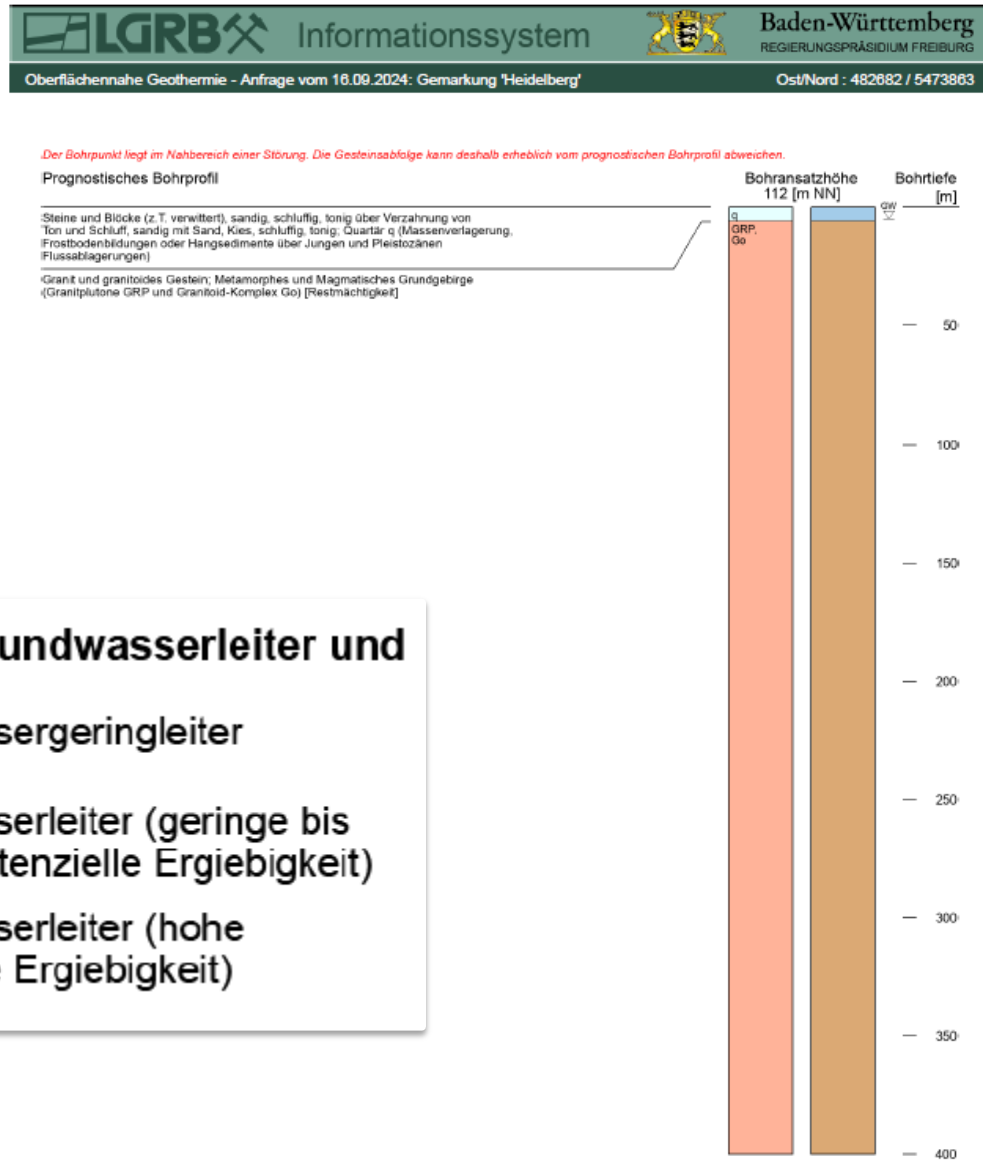
Befindet sich der Bohrplatz auf rutschanfälligen Untergrund, kann die Hangstabilität durch die Einrichtung des Bohrplatzes sowie durch die Bohrausführung, z. B. durch Bohrspülung, vermindert werden. Eine Beschädigung der Erdwärmesonde(n) durch Abscheren infolge von Kriechbewegungen ist nicht auszuschließen

V Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter




Die Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und -geringleiter ist dem prognostischen Bohrprofil im Anhang zu entnehmen. Die Kenntnis darüber dient dazu, schon bei der Planung die erforderlichen Maßnahmen vorzusehen, die beim Bau der Erdwärmesonde einen unkontrollierten artesischen oder einen stockwerksübergreifenden Grundwasserfluss ausschließen und eine dauerhaft dichte Ringraumhinterfüllung sicherstellen (siehe "Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft). Dies ist zum Schutz des Grundwassers, aber auch des Bauherrn notwendig und vermeidet spätere Schäden.

Aufgrund der regional unterschiedlichen Eigenschaften der Gesteine können einige Gesteine als Grundwasserleiter oder als Grundwassergeringleiter ausgebildet sein. Da auch die Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen regional unterschiedlich sein kann, ist ihre Darstellung nur stark vereinfacht möglich. Bei Festgesteinsgrundwasserleitern nimmt sie in der Regel mit größerer Tiefe ab, bei tektonischer Beanspruchung oft zu und an Talhängen und in Tälern ist die Ergiebigkeit in der Regel erhöht.

Erdwärme – Oberrheintalgraben



Gliederung in Grundwasserleiter und

-  Grundwassergeringleiter
-  Grundwasserleiter (geringe bis mittlere potenzielle Ergiebigkeit)
-  Grundwasserleiter (hohe potenzielle Ergiebigkeit)

Allgemeine Hinweise

Die folgenden Hinweise sind automatisch generiert und ungeprüft. Sie dienen der Information des Bauherren bzw. gegebenenfalls dessen Planungsbüros und der Bohrfirma. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass neben den aufgeführten auch bisher nicht bekannte Bohrrisiken im Zusammenhang mit dem Bau von Erdwärmesonden auftreten. Die aufgeführten Risiken und Schwierigkeiten sind bei Einhaltung der Auftragsempfehlungen, Beachtung der "Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (<http://www.um.baden-wuerttemberg.de>) und bei Ausführung der Bohrarbeiten nach dem Stand der Technik grundsätzlich beherrschbar.

Die Hinweise können eine sorgfältige Planung von Einzelvorhaben nicht ersetzen. Weitere Hinweise zum Bau von Erdwärmesonden sind im "Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden", 4. Auflage 2005 des UM zu finden (http://www.lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_-_Nutzung_von_Erdwaerme.pdf). Das RPF/LGRB ist bestrebt, dieses Informationssystem fortlaufend zu aktualisieren. Hierbei ist es auf Ihre Mithilfe angewiesen. Deshalb sind die Ergebnisse einer Erdwärmesondenbohrung (Bohrprofil, Grundwasserstand) an das RP Freiburg, Abt. 9, LGRB, Albertstr. 5, 79104 Freiburg zu schicken.

I Lage der geplanten Bohrung(en) hinsichtlich Grundwassernutzungen

Der gewählte Bohrpunkt liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Umweltverwaltung (Stand Juni 2015, ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Wasser- und Heilquellenschutzgebiete) **INNERHALB** eines rechtskräftigen oder geplanten **Wasserschutzgebietes** oder Schutzgebietes für eine staatlich anerkannte Heilquelle. Aus hydrogeologischer Sicht ist der Bau einer Erdwärmesonde an diesem Standort nur möglich, wenn als Wärmeträgerflüssigkeit nur Wasser verwendet wird. Eine flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes und eine verbindliche Auskunft über wasserwirtschaftliche Einschränkungen gibt das zuständige Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises.

Hauptstraße 115, Sandhausen

II Prognostisches Bohrprofil:

Siehe Anhang.

Aufgrund der komplexen tektonischen Situation im Oberrheingraben kann die Gesteinsabfolge erheblich vom prognostischen Bohrprofil abweichen.

III Schutzziele und standortbezogene Bohrrisiken

III.1 Schutz genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen

- Beschränkung der Bohrtiefe auf 44 m

Erläuterungen:

Der Schutz tiefer genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen dient der langfristigen Sicherstellung

III.1 Schutz genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen

- Beschränkung der Bohrtiefe auf 44 m

Erläuterungen:

Der Schutz tiefer genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen der Trinkwasserversorgung.

- Beschränkung der Bohrtiefe aufgrund des Vorkommens leichtlöslicher Gesteine (Salz) auf m

Erläuterungen:

Die Lösung von Salz kann im Umfeld von Bohrungen zu Auswirkungen auf das Gebirge und darüber liegende genutzte/nutzbare Grundwasservorkommen führen.

- III.2 Bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrundschäden wegen möglicher Karsthohlräume und/oder größerer Spalten im Untergrund (siehe prognostisches Bohrprofil)

- Abbruch der Bohrung(en) bei deutlichem Spülungsverlust (mehr als 2 l/s) sowie beim Anbohren von Hohlräumen größer 2 m Tiefe

Erläuterungen:

Ein Abbruch der Bohrung(en) kann erforderlich werden, da die Gefahr besteht, dass das Bohrloch nicht mehr wirksam abgedichtet oder durch einen unzureichenden Gebirgsanschluss die Effizienz der Erdwärmesonde herabgesetzt werden kann. Liegt die Verkarstung weniger als 50 m unter Geländeoberfläche, sind bohrbedingte Verbrüche mit Setzungen an der Erdoberfläche nicht auszuschließen.

Erdwärme – Oberrheintalgraben

III.3 Bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrundschäden wegen sulfathaltigen Gesteins im Untergrund möglich (siehe prognostisches Bohrprofil)

- Abbruch der Bohrung(en) beim ersten Auftreten von Gips oder Anhydrit im Bohrgut (= Gips- bzw. Anhydritspiegel). Die fachtechnische Vor-Ort-Betreuung der Bohrung(en) durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) ist daher erforderlich. Wenn in sulfathaltiges Gestein gebohrt wurde, müssen die Bohrung(en) von der Endtiefe bis 1 m über die Oberkante des sulfathaltigen Gesteins dauerhaft abgedichtet werden. Darüber können sie mit Erdwärmesonden ausgebaut werden.

Erläuterungen:

Beim Auftreten anhydrithaltiger Gesteine kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Funktionsfähigkeit der Erdwärmesonde(n) als Folge der Umwandlung von Anhydrit in Gips (Volumenzunahme) im Laufe der Zeit eingeschränkt wird bzw. verloren geht. In diesem Falle sind Geländehhebungen durch Volumenzunahme bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips und hieraus resultierende Schäden, die auch über die unmittelbare Umgebung des Bohransatzpunktes hinaus reichen können, nicht auszuschließen. Die Tiefenlage des Gips-/Anhydritspiegels kann engräumig stark variieren bzw. die Sulfatgesteine können lokal vollständig ausgelaugt sein.

III.4 Zementangreifendes Grundwasser wegen sulfathaltigen Gesteins zu erwarten (siehe prognostisches Bohrprofil)

- Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (nach DIN EN197-1) erforderlich

Erläuterungen:

Zementangreifende Wässer können eine aus herkömmlichem Zement hergestellte Abdichtung schädigen.

III.5 Gasaustritte während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten sowie nach Sondeneinbau möglich

- Kohlendioxid Erdgas

- Die Möglichkeit des Auftretens von Gasen und Gefährdungen durch Gasaustritte sind vor Aufnahme der Bohrarbeiten ordnungsgemäß durch den Bohruntemnehmer oder die von ihm mit der Gefährdungsbeurteilung Beauftragten zu ermitteln und zu beurteilen. Auf dieser Grundlage sind Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen (z. B. Lüftung, gefahrlose Ableitung, Maßnahmen der Bohrlochbeherrschung, u.a., bei Erdgas auch Bohrlochverschlussrichtung und Explosionsschutz) vorzusehen und geeignete Arbeitsmittel bereitzustellen. Gegebenenfalls technisch nicht weiter zu verminderte Gasaustritte aus den fertig zementierten Bohrlochern dürfen nicht zu Gefährdungen führen. Auf die zementangreifende Eigenschaft von freiem Kohlendioxid wird verwiesen.

Erläuterungen:

Bereits bei der Vorbereitung und Planung der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten bestehen gesetzlich (u. a. nach dem Arbeitsschutzgesetz) begründete Anforderungen, gegebenenfalls zu erwartende gefährliche Gaskonzentrationen zu vermeiden. Im späteren Betrieb der Sonde muss durch die technische Bauausführung der Anlage gewährleistet sein, dass schleichend austretende Gase (Migration) sich nicht in gefährlichen Konzentrationen ansammeln können; erforderlichenfalls sind sie gefahrlos ins Freie abzuführen.

III.6 Artesisch gespanntes Grundwasser möglich

- Beim Antreffen von artesisch gespanntem Grundwasser ist mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen, ob und wie eine Erdwärmesonde eingebaut werden kann oder ob das Bohrloch ohne Sondeneinbau dauerhaft abgedichtet werden muss.

Erläuterungen:

Beim Erbohren von artesisch gespanntem Grundwasser besteht die Gefahr unkontrollierter Austritte von Grundwasser an der Erdoberfläche. Außerdem kann es beim Anbohren von Artesem infolge Druckabbau und/oder Ausschwemmung von Feinmaterial aus dem Untergrund zu Setzungen im Umfeld der Bohrung(en) kommen.

IV Weitere Hinweise auf geotechnische Risiken:

Organische Böden: Sind organische Böden, z. B. Torf, verbreitet und werden diese durch die Bohrmaßnahme entwässert, kann dies zu Geländesetzungen führen.

Ölschiefer im Untergrund: Steht Ölschiefer der Posidonienschiefer-Formation (Unterjura) oberflächennah (< 20 m unter Gelände) an, neigt dieser bei Austrocknung (z. B. nach Überbauung, Drainage, Wärmeeintrag) zu teils erheblichen Baugrundhebungen in Folge von Gipskristallisation. Es ist daher sicherzustellen, dass weder die Bohrung(en) noch die Leitungsgräben der Erdwärmesonde(n) zu einer dauerhaften Veränderung des Bodenwasserhaushalts (Austrocknung) führen.

Rutschgefährdete Gebiete:

Befindet sich der Bohrplatz auf rutschanfälligem Untergrund, kann die Hangstabilität durch die Einrichtung des Bohrplatzes sowie durch die Bohrausführung, z. B. durch Bohrspülung, vermindert werden. Eine Beschädigung der Erdwärmesonde(n) durch Abscheren infolge von Kriechbewegungen ist nicht auszuschließen

V Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter

Die Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und -geringleiter ist dem prognostischen Bohrprofil im Anhang zu entnehmen. Die Kenntnis darüber dient dazu, schon bei der Planung die erforderlichen Maßnahmen vorzusehen, die beim Bau der Erdwärmesonde einen unkontrollierten artesischen oder einen stockwerksübergreifenden Grundwasserfluss ausschließen und eine dauerhaft dichte Ringraumhinterfüllung sicherstellen (siehe "Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden" des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft). Dies ist zum Schutz des Grundwassers, aber auch des Bauherrn notwendig und vermeidet spätere Schäden.

Aufgrund der regional unterschiedlichen Eigenschaften der Gesteine können einige Gesteine als Grundwasserleiter oder als Grundwassergeringleiter ausgebildet sein. Da auch die Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen regional unterschiedlich sein kann, ist ihre Darstellung nur stark vereinfacht möglich. Bei Festgesteinsgrundwasserleitern nimmt sie in der Regel mit größerer Tiefe ab, bei tektonischer Beanspruchung oft zu und an Talhängen und in Tälern ist die Ergiebigkeit in der Regel erhöht.

Aufgrund der komplexen tektonischen Situation im Oberrheingraben kann die Gesteinsabfolge erheblich vom prognostischen Bohrprofil abweichen.

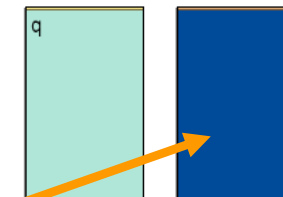
Prognostisches Bohrprofil

Schluff, Sand, tonig, bereichsweise humos; Quartär q (Deckschichten) (Mächtigkeit zwischen 0-2m)

Kies, sandig, schluffig mit Ton-/Schlufflagen; Quartär q

Bohransatzhöhe
107 [m NN]









Bohrtiefe
[m]



Die Bohrtiefe ist begrenzt auf 44 m.

— 50

Gliederung in Grundwasserleiter und -geringleiter

- | | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|
|  | Grundwassergeringleiter |  | je nach Region Grundwassergeringleiter oder Grundwasserleiter |  | Grundwassergeringleiter mit Grundwasser führenden Einschaltungen |
|  | Grundwasserleiter (geringe bis mittlere potenzielle Ergiebigkeit) |  | schichtig gegliederter Grundwasserleiter |  | Grenze schematisch |
|  | Grundwasserleiter (hohe potenzielle Ergiebigkeit) |  | überwiegend Grundwassergeringleiter mit Grundwasser führenden Bänken | (1) unverwittert | (2) verwittert |

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Beispiel der Energiemenge unter einem Grundstück vom 400m² in Sandhausen:

Erlaubte Bohrtiefe: 44m

./. Grundwasserstand: 8m

Grundwasserschicht: 36m x 400m² = 14.400m³

Energie in einer Grundwasserschicht bei 5K Nutzung:

1m³ Gestein aus Wasser, Sand und Kies enthält 3,15kWh

Das entspricht 0,315l Heizöl.

Rechnung: 0,315l/m³ x 14.400m³ = 4.536l Heizöl

Fazit: Die **4.536l Heizöl-Energie** steht Ihnen jederzeit und kostenlos zur Verfügung durch Erdsonden. Jahr für Jahr!

Das ist Ihre eigene Energie-Quelle.

4. Kosten der Bohrungen

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Krämer Erdwärme GmbH, Bruchstückler 44-46, 76661 Philippsburg

außerhalb Wasserschutzgebiet

11111 Musterdorf

Seite: 1
Angebot Nr.: 33798
Kunden Nr.: 27200
Bearbeiter: ALS
Bestellnr.: 00_EWS BW
Steuernr.: 30 063 19989
USt-IdNr.: DE202984741
Datum: 19.09.2024

Angebot Nr. 33798

Erdsonden für Wärmepumpe im Lockergestein mit Anschlussleitungen Rheinebene Baden

Heizleistung: 8 kW HL
Sondenmeter gesamt: 80 m Berechnet nach Standort
Sondenanzahl: 2 Sonden a 40 m, Doppel U40 mm
angenommener Grundwasserstand: 4,00 m

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir danken für Ihr Interesse und bieten wie folgt an. Bitte beachten Sie, dass unser Angebot vorbehaltlich einer Überprüfung der Verhältnisse vor Ort gilt (Bohrbarkeit, Zugänglichkeit, Platz für Bohrgerät etc.). Eventuelle bauliche Gegebenheiten oder besondere behördliche Auflagen sind im Angebot nicht berücksichtigt. Gegebenenfalls muss das Angebot angepasst werden.

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	Gesamtpreis EUR
1	1,00 St	- Baustelleneinrichtung für Sondenbohrung mit 22to. Bagger An- und Abfahrt der erforderlichen Geräte, Auf- und Abbau, Umsetzen, Geräte- und Werkzeugkosten, Vorrichten des Materials, Umstellen der Bohreinrichtung - Baustelleneinrichtung für horizontale Erdsondenzusammenfassung An- und Abfahrt, Geräte und Werkzeugkosten	1.855,00	1.855,00
2	8,00 kW HL	Sondenmeter gesamt: 80 m -Berechnet nach Standort für 8 kW Heizleistung, Erdsondenanlage im Lockergestein mit Hohlbohrschnecke - Niederbringen der Bohrungen in Böden der Klasse 1-4, Bohrtiefe unter Vorbehalt der behördlichen Anforderungen, Auslegen und Ausbau der Sonden erfolgt nicht nach VDI 4640 Blatt 2, sondern nach eigenen Berechnungen. Die VDI 4640 beschreibt keine Erdsonden die im fließendem Grundwasser stehen. Außerdem verwenden wir Erdsonden mit größeren Geometrien, die den Entzugsleistungen im Grundwasser entsprechen. Im fließendem Grundwasser	730,00	5.840,00
Zwischensumme			7.695,00	

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	Gesamtpreis EUR
Übertrag				7.695,00
		sind die Entzugsleistungen wesentlich höher als im Festgestein. Dagegen sind die Regenerationszeiten wesentlich kürzer als im Festgestein. Die Abstände der Erdsonden legen wir nach Grundwasserfließrichtung und Bohrtiefe fest. Richtlinien der VDI sind kein Gesetz, sondern nur Empfehlungen. -Liefen und Einbauen von Sonden, Material PE 100 RC, wir verwenden höherwertige RC-Sonden aus hochvernetzten Polyetylenen, diese übertreffen die Qualitätsanforderungen von herkömmlichen PE-Sonden -Bohrgut verbleibt beim AG		
3	8,00 kW HL	Zusammenfassung der Sonden Leitungsgraben für Horizontalverlegung der Erdsonden bis Kellerwand, Isolierung der Kaltleitungen ab Kellerwand innen hat Bauseits zu erfolgen, Tiefe bis 0,8 m unter GOK, Leitungsgraben mit Aushubmassen verfüllen.	330,00	2.640,00
		Dreiwegeventil zur Befüllung der Sonden und der Wärmepumpe - Horizontalverlegung und Sondenzusammenführung bis Kellerwand, PE-Leitungen liefern und verlegen mit allen Formstücken, Sonden im Technikraum abgestellt		
4	1,00 St	- Wärmeträgermedium für Erdsonden liefern, Sondenleitungen mit 25%igem Ethylenglykol-Wassergemisch der Firma Fauth Mannheim spülen, füllen und entlüften, Druckprüfung „Bitte beachten Sie, dass die Erdwärmesonden unmittelbar nach der horizontalen Anbindung ins Gebäude noch nicht mit Glykol befüllt sind. Dieser Arbeitsschritt erfolgt erst wenn die Primärseite der Wärmepumpe vom Heizungsbauer an unseren Übergabepunkt angeschlossen wurde. Bitte geben Sie uns dann rechtzeitig Bescheid, sodass wir zeitnah einen Termin zur Befüllung der Anlage vereinbaren können.“	300,00	300,00
Zwischensumme			10.635,00	

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Angebot Nr. 33798

Erdsonden für Wärmepumpe im Lockergestein mit Anschlussleitungen Rheinebene Baden

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	Gesamtpreis EUR
Übertrag				10.635,00
5	80,00 m	Die Wärmepumpe darf vorher nicht in Betrieb genommen werden. Haftpflichtversicherung Erdwärmesonde, laut Erlass des Umweltministerium Baden-Württemberg vom 07.10.2011 (verursacherunabhängige Versicherung Deckungssumme 1 Mio. €) zzgl. 19% gesetzlicher Versicherungssteuer	1,90	152,00
6	1,00 St	Beinhaltet nicht das Anbohren vorhandener Versorgungsleitungen! Wasserrechtliche Erlaubnis beantragen - diese darf vor der Auftragserteilung gestellt werden. Unterschriftsfertig in gefordertem Umfang und Anzahl zum mühelosen Weiterversand. Nicht enthalten ist die Genehmigungsgebühr des Landratsamtes !	180,00	180,00
7	1,00 Stk.	Lageplan in DXF Format	50,00	50,00
8	1,00 St	Einmessen der Sonden und Anschlussleitungen, Erstellen der Endprotokolle als Dokumentation für Kunde und Amt	170,00	170,00
9	4,00 St	Rohrdichtungseinsatz in Kernbohrung (Ø100 mm) für die Rohrdurchführung des Wasserzu- bzw. -ablaufs (max. PE 50), einfach dichtend gegen nicht drückendes Wasser	85,00	340,00
10	2,00 St	Kernbohrung (DN 100) für die Rohrdurchführung des Solezulauf und Ablauf	100,00	200,00
11	80,00 m	Abtransport und Entsorgung des anfallenden Bohrgutes	3,50	280,00
Gesamt Netto				12.007,00
zzgl. 19,00 % USt. auf			12.007,00	2.281,33
Gesamtbetrag				14.288,33

Zahlbar innerhalb von 8 Tagen ohne Abzug.

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Krämer Erdwärme GmbH, Bruchstück 44-46, 76661 Philippsburg

Innerhalb Wasserschutzgebiet

22222 Musterhausen

Seite: 1
 Angebot Nr.: 33799
 Kunden Nr.: 27201
 Bearbeiter: AL
 Bestellnr.: EWS_innerhalb WSG
 Steuernr.: 30 063 19989
 USt-IdNr.: DE202984741
 Datum: 19.09.2024

Angebot Nr. 33799

Erdsonden für Wärmepumpe im Lockergestein mit Anschlussleitungen Rheinebene Baden (Grundwasserschutz)

Heizleistung: 8 kW
 Sondenmeter (gesamt): 144 m
 Sondenanzahl: 4 Sonden a 36 m, Doppel-U 40 mm, gefüllt mit reinem Wasser
 angenommener Grundwasserstand: 4,00 m

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir danken für Ihr Interesse und bieten wie folgt an. Das Grundstück liegt in einem Wasserschutzgebiet. Die Erdwärmesonden werden mit reinem Wasser gefüllt. Um das Wasser im Temperaturplusbereich zu halten, ist es notwendig die Erdwärmesondenlängen zu erhöhen. Durch die Erhöhung der Sondenlängen wird die Leistung auf 180% erhöht.

Bitte beachten Sie, dass unser Angebot vorbehaltlich einer Überprüfung der Verhältnisse vor Ort gilt (Bohrbarkeit, Zugänglichkeit, Platz für Bohrgerät etc.).
 Eventuelle bauliche Gegebenheiten oder besondere behördliche Auflagen sind im Angebot nicht berücksichtigt. Gegebenenfalls muss das Angebot angepasst werden.

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	Gesamtpreis EUR
1	1,00 St	Baustelleneinrichtung für Sondenbohrung mit 22to. Bagger An- und Abfahrt der erforderlichen Geräte, Auf- und Abbau, Umsetzen, Geräte- und Werkzeugkosten, Vorrichten des Materials, Umstellen der Bohreinrichtung - Baustelleneinrichtung für horizontale Erdsondenzusammenfassung An- und Abfahrt, Geräte und Werkzeugkosten	1.855,00	1.855,00
2	8,00 kW HL	Erdsondenanlage im Lockergestein mit Hohlbohrschnecke - Niederbringen der Bohrungen in Böden der Klasse 1-4, Bohrtiefe unter Vorbehalt der behördlichen Anforderungen, Auslegen und Ausbau der Sonden erfolgt nicht nach VDI 4640 Blatt 2, sondern nach eigenen Berechnungen. Die VDI 4640 beschreibt keine Erdsonden die im fließendem Grundwasser stehen. Außerdem verwenden wir Erdsonden mit größeren Geometrien, die den Entzugsleistungen im Grundwasser	730,00	5.840,00
Zwischensumme			7.895,00	

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	Gesamtpreis EUR
Übertrag				7.895,00
3	8,00 kW HL	Zusammenfassung der Sonden Leitungsgraben für Horizontalverlegung der Erdsonden bis Kellerwand, Isolierung der Kaltleitungen ab Kellerwand innen hat Bauseits zu erfolgen, Tiefe bis 0,8 m unter GOK, Leitungsgraben mit Aushubmassen verfüllen. - Horizontalverlegung und Sondenzusammenführung bis Kellerwand, PE-Leitungen liefern und verlegen mit allen Formstücken, Sonden im Technikraum abgestellt Dreibeigeventil zur Befüllung der Sonden und der Wärmepumpe	330,00	2.640,00
4	1,00 Stk.	Um die Wasser-Wärmeträgerflüssigkeit im Temperaturplusbereich zu halten, muss die Erdwärmesondenlänge auf 180 % erhöht werden. Dadurch entstehen 50 % Mehrkosten auf Position 2 und 3.	4.240,00	4.240,00
5	144,00 m	Haftpflichtversicherung Erdwärmesonde, laut Erlass des Umweltministerium Baden-Württemberg vom 07.10.2011 (verursacherunabhängige Versicherung Deckungssumme 1 Mio. €) zzgl. 19% gesetzlicher Versicherungssteuer Beinhaltet nicht das Anbohren vorhandener Versorgungsleitungen!	1,90	273,80
Zwischensumme				14.848,80

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Angebot Nr. 33799

Erdsonden für Wärmepumpe im Lockergestein mit Anschlussleitungen Rheinebene Baden (Grundwasserschutz)

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	Gesamtpreis EUR
Übertrag				14.848,60
6	1,00 St	Wasserrechtliche Erlaubnis beantragen - diese darf vor der Auftragserteilung gestellt werden. Unterschriftsfertig in gefordertem Umfang und Anzahl zum mühelosen Weiterversand. Nicht enthalten ist die Genehmigungsgebühr des Landratsamtes !	180,00	180,00
7	1,00 Stk.	Lageplan in DXF Format	50,00	50,00
8	1,00 St	Einmessen der Sonden und Anschlussleitungen, Erstellen der Endprotokolle als Dokumentation für Kunde und Amt	170,00	170,00
9	4,00 St	Rohrdichtungseinsatz in Kernbohrung (Ø100 mm) für die Rohrdurchführung des Wasserzu- bzw. -ablaufs (max. PE 50), einfach dichtend gegen nicht drückendes Wasser	85,00	340,00
10	2,00 St	Kernbohrung (DN 100) für die Rohrdurchführung des Solezulauf und Ablauf	100,00	200,00
11	144,00 m	Abtransport und Entsorgung des anfallenden Bohrgutes	3,50	504,00
Gesamt Netto				16.292,60
zzgl. 19,00 % USt. auf			16.292,60	3.095,59
Gesamtbetrag				19.388,19

Zahlbar innerhalb von 8 Tagen ohne Abzug.

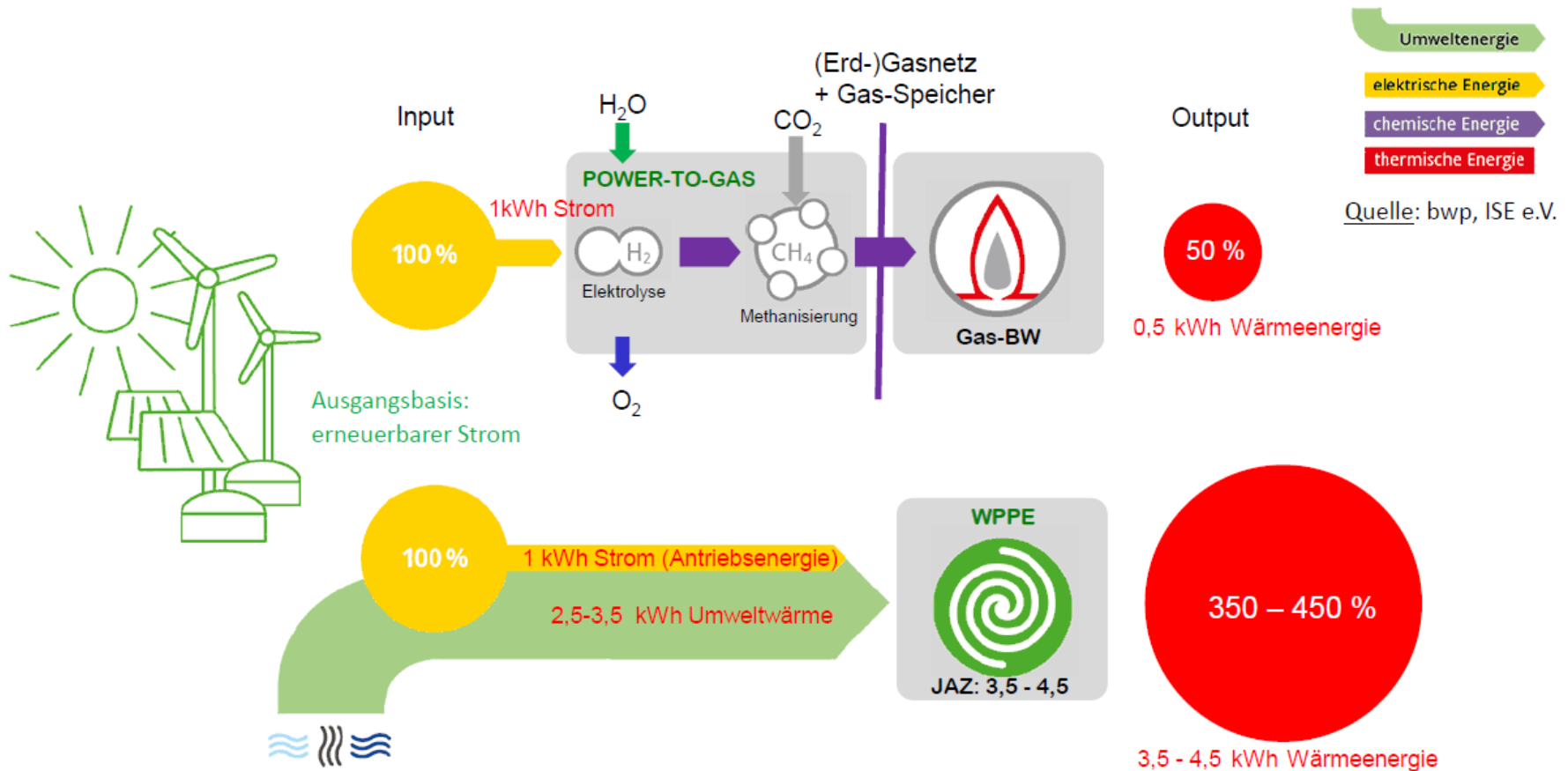
Erdwärme – Oberrheintalgraben

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Mediale und politische Empörung zum GEG (2): „Technologieoffenheit“ (1)

Wärmewende: Effizienzvergleich Power to Gas (P2G) vs. Wärmepumpe (WPPE)



Bei P2G muss das ca. 7 bis 9-fache an EE-Strom ggü. der WPPE aufgewendet werden!

Berechnung der Kälte-/Wärmefahnen

Nachweis zur Berechnung der Kälte-/Wärmefahnen von Erdsonden mittels der Wärmekapazität in grundwasserführenden Lockergesteinen.

Die von uns ausgeführten Erdwärmesonden befinden sich ausschließlich im ersten Grundwasserleiter.

Voraussetzungen:

1. Die Sonde befindet sich im wassergesättigtem Sand / Kies –Gemisch.
2. Am kältesten Tag im Jahr läuft die Wärmepumpe 12 Stunden.
3. Die 40mm doppel-U-Sonde entzieht 90 W/m.
4. Es wird mit 4 K gerechnet
5. Das Porenvolumen beinhaltet 38 % Wasser (Sand = 37,0 – 39,5 %, Kies 8/16 = 38 %).
6. Das spezifische Gewicht von Sand beträgt 1,32.
7. Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers beträgt im Oberrheintalgraben mind. 1m/Tag.

Beispiel an Erdsonden mit 40m Tiefe

Ziel der Berechnung: Es soll der Radius der Kältefahne eines Tages berechnet werden.

Wärmekapazität Wasser: $c = 4190 \text{ J} / (\text{kg} \times \text{K}) = 4190 \text{ J} / (\text{dm}^3 \times \text{K})$
 $c = 4190 \text{ kJ} / (\text{m}^3 \times \text{K})$

Wärmekapazität Sand/Kies: $c = 835 \text{ J} / (\text{kg} \times \text{K}) \times 1,32 = 1102 \text{ J} / (\text{dm}^3 \times \text{K})$
 $c = 1102 \text{ kJ} / (\text{m}^3 \times \text{K})$

Durchschnittliche Wärmekapazität $c = 4190 \text{ kJ} / (\text{m}^3 \times \text{K}) \times 0,38 + (1102 \text{ kJ} / \text{m}^3 \times \text{K}) \times 0,62 = 2275,44 \text{ kJ} / (\text{m}^3 \times \text{K})$

Spezifische Wärme q im stationärer Fließprozess von wassergesättigtem Sand bei $\Delta T = 4\text{K}$

$q = 2275,44 \text{ kJ} / (\text{m}^3 \times \text{K}) \times 4\text{K} = 9101,76 \text{ kJ} / \text{m}^3$

Entzugsleistung $90 \text{ W/m} \times 12 \text{ h} = 1080 \text{ Wh/m}$, das entspricht 3888 kJ/m
 (1 Wh = 3,6 kJ)

$3888 \text{ kJ/m} : 9101,76 \text{ kJ/m}^3 = 0,427 \text{ m}^3$

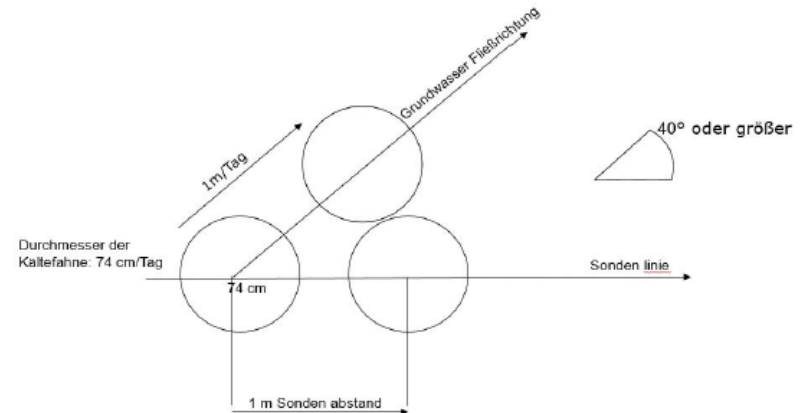
Das entspricht einem Radius von 0,37 m

Fazit: Der Radius der Kältefahne beträgt 0,37 m pro Tag.

Da die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers im Oberrheintalgraben mind. 1m/ Tag beträgt, wird auch bei einem Anfließwinkel von 40° der Abstand der Erdsonden von 0,74m reichen, ohne dass die Erdsonden sich in ihrer Entzugsleistung beeinflussen werden

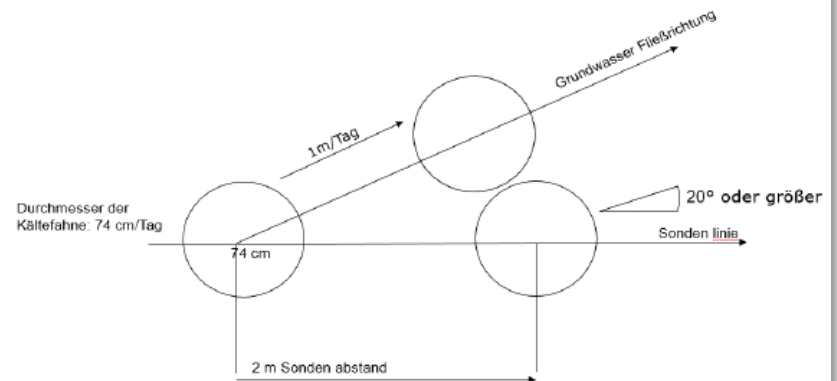
Das Ergebnis der Berechnung der Kälte-/Wärmefahne ergibt einen Mindestabstand von 0,74m zwischen Erdsonden.

Beispiel von Erdsonden mit einem Abstand von 1 m



Fazit: Bei einem Sonden abstand von 1 m muss der Anfließwinkel des Grundwasserfließrichtung 40° oder größer sein.

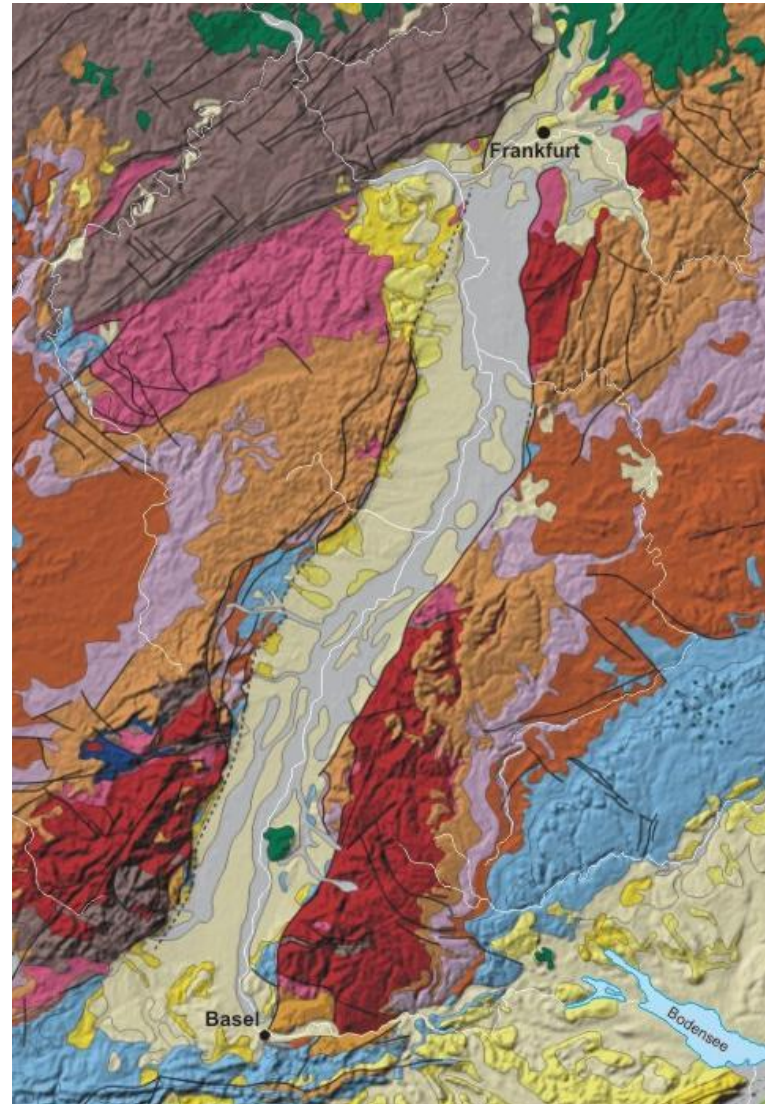
Beispiel von Erdsonden mit einem Abstand von 2 m



Fazit: Bei einem Sonden abstand von 2 m muss der Anfließwinkel des Grundwasserfließrichtung 20° oder größer sein.

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Geologische Karte der Rheinebene



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Erdwärme – Oberrheintalgraben

