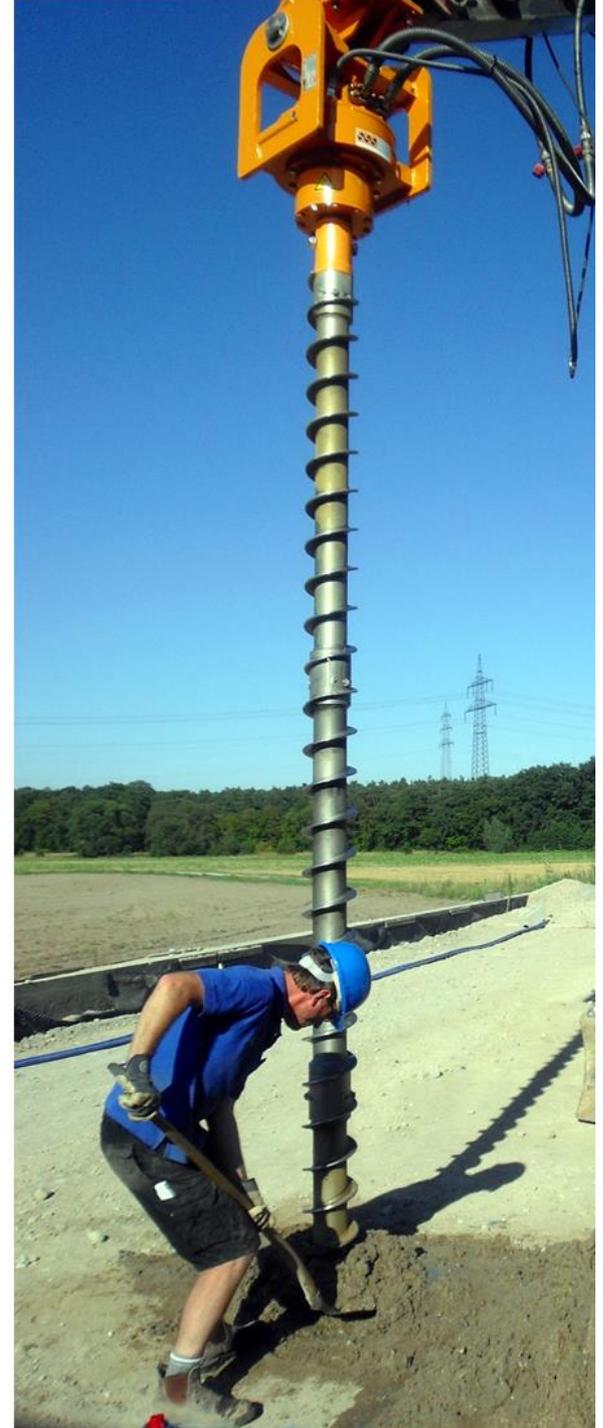


Heizen und Kühlen mit Erdwärme

Im Oberrheintalgraben



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
 - Erdwärmekollektoren
- **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 August 2023 haben wir für 1.002 Kunden ...

- **123.708 Bohrmeter** für Erdwärmesonden gebohrt.

- **3.744 Sonden** eingebaut.

Die Ø-Sondenlänge ist 33m.

Davon sind...

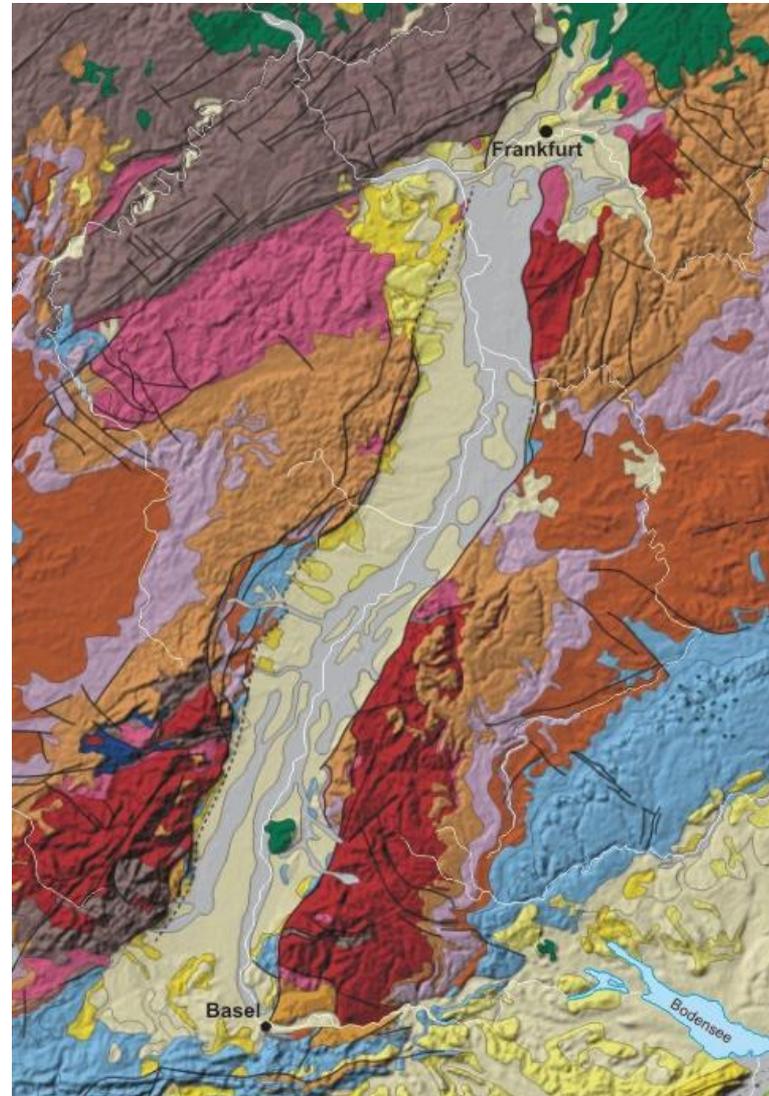
- 830 Projekte aus dem badischen Teil des Oberrheintalgraben. (83%)

- 161 Projekte aus dem pfälzer Teil des Oberrheintalgraben. (16%)

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

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Geologische Karte der Rheinebene



**Und so sieht das Ganze
in der Praxis aus...**

Die Hohlbohrschnecke:

Das risikofreie
Bohrverfahren für
die Rheinebene.



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Erdwärme – Oberrheintalgraben



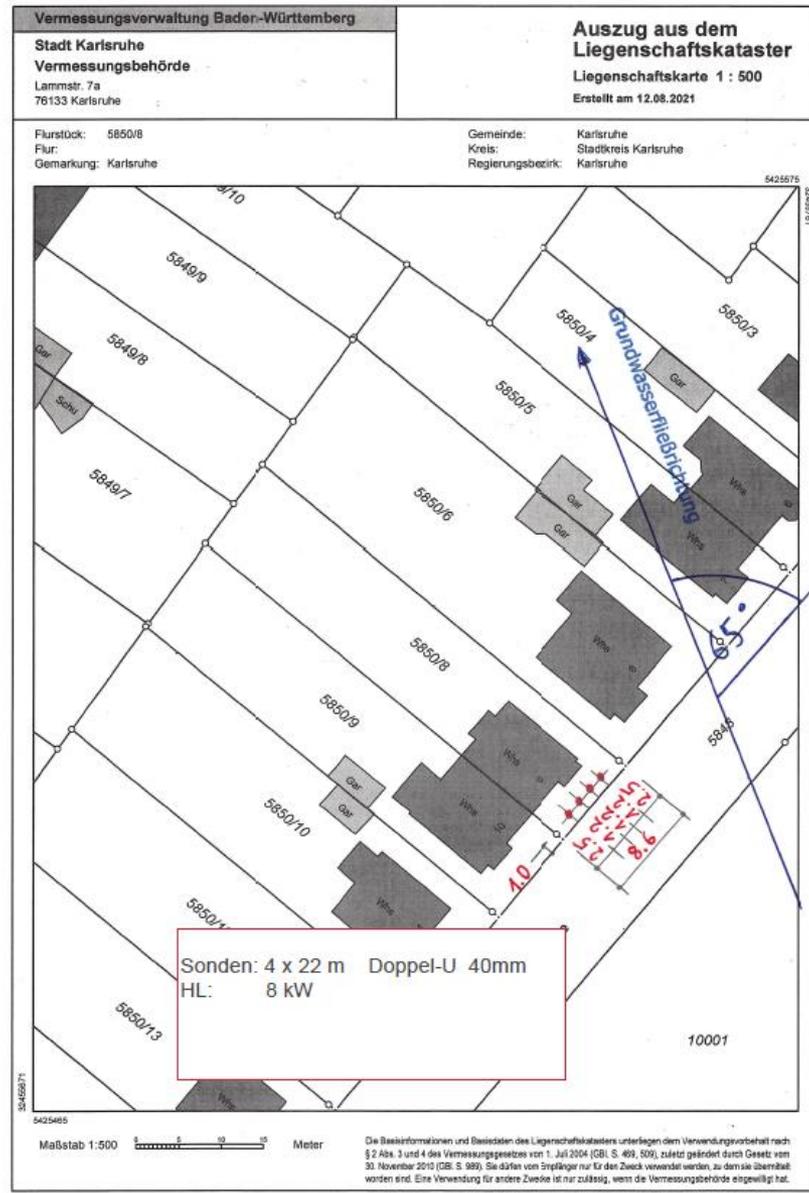
Horizontale Anbindung

von 6 Erdsonden in
einem Vorgarten

Reihenschaltung bis
8kW Heizlast möglich.



Erdwärme – Oberrheintalgraben



Erdwärme – Oberrheintalgraben

Berechnung der erforderlichen Entzugsleistung bei Erdsonden im grundwasserführenden Lockergestein:

Bauvorhaben: 0

76199 Karlsruhe

Wärmepumpe:

Heizleistung (HL): 8 kW
 Elektr. Leistung: 1,6 kW
 Kälteleistung (KL): 6,4 kW

Bohrtiefe:

Grundwasserschutzgebiet: nein
 erlaubte Bohrtiefe: 23 m
 Grundwasserstand (GW): 4 m
 Entzugsleistung: 20 W/m oberhalb des Grundwassers
 90 W/m im GW bei Doppel-U 40

Entzug:

4	x	4	m	oberhalb des GW	16,00	m	x	20 W =	320 W
4	x	18	m	im GW	72,00	m	x	90 W =	<u>6.480 W</u>

Kälteleistung:

6.800 W

Die erforderliche Kälteleistung der Wärmepumpe beträgt 6400 W.

Bauausführung:

Grundwasserstand: 4 m
 Bohrtiefe: 22 m
 Anzahl der Bohrungen: 4 Stück
 Ausbau der Bohrungen: Doppel-U 40mm

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)

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

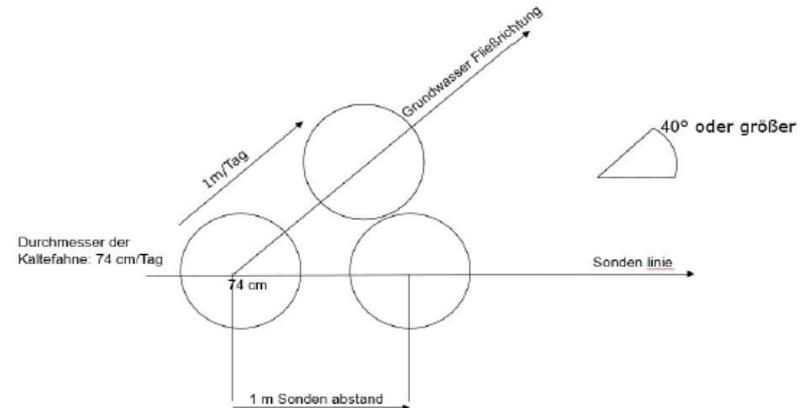
Das entspricht einem Radius von 0,37 m

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

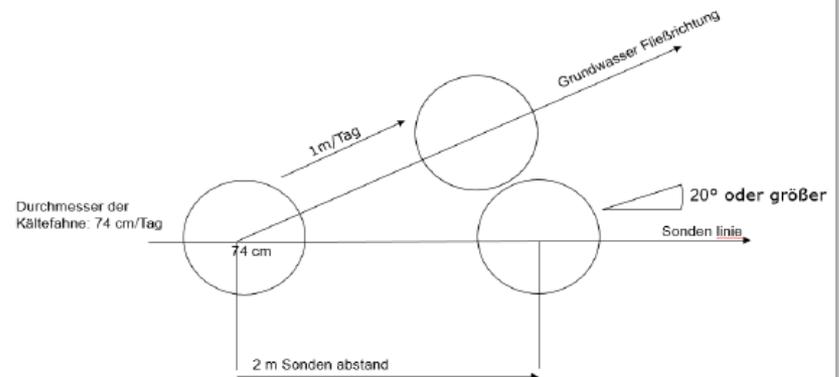
Das Ergebnis der Berechnung der Kälte-/Wärmefahne ergibt einen Mindestabstand von 0,74m zwischen Erdsonden.

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

V.

BEGRÜNDUNG

Der Antragsteller plant die Errichtung von zwei Erdwärmesondenanlagen. Dafür sollen auf dem o. g. Grundstück ei Bohrungen mit je 38 m Tiefe unter GOK niedergebracht werden, um Doppel-U-Erdwärmesonden einzubauen. Es ist geplant, die Bohrungen mittels einer Hohlbohrschnecke niederzubringen. Die Ringraumverfüllung erfolgt – nach Einbau der wassergefüllten Sonde – beim Herausdrehen der Hohlbohrschnecke mit Sand/Kies (anstehendes Erdreich). Aus fachtechnischer Sicht bestehen gegen dieses Vorgehen bei durchlässigen Lockergesteinen und wenn sich die Erdwärmesonde auf ihrer ganzen Länge nur im obersten Grundwasserleiter befindet, keine Bedenken.



„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 Rohren 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 Rohren aus PE 100-RC ist die alternative (z. B. sandbettlose) Verlegung dieser Rohre (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-Rohre 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 Rohre 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 Rohre 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 Punktlastbeständigkeit dar [5] ergänzt um weitere an Rohren 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 Rohre 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-Rohren die Brüche NICHT in der Fugeebene 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 Rohren 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

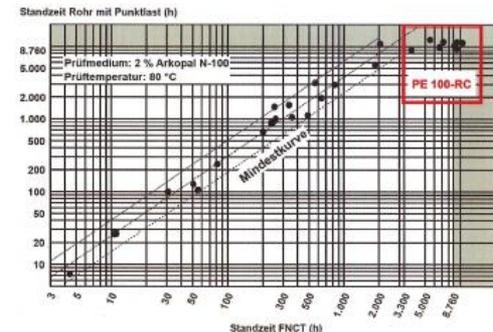


Bild 6: Korrelation zwischen Punktlastversuch und FNCT
Fig. 6: Correlation between Point loading test and FNCT

Erdwärme – Oberrheintalgraben

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.