

Oberflächennahe Geothermie: Tiefensonden – Bohrtechnik und Ausführung, ein Beitrag zur Wärmewende aus dem Spezialtiefbau der Fa. PORR

Anita ANGERER & Tobias MÜLLNER

1 Geothermie als Schlüsseltechnologie

Um den anthropogenen Klimawandel einzudämmen und die von der Europäischen Union gesetzten Ziele des Europäischen Klimagesetzes erreichen zu können, bedarf es neben der häufig genannten Stromwende einer Wärmewende. In Europa wurden im Jahr 2020 rund 58 % des Wärmebedarfs sowie 54 % des Warmwasserbedarfs in Wohngebäude mit fossilen Energieträgern bereitgestellt. Dies entspricht etwa 1,2 Mio. GWh an Energie (Eurostat, 2023).

Dieser fossile Anteil kann bei einer breitflächigen Anwendung mit oberflächennaher Geothermie reduziert werden und so ein wichtiger Baustein zur Dekarbonisierung des Wärmesektors und so zur Energiewende sein.

Vor allem in dicht bebauten, urbanen Gebieten und Regionen, in denen Alternativen wie Fernwärme nicht vorhanden sind, bietet Geothermie die Möglichkeit, Energie dezentral und erneuerbar zu erzeugen. Geothermie hat unter anderem die Vorteile des geringen Flächenbedarfs, die Möglichkeit der saisonalen Energiespeicherung und der Nicht-Volatilität des Energiedargebots. Oberflächennahe geothermische Anlagen haben neben ihrer breiten Verfügbarkeit den Vorteil ihrer Langlebigkeit, womit es möglich ist, Anlage über Jahrzehnte zu betreiben (Freymond, 2015).

1.1 Geothermie

Im Gegensatz zu vielen anderen Energieformen ist die Erdwärme stetig verfügbar sowie weitgehend von tageszeitlichen, saisonalen und klimatischen Schwankungen unabhängig. Zusätzlich deckt die Nutzung der Geothermie ein breites Anwendungsfeld ab. Neben Kühlen und Heizen von Gebäuden oder der Nutzung für landwirtschaftliche sowie industrielle Prozesswärme kann diese auch zur Erzeugung von elektrischer Energie herangezogen werden.

Der oberflächennahe nutzbare Wärmestrom, welcher in der Erdkruste nicht nur aufgrund der Diffusion vom Erdkern an die Erdoberfläche, sondern hauptsächlich auf die radioaktive Zerfallswärme zurückzuführen ist, beträgt im Schnitt etwa 70 mW/m².

Die Temperatur nimmt mit zunehmender Tiefe im globalen Mittel von der Erdoberfläche ausgehend um 3 °C pro 100 m zu, was als geothermischer Gradient bezeichnet wird. Die Temperatur der nutzbaren Geothermie liegt in einem Spektrum von 10 °C bis zu 150 °C.

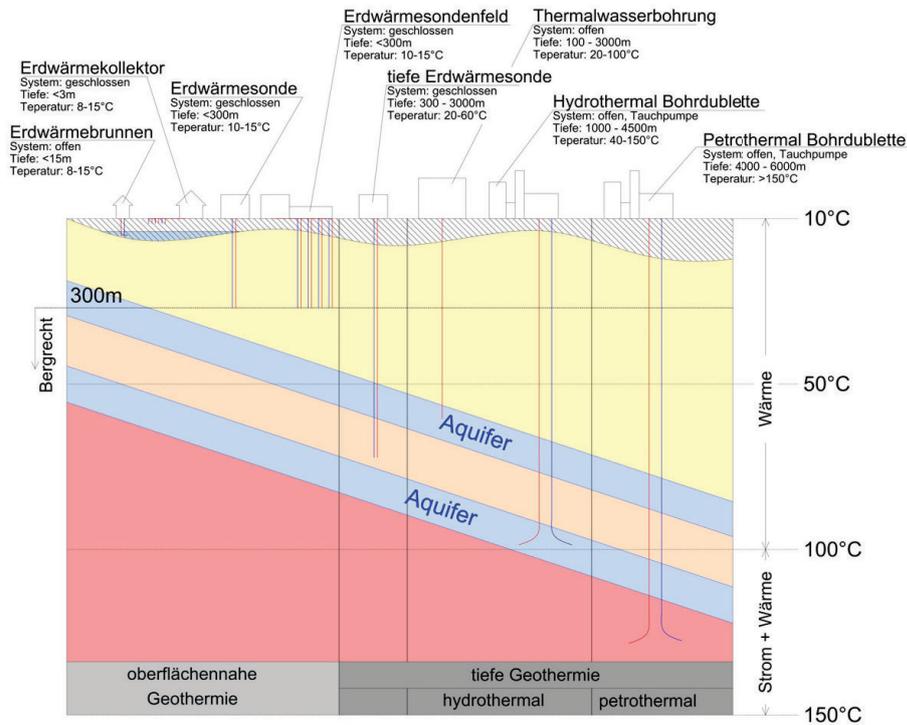


Abbildung 1: Geothermische Nutzungsarten, Einteilungsart oberflächennahe und tiefe Geothermie.

Um das breite Spektrum der Erdwärme nutzen zu können, kommen verschiedene Anwendungssysteme zum Einsatz (siehe Abb.1). Die in Österreich gebräuchlichste Einteilung unterscheidet zwischen oberflächennaher (Tiefe <300 m) und tiefer Geothermie (Tiefe >300 m). Eine weitere Einteilung lässt sich aufgrund des verwendeten Systems in Hinblick auf das Einbringen des Wärmeträgermediums treffen. Man unterscheidet zwischen offenen sowie geschlossenen Systemen (GTÖ - Geothermie für Österreich, 2024).

1.1.1 Erdwärmesonden

In den meisten europäischen Ländern wird der überwiegende Teil der Erdwärme durch Wärmepumpensysteme genutzt. In Österreich werden mit diesen Systemen etwa 2.300 GWh an Heizwärme gewonnen. Eines der verbreitetsten Anlagen stellen die Tiefensonden dar (Bundesministerium für Klima, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022).

Bei dieser Art der oberflächennahen Geothermie werden Rohrleitungen in ein vertikales Bohrloch bis in eine Tiefe von 300 m eingebracht. In den Rohrleitungen zirkuliert das Wärmeträgermedium, welches die Energie aus dem Untergrund aufnimmt und über einen geschlossenen Kreislauf zur Wärmepumpe bringt. Als Wärmeträgermedium fungiert Wasser, welches zumeist mit Frostschutz versehen ist. Werden mehrere Tiefenbohrungen in einem Sondenfeld zusammengefasst, so werden diese mit horizontalen „Anbindeleitungen“ zu einem Geothermieverteiler geführt. Als häufigste Form der Verteiler kommen Schächte, Wand- oder Bodenplattendurchführungen zum Einsatz. Bei den Rohrleitungen handelt es sich meist um Kunststoffrohre (PE-100 RC oder PE-X) mit einem Durchmesser von 25-46 mm, welche mittels Elektroschweißmuffen verbunden werden. Um ein vertikales Durchströmen von Grundwasser im Ringraum des Bohrloches zu verhindern und eine gute thermische Verbindung zum anstehenden Erdreich sicherzustellen, wird das Bohrloch nach Einbringen der Sonde mit zementgebundener Suspension im Kontraktorverfahren hinterfüllt. Erdwärmesonden können in unterschiedlichen Formen verbaut werden. Die häufigsten Formen sind die U-Erdwärmesonde und Doppel-U-Erdwärmesonde. Bei diesen werden vertikale Leitungen am

unteren Ende durch ein U-förmiges Fußteil verbunden. Als Koaxialsonde werden Sonden bezeichnet, bei welchen die Anordnung der Rohre nicht nebeneinander, sondern ineinander verläuft.

Die Entzugsleistung von Erdwärmesonden ist unter anderem von geologischen sowie betrieblichen Randbedingungen abhängig. Dennoch kann die Entzugsleistung nach der Richtlinie 4640-Blatt 1 des Vereins der Deutschen Ingenieure grob mit 30-80 W/m abgeschätzt werden. Durch einen Thermal-Response-Test kann eine genaue Wärmeleitfähigkeit bestimmt werden.

1.2 Bohrverfahren

Für das Abteufen von Geothermiebohrungen mit einem Durchmesser von 148-168 mm kommen in der Regel zwei Bohrverfahren zum Einsatz. Bei Lockergesteinsformationen wie Ton, Schluff oder Sand kommt das Rotary-Druckspülbohren (Abb. 2) zum Einsatz. Abhängig von den geologischen und den hydrogeologischen Gegebenheiten kann dieses Verfahren mit und ohne Hilfsverrohrung ausgeführt werden. Werden Felsformationen mit Bodenklasse 5-7 angetroffen, so hat sich das Imlochhammer-Bohrverfahren bewährt (Bauer et al., 2018).

1.2.1 Spülbohrverfahren

Beim Druckspülbohren wird durch das sich um seine Längsachse rotierende Bohrgestänge eine Spülflüssigkeit gepumpt, welche das vom Bohrmeißel gelöste Bohrklein entlang der Bohrlochwand zutage fördert. Nach Absetzen des Bohrkleins in einem Wannensystem (Schlammmulde) kann die Spülflüssigkeit wieder dem Bohrkreislauf beigefügt werden. Als Spülflüssigkeit kommt in der Regel Wasser zum Einsatz. Um ein standhaftes Bohrloch zu garantieren, können je nach Geologie Additive wie z. B. Bentonit der Spülung beigefügt oder eine Hilfsverrohrung entlang der Bohrlochwand mitgezogen werden.



Abbildung 2: Geräteeinheit für Rotary-Druckspülverfahren, inkl. zusätzlicher Schlammulde, exkl. Verpresseinheit.

1.2.2 Imlochhammer-Bohrverfahren

Im Gegensatz zum Rotary-Druckspülverfahren ist das Imlochhammer-Bohrverfahren ein dreh-schlagendes Verfahren. Da das Bohrklein mittels Druckluft zutage gefördert wird, ist für dieses Verfahren zusätzlich ein Hochdruckkompressor bereitzustellen.

Unabhängig vom eingesetzten Bohrverfahren werden in Österreich hauptsächlich auf Ketten selbstfahrende Bohrgeräte mit Doppelkopffrotorsystem eingesetzt. Neben dem Bohrgerät, welches meist ungefähre Abmessungen von etwa $B=2,5\text{ m}$; $L=6\text{ m}$ und eine Masthöhe $H=8,5\text{ m}$ aufweist, werden für die Herstellung einer Sondenbohrung zusätzlich noch eine Verpresseinheit, ein Raupenkompaktlader sowie je nach Bohrverfahren eine Schlammmulde oder ein Hochdruckkompressor benötigt. Ein Bohrtrupp besteht üblicherweise aus zwei bis drei Fachkräften.

1.3 Sondenfeld Village im Dritten

Bestehend aus 500 Erdwärmesonden mit einer Tiefe von 150 m wird im Village im Dritten das bis dato größte Erdwärmesondenfeld Österreichs hergestellt. Somit werden Sonden mit einer Gesamtlänge von 75.000 lfm verbaut. Die verwendeten Doppel-U-Sonden mit einem Außendurchmesser von 32 mm werden aus dem Material Polyethylen-100 Resistance to Crack (PE-100 RC) hergestellt. Die Aufteilung der Sonden erfolgt dabei auf 16 Baufelder und 2 Bauphasen (siehe Abb. 3). Als Verfahren für das Abteufen der Erdwärmesonden wird das Druckspülverfahren mit einem Dreiflügelmeißel eingesetzt, welches auf die geologischen Verhältnisse abgestimmt wurde (siehe Kapitel 1.2). Geologisch gesehen befindet sich das Baufeld im post-mittelozeäne Sedimentbecken, in dem sandige bis kiesige Ablagerungen durch die Donau im oberen Bereich vorherrschen. Ab einer Tiefe von etwa 20 m trifft man überwiegend auf Tegel.



Abbildung 3: Sondenausteilung Bauvorhaben Village im Dritten, Bauphase 1 (400 EWS).

Die Tiefe der Sonden wurde mit 150 m gewählt, da sich hier ein günstiges Gleichgewicht zwischen Risiko und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung einstellt. Sämtliche Erdwärmesonden werden unter den späteren Bauwerken ausgeführt. Um die Erdwärmesonden mit den einzelnen Technikzentralen zu verbinden, werden die beiden Vor- bzw. Rückläufe direkt am Sondenkopf mit einem Y-Stück zusammengefasst und weiters mit DA40 PE-100-RC Anbindeleitungen zum Verteiler geführt. Um Lufteinschlüsse bei Hochpunkten zu vermeiden, müssen die Anbindeleitungen ansteigend oder horizontal zum Verteiler geführt werden. Zusätzlich ist im Bereich der Anbindeleitungen auf eine ausreichende Überdeckung zu achten. Je nach Gegebenheiten werden die Anbindeleitungen auf

Feinplanums Niveau – in der Sauberkeitsschicht – oder in Künetten geführt. Als Wärmeträgermedium wird im Village im Dritten Wasser eingesetzt.

Die als Bodenplattendurchführung ausgeführten Verteiler (Abb.4) sind in den jeweiligen Energiezentralen in den Bauwerken platziert. Lediglich die beiden Baufelder 15 und 16 wurden mittels einer Sammelleitung verbunden. Hier befindet sich die Energiezentrale für beide Gebäude am Baufeld 15. Die Ausführung der Bodenplatten erfolgt bei allen Baufeldern als weiße Wanne. Die Abdichtung in das Gebäude erfolgt über dichte Bodenplattendurchführungssystem aus Kunststoff.



Abbildung 4: Als Bodenplattendurchführung ausgeführten Verteiler (Abb. links) Anbindeleitungen am Beispiel Baufeld 11B - Village im Dritten (Abb. rechts).

Um einen Lastausgleich zu generieren, werden die Baufelder der Bauphase 1 (400 Sonden) sowie die Baufelder der Bauphase 2 (100 Sonden) miteinander verbunden. In den so entstehenden Anergienetzen wird die Wärme bzw. Kälte aus den zentralen Sondenfeldern im geringen Temperaturbereich (<30 °C) zu den Wärmepumpen transportiert.

1.3.1 Planung und Auslegung Village im Dritten

Der wirtschaftliche und technische Erfolg einer Erdwärmesondenanlage hängt wesentlich von der richtigen Auslegung ab. Überdimensionierungen von Anlagen führen zu überproportional hohen Investitionskosten, was sich wiederum nachteilig auf die Verbreitung sowie der technischen Weiterentwicklung der gesamten Technik auswirkt. Eine Unterdimensionierung resultiert in einem unwirtschaftlichen Betrieb und kann im äußersten zur Stilllegung der Anlage führen.

Die geologischen Randbedingungen sind wesentliche Eingangsparameter bei der Auslegung von geothermischen Anlagen. Um sich beim Village im Dritten bei der Auslegung auf eine gute Datenbasis zu stützen, wurden schon in der Grundlagenermittlung des Projektes 4 Testsonden mit Längen zwischen

100-250 m abgeteuft. Um die wichtigsten geologischen und geophysikalischen Parameter des Baugrundes zu bestimmen, wurde an diesen Sonden ein Thermal Response Test (TRT) durchgeführt.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Dimensionierung eines Erdwärmesondenfeldes ist das Zusammenspiel zwischen den Betriebsarten Heizen und Kühlen. Um einen effizienten Betrieb gewährleisten zu können, ist auf ein ausgeglichenes Verhältnis der entzogenen und eingebrachten

Energie zu achten (Regeneration der Sonden). Um im Village im Dritten eine ausgewogene Energiebilanz sicherstellen zu können, ist ein Kühlen ohne Temperaturniveauänderung durch eine Wärmepumpe des Trägermediums (Freecooling) aber auch mit Temperaturniveauänderung mittels Prozess-Umkehrung der Wärmepumpen (Activcooling) möglich. In Abbildung 5 sind die Auswirkungen von unterschiedlichen Regenerationsraten, ohne Berücksichtigung des Grundwassers, dargestellt. Größere Erdwärmesondenfelder müssen dabei fast ausnahmslos regeneriert werden, um einen langfristigen Betrieb sicherzustellen.

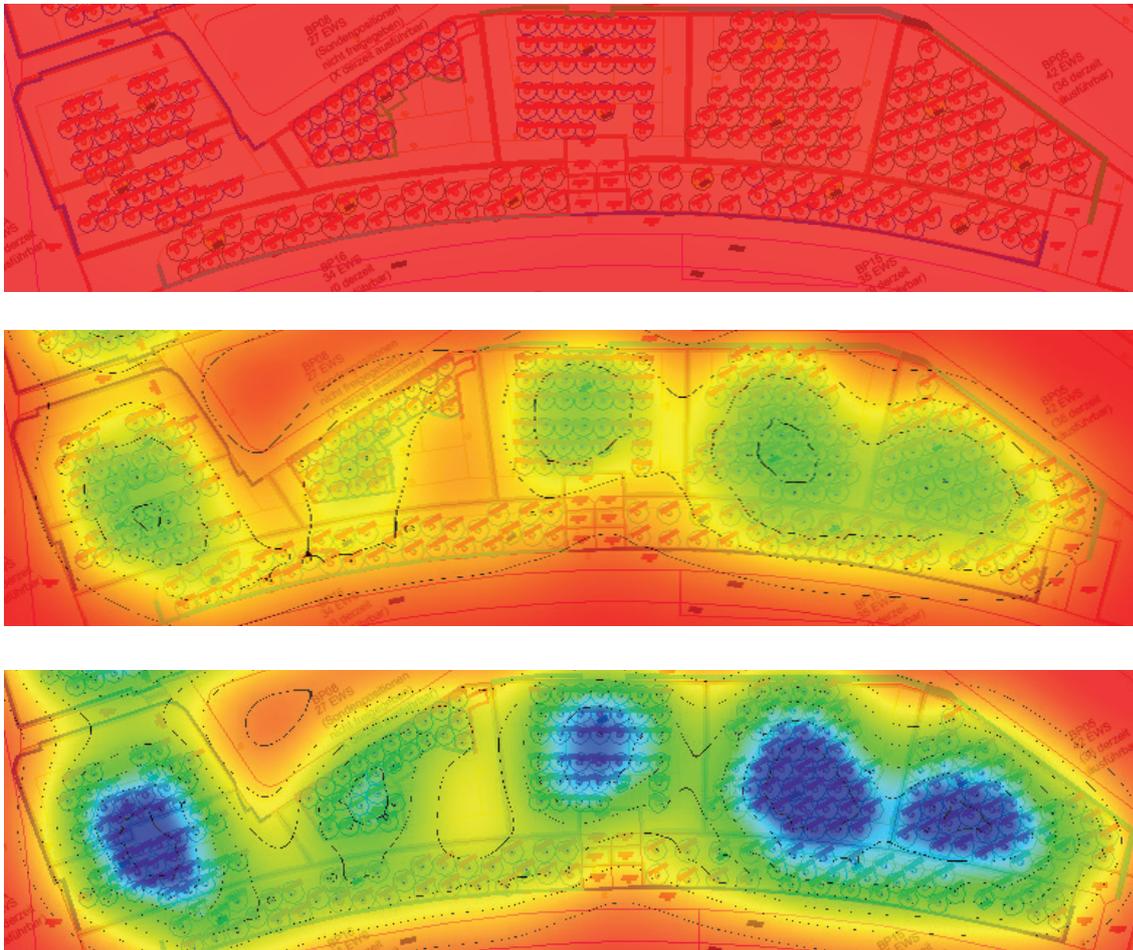


Abbildung 5: Oben: 100%ige Regeneration, keine lokalen Abkühlungen Mitte: 81%ige Regeneration, lokale Abkühlungen um bis zu 4 °K Unten: 37%ige Regeneration, lokale Abkühlungen um bis zu 10 °K Nach 30 Jahre Betrieb.

1.4 Geothermieanlage LeopoldQuartier

Mitten im dicht verbauten 2. Wiener Gemeindebezirk wurde durch die UBM Development AG ein innovativer Holz-Hybrid-Bau geplant. Neben einer nachhaltigen Nutzung des zuletzt ungenutzten und verbauten rund 22.000 m² großen Grundstückes steht die ganzheitliche Energieversorgung des Neubaus über Ressourcen auf dem Standort im Fokus.

Ein Anergienetz, 3 Brunnenpaare (Entnahme- und Schluckbrunnen) sowie 192 Erdwärmesonden mit einer Tiefe von 150m bilden die Quelle der Energieversorgung. In Summe wurden Sonden mit einer Gesamtlänge von 28.800 lfm, über 11.000 lfm horizontaler Anbindeleitungen sowie über 1.000 lfm an Brunnen- und Anergieleitungen verbaut. Die verwendeten Doppel-U-Sonden mit einem Außendurchmesser von 32 mm werden aus dem Material Polyethylen-100 Resistance to Crack (PE-100 RC) hergestellt. Die Aufteilung der Sonden erfolgt hierbei auf 4 Baufelder (siehe Abb. 6). Als Verfahren

für das Abteufen der Erdwärmesonden wird das Druckspülverfahren mit einem Dreiflügelmeißel eingesetzt, welches auf die geologischen Verhältnisse abgestimmt wurde (siehe Kapitel 1.2).



Abbildung 6: Ausführungsplan - Bauvorhaben LeopoldQuartier.

Die Tiefe der Sonden wurde, wie bereits beim Projekt Village im Dritten, mit 150 m gewählt, da sich hier ein günstiges Gleichgewicht zwischen Risiko und Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung einstellt. Sämtliche Erdwärmesonden werden unter den späteren Bauwerken ausgeführt. Um die Erdwärmesonden mit den einzelnen Technikzentralen zu verbinden, werden die beiden Vor- bzw. Rückläufe direkt am Sondenkopf mit einem Y-Stück zusammengefasst und weiters mit DA40 PE-100-RC Anbindeleitungen zum Verteiler geführt. Die als Bodenplattendurchführung ausgeführten Verteiler (Abb. 7) sind in den jeweiligen Energiezentralen in den Bauwerken platziert. Die Ausführung der Bodenplatten erfolgt bei allen Baufeldern als weiße Wanne. Hierbei erfolgt die Abdichtung in das Gebäude über ein Durchführungssystem aus Kunststoff.

Aufgrund der Lage des Projektgebiets nahe des Donaukanals und der ergiebigen Grundwasserverhältnisse wurde bereits frühzeitig in der Planung beschlossen, neben den Tiefensonden eine thermische Grundwassernutzung auszuführen. In Summe werden über die drei Entnahmebrunnen maximal 30 l/s aus dem obersten Grundwasserkörper entnommen, abgekühlt bzw. erwärmt und über drei Rückgabebauwerke wieder in den Aquifer zurückgeführt. Die drei Entnahmebauwerke wurde hierfür nahe der nördlichsten Grundstücksgrenze positioniert und einzeln

zum Haupttechnikraum geführt. Nach der thermischen Veränderung wird das entnommenen Grundwasser über die im südlichen Bereich des Grundstückes errichteten Rückgabebauwerke wieder in den obersten Aquifer eingebracht. Die rund 15 m tiefen Brunnen und Rückgabebauwerke wurden mit einer Greiferbohrung mit einem Durchmesser von 1.200 mm abgeteuft und mit einem 600 mm Ausbau hergestellt. Wie bereits die horizontalen Anbindeleitungen der Erdwärmesonden werden auch die Brunnenleitungen über die jeweiligen Technikräume an die Haustechnik angebunden.

Aufgrund der Vielzahl an Technikräumen und um einen Lastausgleich der einzelnen Bauteile zu ermöglichen, werden alle Geothermieverteiler, sowie die thermische Grundwassernutzung über ein Anergienetz miteinander verbunden. Der so entstehende Verbund ermöglicht es, eventuelle Lastschwankungen einzelner Verbraucher über das gesamte Erdwärmesondenfeld, sowie die thermische Grundwassernutzung auszugleichen.

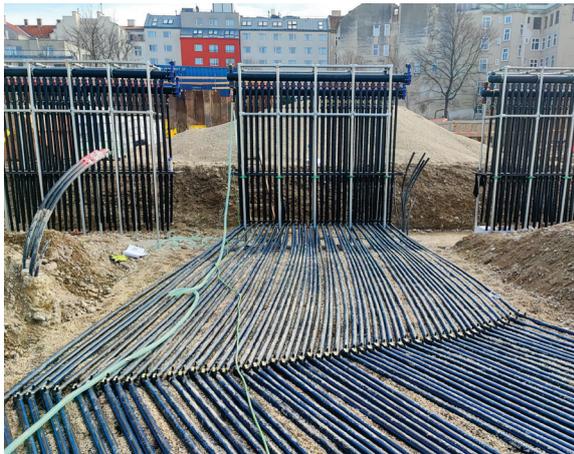


Abbildung 7: Als Bodenplattendurchführung ausgeführten Verteiler (Abb. links) Anbindeleitungen am Beispiel Baufeld D - LeopoldQuartier (Abb. rechts).

1.4.1 Planung und Auslegung LeopoldQuartier

Die geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen sind wesentliche Eingangsparameter bei der Auslegung von geothermischen Anlagen. Um beim Projekt LeopoldQuartier eine detaillierte Datenbasis erhalten wurden bereits im frühzeitig 2 Testsonden mit rund 170 m abgeteuft sowie ein Grundwasserpegel errichtet. Hiermit wurden die wichtigsten geologischen und geophysikalischen Parameter des Baugrundes, unter anderem die Wärmeleitfähigkeit, die spezifische Wärmekapazität sowie der Durchlässigkeitsbeiwert, bestimmt.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Dimensionierung eines Erdwärmesondenfeldes ist das Zusammenspiel zwischen den Betriebsarten Heizen und Kühlen. Um einen effizienten Betrieb gewährleisten zu können, ist auf ein ausgeglichenes Verhältnis der entzogenen und eingebrachten Energie zu achten (Regeneration der Sonden). Da im Falle des LeopoldQuartiers eine kombinierte Anlage aus Erdwärmesonden und einer thermischen Grundwassernutzung vorliegt ist das Zusammenspiel der Anlagen hinsichtlich der Auswirkungen auf die Grundwassertemperatur von zusätzlicher Bedeutung. Aufgrund der Rückführung des erwärmten bzw. abgekühlten Grundwassers direkt in den Aquifer bildet sich eine wesentlich stärkere Thermalfahne aus, welche zu einer negativen Beeinflussung von bereits bestehenden Wasserrechten führen kann. Da es dies zu vermeiden gilt, wird vorab mittels einer Simulation nachgewiesen, wie sich die thermische Grundwassernutzung in Kombination mit Erdwärmesonden quantitativ sowie qualitativ auf bereits bestehende fremde Wasserrechte auswirkt.

Im Zuge der durchgeführten Simulationen konnte nachgewiesen werden, dass sich die hydraulischen Auswirkungen der Brunnenanlage mit +/- 10 cm lokal und vorrangig auf die dem Projekt zugehörigen Grundstücke beschränken. Hinsichtlich der thermischen Auswirkungen (Thermalfahne) wurde nachgewiesen, dass eine Temperaturabweichung von +/- 1 K sich ebenfalls nur lokal ausbreitet und keine fremden bestehenden Wasserrechte nachteilig beeinflusst werden. Die exemplarischen Ergebnisse der Simulationen finden sich in den nachfolgenden Abbildungen 8–10.

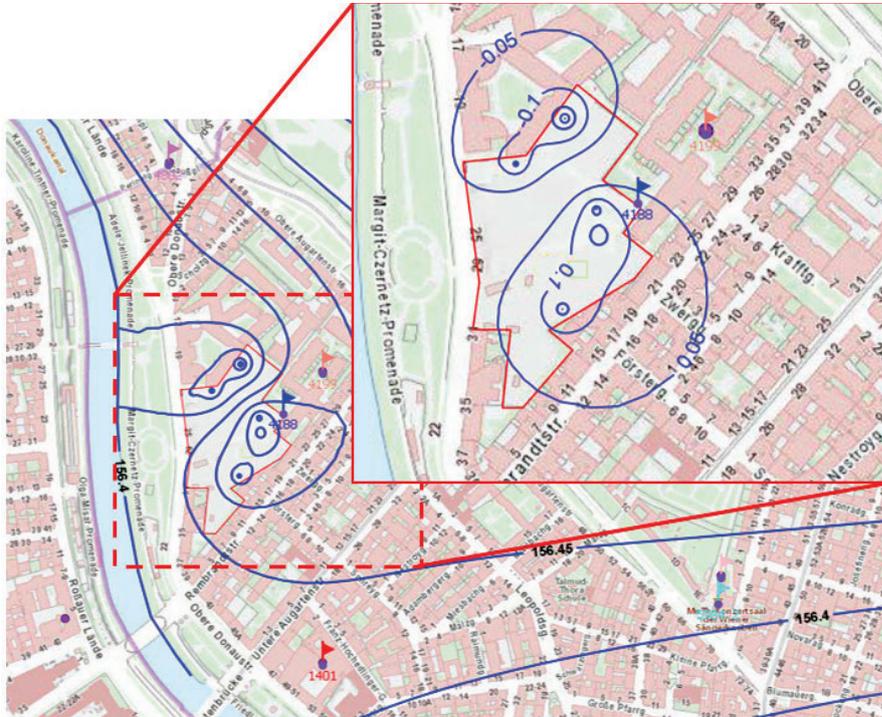


Abbildung 8: Hydraulische Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel (MGW).

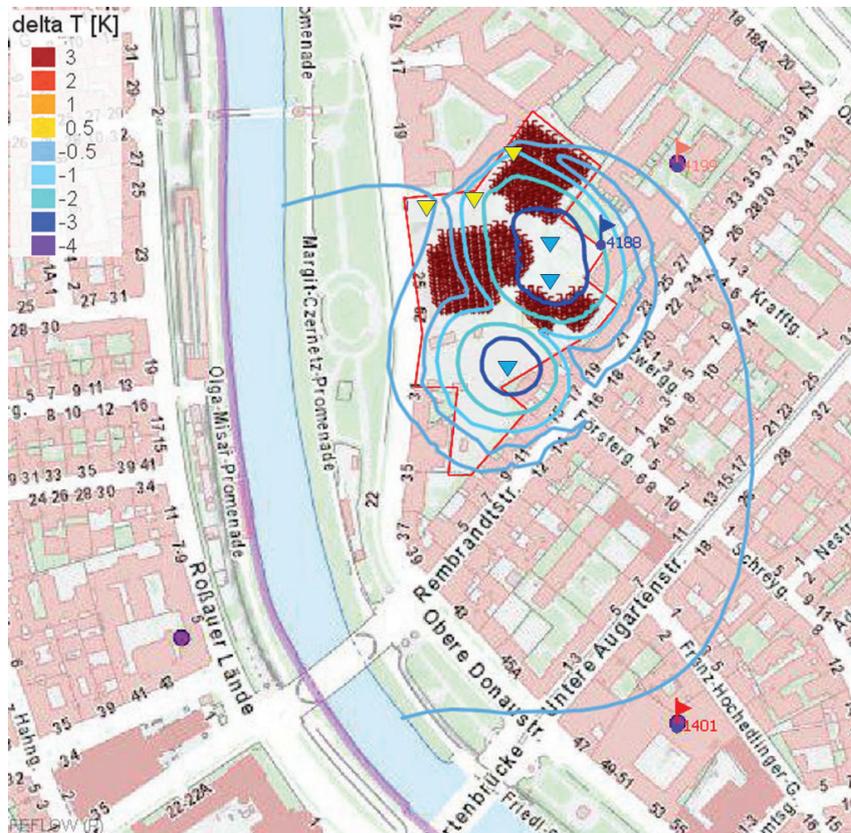


Abbildung 9: Thermalfahne – Ende Heizbetrieb im 30. Betriebsjahr.

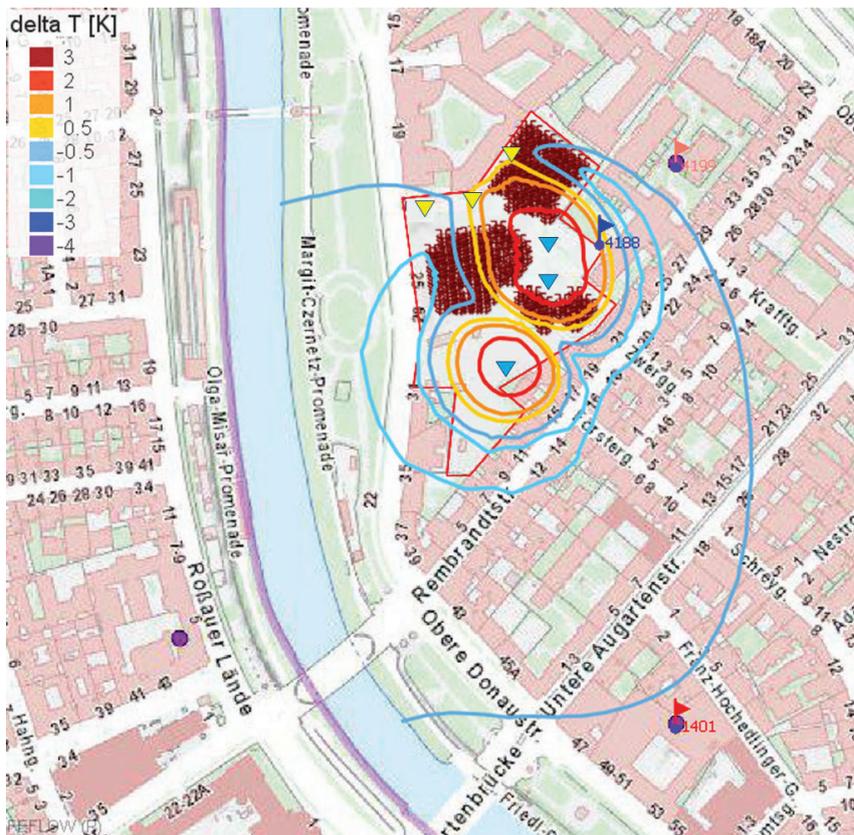


Abbildung 10: Thermalfahne – Ende Kühlbetrieb im 30. Betriebsjahr.

2 Ausblick

Um die geforderten Klimaziele in Österreich und Europa erreichen zu können, ist ein rasches Handeln notwendig. Neben den anderen erneuerbaren Energieformen wie der Wasserkraft, Windenergie oder auch der Photovoltaikanlagen wird die Geothermie zukünftig eine wichtige Rolle in Österreich spielen. Für die oberflächennahe Geothermie wird in der FTI-Roadmap (Bundesministerium für Klima, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2022) ein Ausbauziel von 6,2 TWh genannt, was in etwa dem 3-fachen des aktuellen Standes entspricht. Dadurch könnte die oberflächennahe Geothermie einen möglichen Anteil am erneuerbaren Wärmemarkt von >20 % erhalten. Besonders der Zusammenschluss von mehreren Wohnhäusern mit Anergienetzen verspricht zukünftig ein großes Potential zur Kühlung und Heizung von Gebäuden und somit zur Dekarbonisierung.

Allerdings gibt es eine Vielzahl an politischen Hürden, die den notwendigen Ausbau von oberflächennaher Geothermie noch verzögern. So sind die Bewilligungsverfahren von Erdwärmebohrungen bundeslandabhängig und dadurch stark unterschiedlich. Hier wären einheitliche Regeln dringend notwendig. Dies gilt nicht nur für die Bewilligungsverfahren, sondern auch für Kontrollmechanismen der ausführenden Bohrfirmen.

Im Bundesland Wien ist bereits ein Bohren auf öffentlichen Grund möglich, was für Sanierungen von Gründerzeithäusern dringend notwendig ist. Hier wird aber durch eine hohe einmalige Abgabe pro Laufmeter Bohrung der Ausbau verzögert (Jelinek, 2023). Eine Öffnung entsprechender öffentlicher Flächen, unter Nachweis, dass ein Bohren auf Eigengrund aufgrund des Bestandes nicht möglich ist, wäre wünschenswert in allen Bundesländern.

Literatur

- Bauer, M., Freeden, W., Jacobi, H. & Neu, T. (2018). Handbuch Oberflächennahe Geothermie. Berlin: Springer Spektrum.
- Bundesministerium für Klima, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2022). FTI-Roadmap Geothermie, Wien: Bundesministerium für Klima, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.
- Eurostat (2023). Energy consumption in households. [Online] Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households [Zugriff am 06 11 2022].
- Freymond, A. (2015). Ersatz einer Erdwärmepumpe: Merkblatt mit den wichtigsten , PAC'info Sàrl : Yverdon-les-Bains.
- GTÖ - Geothermie für Österreich (2024). Geothermie Österreich. [Online] Available at: <https://www.geothermie-oesterreich.at/> [Zugriff am 15 Jänner 2024].
- Jelinek, S. (2023). Bauprozessoptimierung oberflächennaher Geothermieanlagen - Bohrlochherstellung und Sondeninstallation in bindigen Böden. Wien: s.n.

Autoren

Vorname, Name: Anita Angerer
Titel: Dipl.-Ing.
Firma, Abteilung: PORR Bau GmbH, Abteilung Spezialtiefbau
Adresse: Absberggasse 47, 1100 Wien
Tel: 0664 626 3844
Email: anita.angerer@porr.at

Vorname, Name: Tobias Müllner
Titel: M.Sc.
Firma, Abteilung: PORR Bau GmbH, Abteilung Spezialtiefbau
Adresse: Absberggasse 47, 1100 Wien
Tel: 0664 626 8638
mail: tobias.muellner@porr.at