

Bohné

Ingenieurgeologisches Büro

Baugrund – Altlastenerkundung – Hydrogeologie – Erd- und Grundbaulabor

Ingenieurgeologisches Büro Bohné
Endenicher Straße 341 – 53121 Bonn

Björn Bohné
Diplom Geologe BDG

Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW
Niederlassung Köln
Domstraße 55-73
50668 Köln

Endenicher Straße 341
53121 Bonn

Tel. 0228 / 220256
Fax 0228 / 224821
Mobil 0171 / 2763457
igb@bohnee.de
www.bohnee.de

Ihre Nachricht

Ihr Zeichen

Unser Zeichen 12139 G1

Datum 02.05.2025

Machbarkeitsstudie und Vorplanung Geothermie

BV:

Viktoriakarree

Gem. Bonn, Flur 60, Flurstück 368

Belderberg 26 / Franziskanerstraße 5

53113 Bonn

Auftraggeber:

Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW

Niederlassung Köln

Domstraße 55-73

50668 Köln

Anlagen:

1. Übersichtslageplan Hydrogeologie
2. Lageplan mit recherchierten Wasserrechten
3. Lageplan potentielle Standorte Brunnen/Erdwärmesonden
4. Grundwasseranalytik

Inhaltsverzeichnis

<u>1 Veranlassung, Situation</u>	<u>4</u>
<u>2 Verwendete Unterlagen</u>	<u>4</u>
<u>3 Topographie</u>	<u>5</u>
<u>4 Geologie</u>	<u>6</u>
<u>5 Hydrogeologische Verhältnisse</u>	<u>9</u>
5.1 Grundwassergleichen	11
5.2 Grundwassermessstellen	11
5.3 Chemisch, Physikalische Eigenschaften Grundwasser	12
<u>6 Behördliche Auskunft</u>	<u>15</u>
<u>7 Wasserschutzgebiete</u>	<u>15</u>
<u>8 Bestehende Wasserrechte (Auskunft Bezirksregierung)</u>	<u>15</u>
<u>9 Bestandsbrunnen Viktoriabad</u>	<u>17</u>
<u>10 Energiebedarf des Neubaus</u>	<u>20</u>
<u>11 Erdwärmesonden</u>	<u>21</u>
11.1 Allgemeine Beschreibung	21
11.2 Geothermische Eigenschaften des Untergrundes	22
11.3 Sondenfeld	22
11.4 Auslegung	23
11.5 Bewertung Sondenfeld	26
<u>12 Brunnenanlage</u>	<u>26</u>
<u>13 Brunnenplanung</u>	<u>27</u>
13.1 Fördermenge Brunnen	27
13.2 Brunnendimensionierung	27
13.2.1 Allgemein	27
13.2.2 Berechnung des Wasserandranges	27
13.2.3 Berechnung des Fassungsvermögens	28
13.3 Bohrung und Ausbau	28
13.4 Entsandung und Pumpversuch	29
13.5 Brunnenschacht / Brunnenkopf	29
<u>14 Betrieb Brunnenanlage</u>	<u>29</u>
<u>15 Beschreibung Grundwassermodellierung</u>	<u>30</u>
15.1 Das Arbeitsgebiet	30
15.2 Modellaufbau	30
15.2.1 Modellgeometrie	31
15.3 Modellkalibrierung	35
15.3.1 Instationäre Modellierung	35
15.3.2 Instationäre Kalibrierung	35
15.4 Randbedingungen für die Temperaturmodellierung	36

15.4.1 <i>Initiale Grundwassertemperaturen</i>	37
15.4.2 <i>Grundwasserneubildungsraten und Randzufluss</i>	37
15.5 Ergebnisse Temperaturmodellierung	38
<u>16 Wasserrechtliche Genehmigung</u>	<u>45</u>
<u>17 Zusammenfassung</u>	<u>45</u>

1 Veranlassung, Situation

Der BLB des Landes Nordrhein-Westfalen plant die Umgestaltung des Viktoriakarrees Belderberg 26 / Franziskanerstraße 5 auf dem o. g. Flurstück. Das Grundstück befindet sich in zentraler Lage der Bundesstadt Bonn in ca. 230 m Entfernung zum Rhein. Die nähere Umgebung ist dicht besiedelt. Das Bauvorhaben wird im Süden von der Franziskanerstraße, im Osten von der B9 und Nordwesten von der Rathausgasse begrenzt.

Das Ingenieurgeologische Büro Bohné wurde mit einer Machbarkeitsstudie zur geothermischen Nutzung mittels oberflächennaher Geothermie (Brunnen oder Erdwärmesonden) beauftragt. Im Rahmen der Studie wurde zudem eine 3D-Wärmetransportmodellierung mit den Vorgaben des IB Drees+Sommer durchgeführt um die Auswirkungen auf den Aquifer zu

Abbildung 1: Lage des Bauvorhabens (Übersicht DTK 10)



2 Verwendete Unterlagen

- Geologische Karte 1 : 25.000 C5208 Bonn (inkl. Erläuterungen)
- Hydrogeologische Karte 1 : 25.000 5208 Bonn
- Abfrage von Grundwasserstandsmessstellen in NRW
- <http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/map/index.jsf>
- Geologischer Dienst NRW – geologisches Potential NRW
- Geologischer Dienst NRW – Bohrdatenbank
- Flurkarte mit Grundstücksgrenzen
- Anfrage Wasserbuch bei der Bezirksregierung Köln
- Anfrage bei der Unteren Wasserbehörde der Stadt Bonn

3 Topographie

Das Bauvorhaben liegt im Zentrum von Bonn gegenüber des Uni-Hauptgebäudes auf der relativ ebenen Niederterrasse des Rheins, welche Südwestlich von der Ville begrenzt wird.

Abbildung 2: Topographie DGM10 Bonn

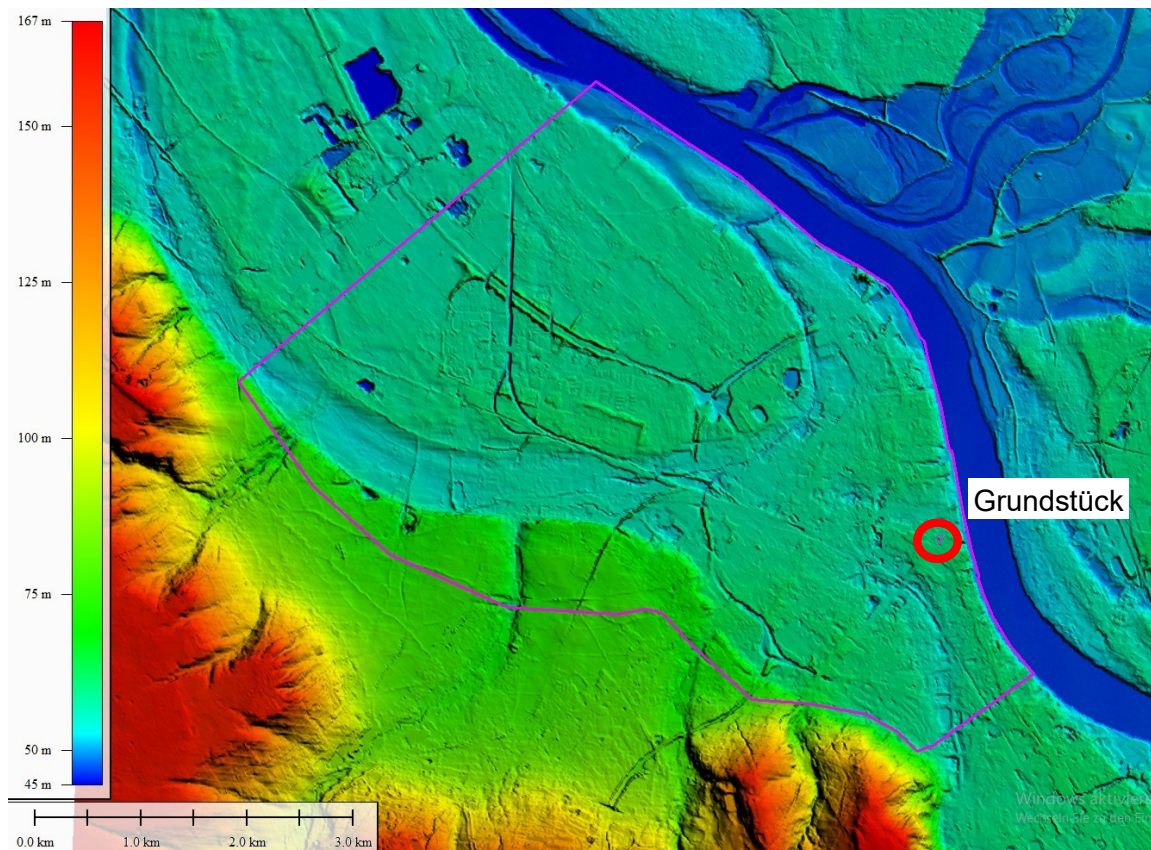
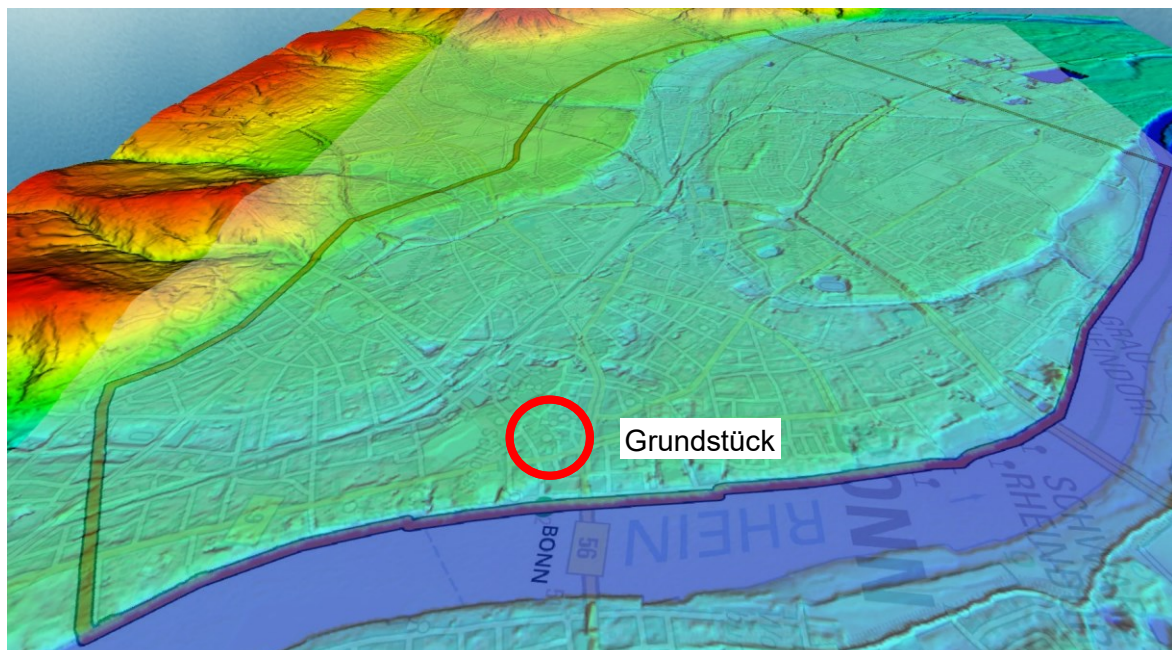


Abbildung 3: Topographie DGM10 Bonn



4 Geologie

Abbildung 4: Geologie Geologische Karte 1:25.000 C5208 Bonn

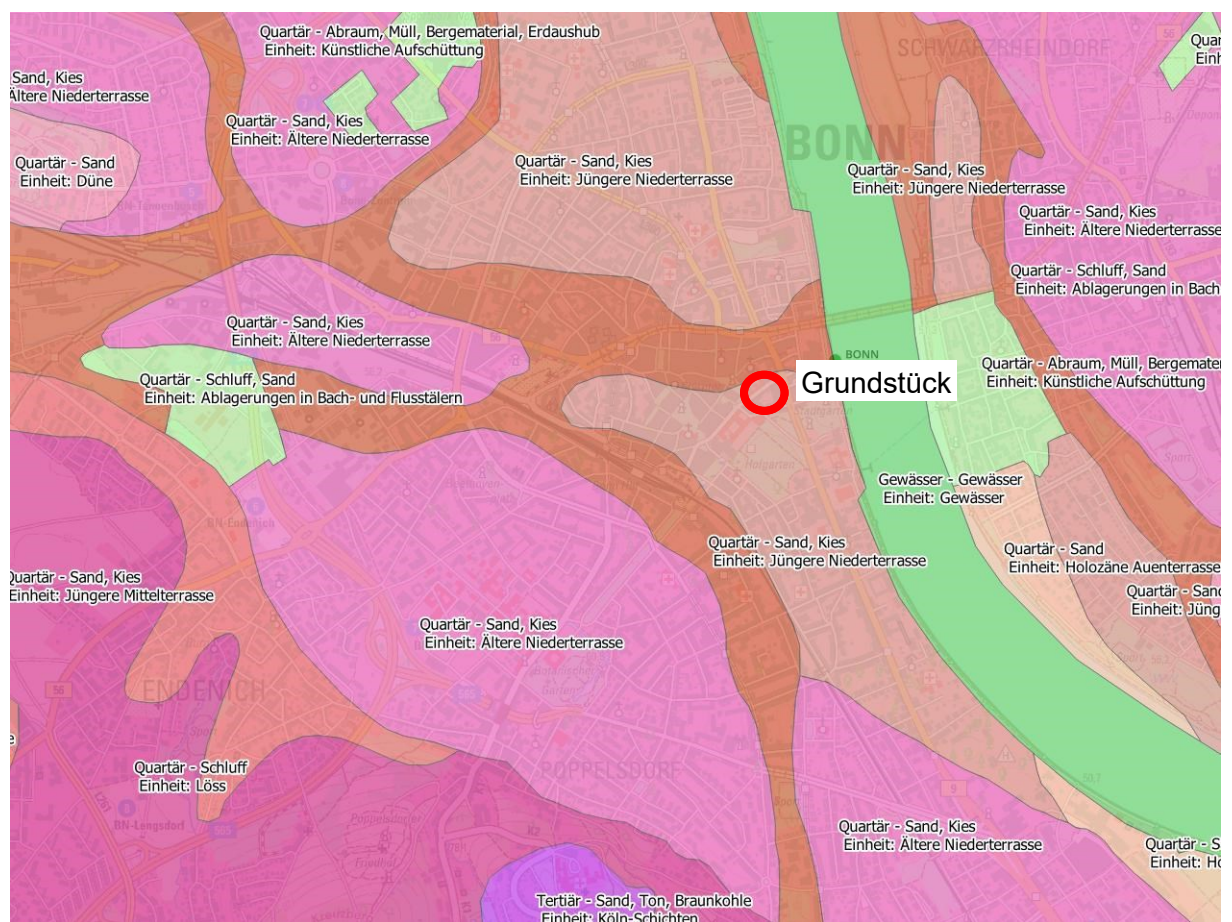
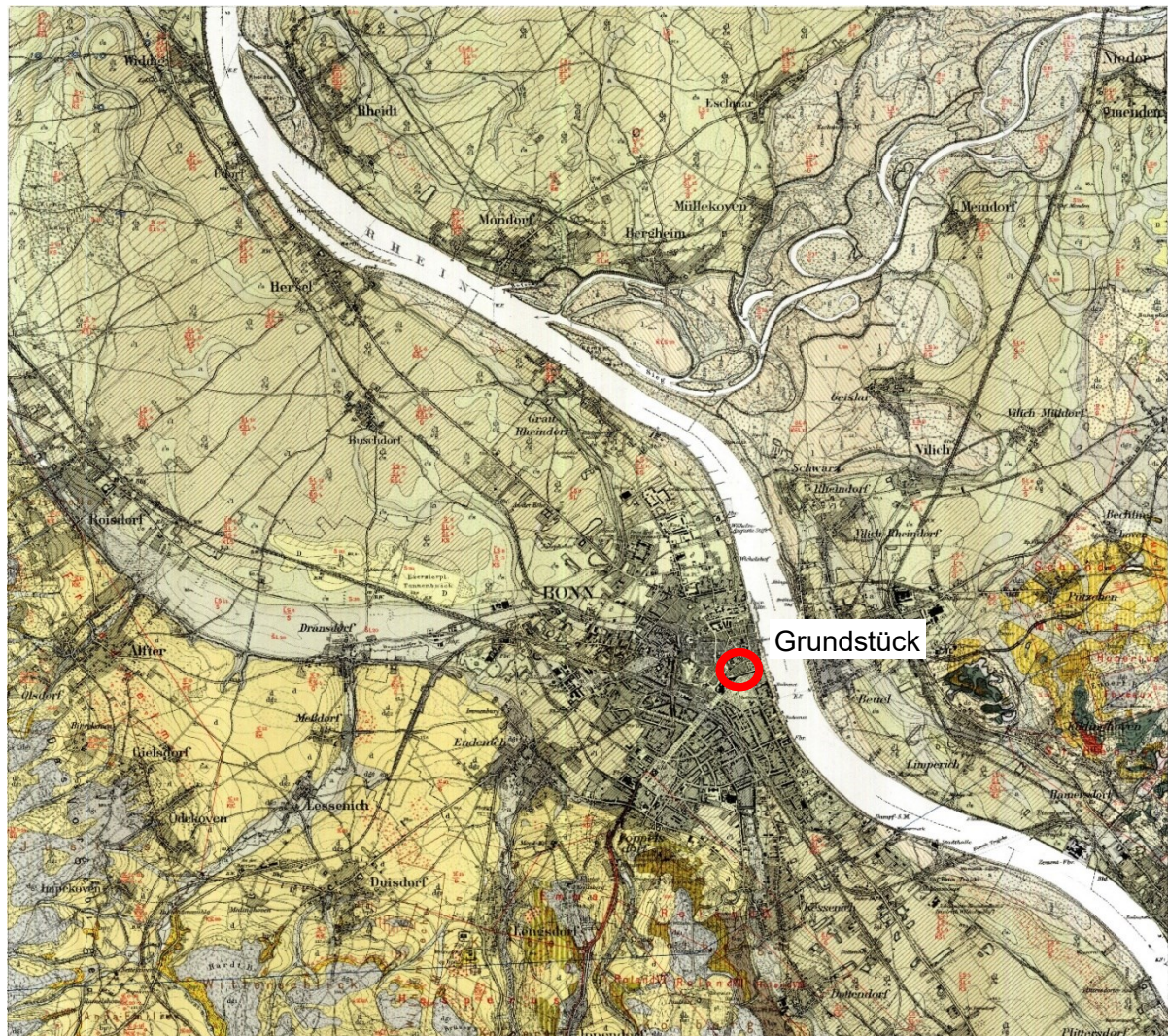


Abbildung 5: Geologie Geologische Karte 1 : 25.000 C5208 Bonn



Ergänzend zu den Kartenwerken wurde auf die Bohrdatenbank des Geologischen Dienstes NRW zurückgegriffen. Das Profil des Bestandsbrunnen im Viktoriabad konnte so recherchiert werden und wird nachfolgend dargestellt.

Stammdaten Bohrung DABO_220699

Bohrungsnummer: DABO_220699 (ID: 36834)

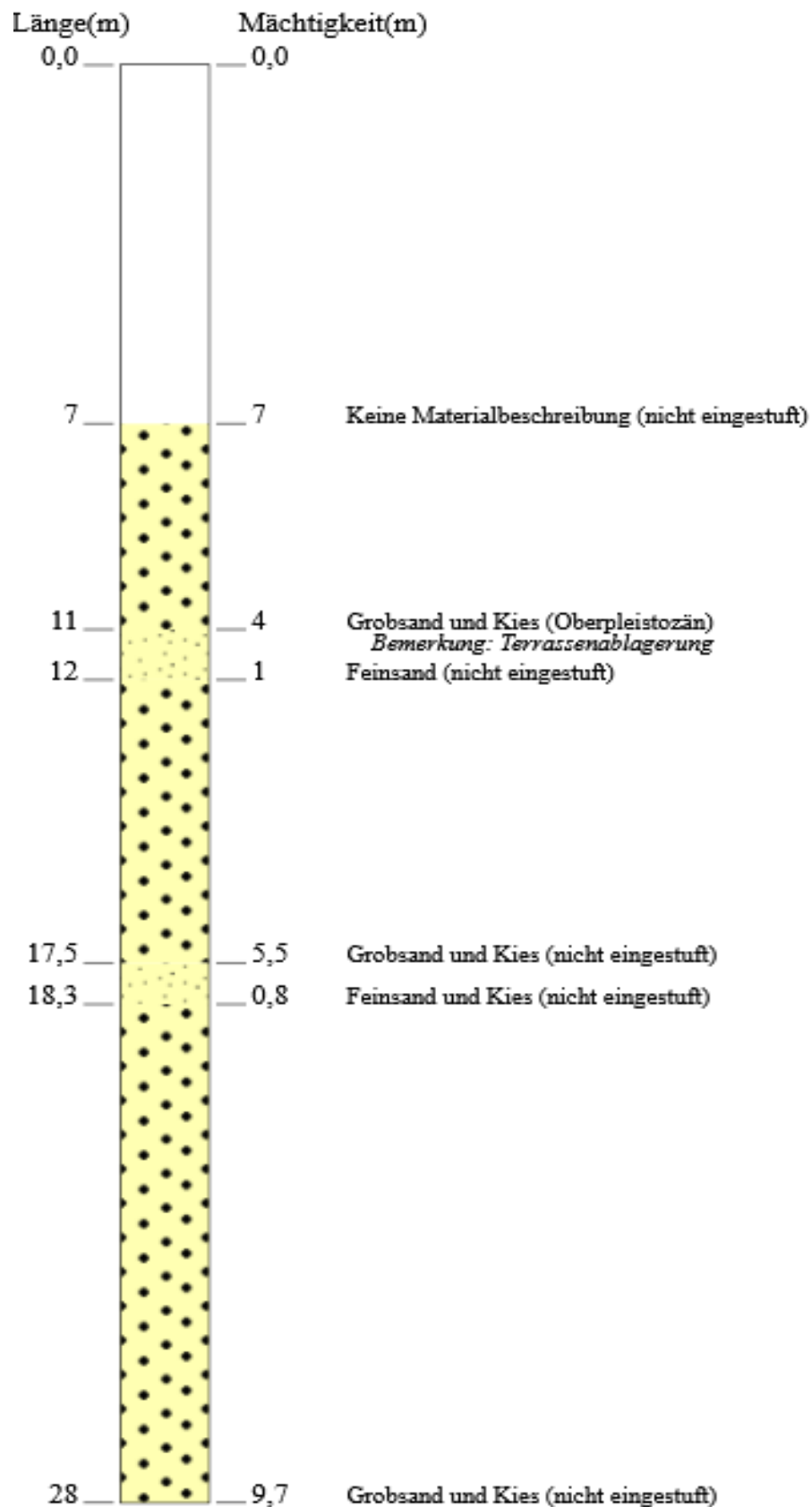
Bohrungsdatum: 1. Januar 1906

Stratigraphie der Endteufe: Quartär

Ansatzhöhe (m NHN): 59,0

Länge der Bohrung (m): 28

Abbildung 6: ID 36834 Geologischer Dienst NRW



Demnach ist in unmittelbarer Nähe des Bauvorhabens mit einer ca. 7 m mächtigen, nicht näher klassifizierten Auffüllungen und Schluffen zu rechnen. Die Schichtunterkante bildet die Grenze zu den pleistozänen Schichten. Diese bestehen aus einer Wechsellagerung von grob- und feinsandigen Kiesen (Terrassenablagerung) mit unterschiedlichen Mächtigkeiten vor. Darunter liegen die devonischen Festgesteine, bestehend aus Wechsellagerungen von Schluff-, Ton- und Sandsteinen.

5 Hydrogeologische Verhältnisse

In den nachfolgenden Abbildungen sind die hydrogeologische Karte und das Profil dazu dargestellt. Der gut durchlässige Aquifer wird von den Terrassenkiesen gebildet.

Abbildung 7: Hydrogeologische Karte 1:25.000 5208 Bonn

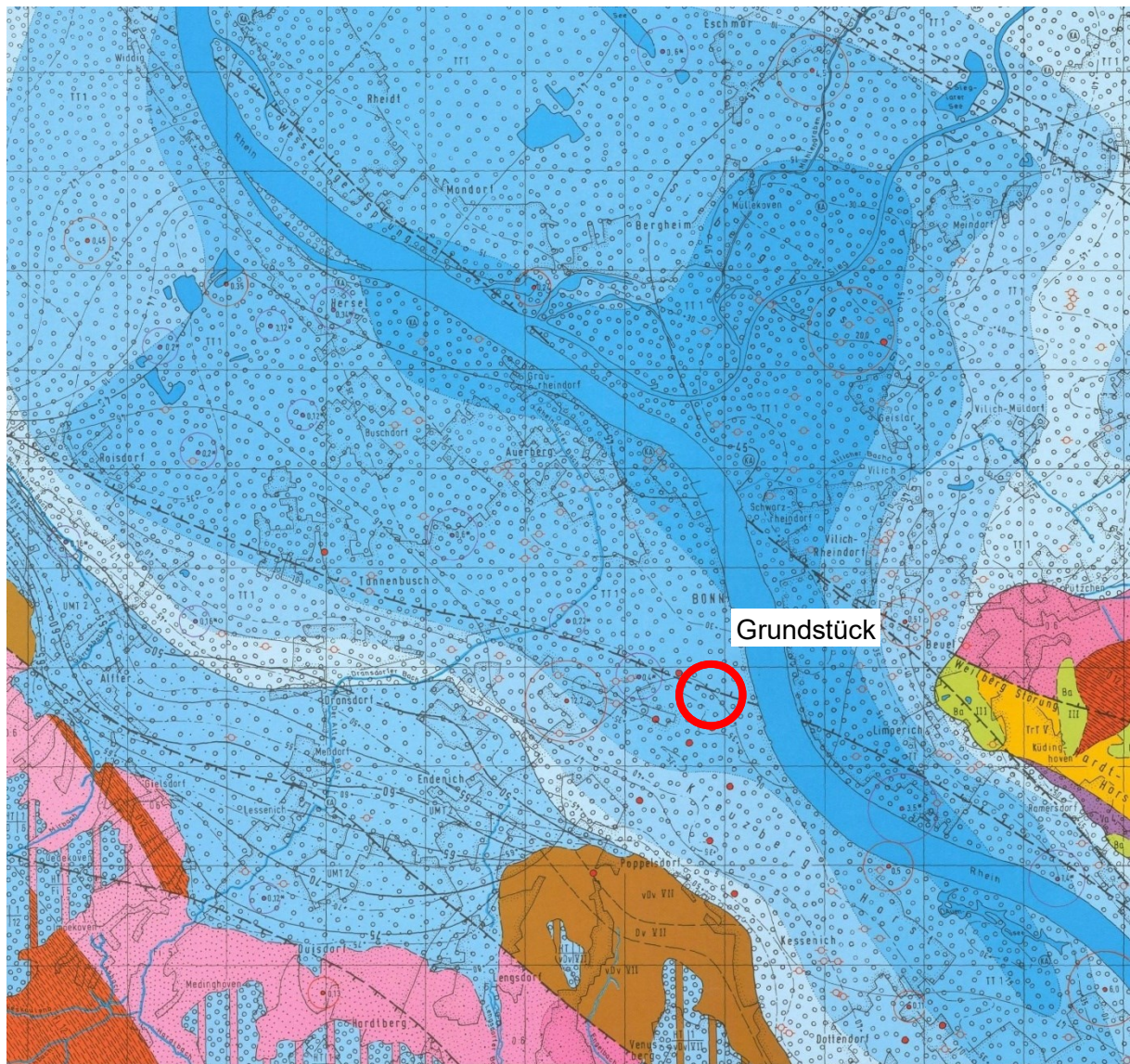


Abbildung 8:Hydrogeologische Profilkarte 5208 Bonn



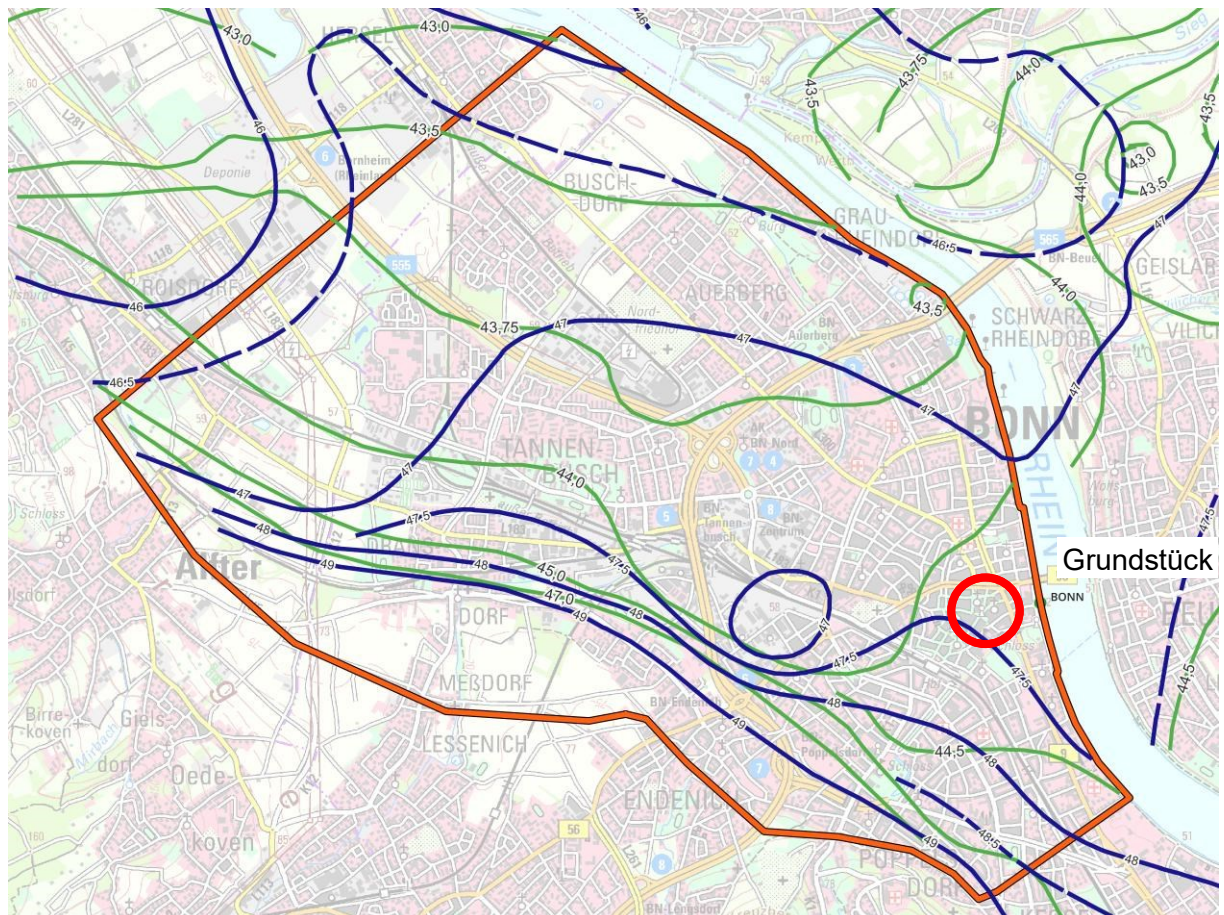
Die Ablagerungen der Niederterrasse und der Unteren Mittelterrasse zeichnen sich durch einen hohen Durchlässigkeitsbeiwert ($k_f = 1 \times 10^{-3} - 3 \times 10^{-2}$) aus und gelten als Grundwasserleiter. Die darunter folgenden devonischen Sand-, Schluff- und Tonsteine oder die tertiären Schluffe und Feinsande weisen eine deutlich geringere Durchlässigkeit auf, so dass die UK Quartär als Aquiferbasis bezeichnet werden kann.

Die Nutzung des Grundwassers zur Errichtung einer oberflächennahen Geothermieranlage mittels Brunnensystem ist aufgrund der guten bis mäßigen Grundwasserleiter als wirtschaftlich zu bewerten.

5.1 Grundwassergleichen

In Abbildung 9 sind die Grundwassergleichen für ein Niedrigwasser (grün) und ein Hochwasser (blau) dargestellt. Die Daten wurden im Rahmen einer Stichtagsmessung des damaligen staatlichen Umweltamtes Köln erfasst.

Abbildung 9: Hydrogeologische Karte 1:25.000 5208 Bonn

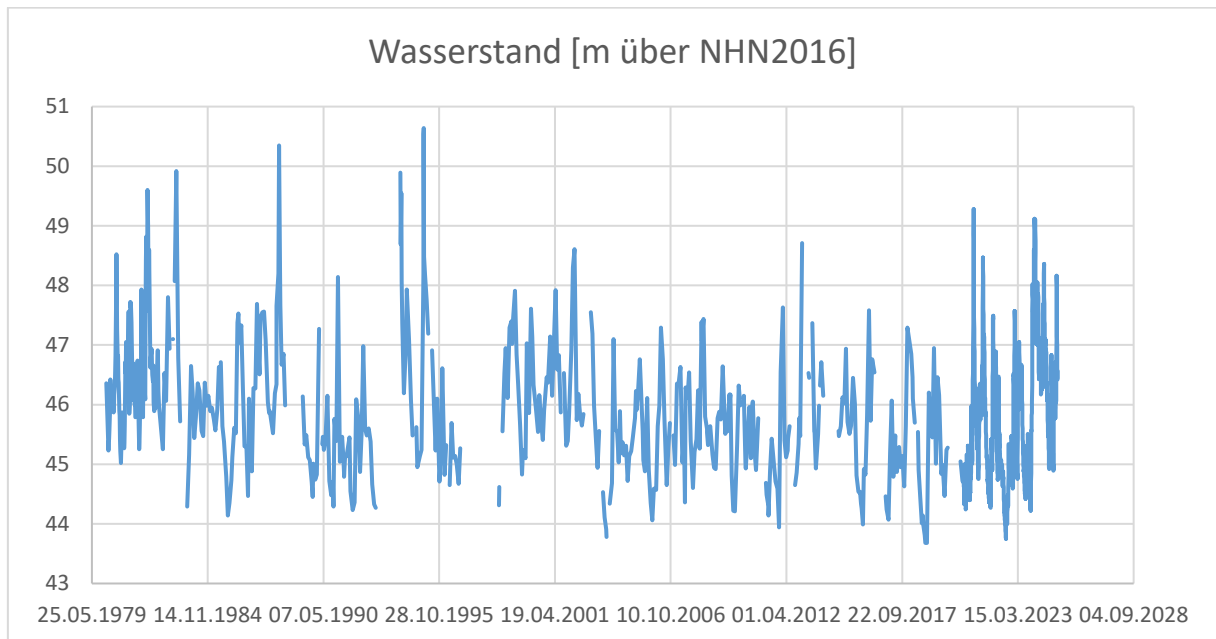


5.2 Grundwassermessstellen

In ca. 250 m Südwestlicher Richtung wurden die Daten einer Landesgrundwassermessstelle recherchiert, welche seit mehr als 40 Jahren die Grundwasserstände des Aquifers erfasst. Gemäß den Daten liegen die Grundwasserstände, abhängig vom Pegelstand des Rheins zwischen 43,70 und 50,6 m NHN, was eine Differenz zwischen Niedrigwasser- und Hochwasserstand von ca. 7,0 m ausmacht.

Im nachfolgenden Diagramm sind die gemessenen Grundwasserstände der GWM 070134212 über einen Zeitraum von ca. 46 Jahren dargestellt.

Abbildung 10: Diagramm GWM 070134212 LGD_BN_KREUZKIRCHE Grundwassergleichen NHN-Höhe



5.3 Chemisch, Physikalische Eigenschaften Grundwasser

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Grundwassers untersucht. Eine Wasserprobe aus dem Bestandsbrunnen war nicht möglich, deshalb wurde aus einer Grundwassermessstelle im Anstrom zum Untersuchungsgrundstück eine Probe mittels Unterwasserpumpe entnommen und untersucht.

Abbildung 11: GWM: BN Viktoriabad 3n - 073519911



Abbildung 12: Eurofins Prüfbericht - AR-77-2024-099809-01

Elemente aus der Originalprobe

Calcium (Ca)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	64,0
Eisen (Fe)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,237
Eisen (Fe ²⁺) ¹⁾	F5	DIN 38406-E1: 1983-05	0,01	mg/l	< 0,01
Kalium (K)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	6,06
Magnesium (Mg)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	13,6
Mangan (Mn)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,006
Natrium (Na)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	87,2

Organische Summenparameter

TOC	L8	DIN EN 1484: 1997-08	1	mg/l	< 1,0
AOX	L8	DIN EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Phenolindex, wasserdampflich	L8	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	0,008	mg/l	< 0,008

Die Ergebnisse der untersuchten Grundwasserprobe zeigen eine leicht erhöhte Konzentration an Eisen. Der Anteil an zweiwertige Eisen-Ionen (Fe²⁺) liegt jedoch unterhalb der Bestimmungsgrenze. Um eine Verockerung der Brunnenanlage zu vermeiden, sollten die Grenzwerte für Eisen (<0,2 mg/l) und Mangan (<0,05 mg/l) eingehalten werden.

Des Weiteren sollte beim Bau der Brunnenanlage ein geeigneter Wärmetauscher gewählt werden und zusätzlich die Leitungen und Infiltration in den Aquifer so geplant werden, dass das Grundwasser nicht mit Sauerstoff in Verbindung kommt. Ein Leerlaufen der der Fallleitung sollte verhindert werden.

Zusätzlich zur eigenen Grundwasseranalytik wurden die Analytikergebnisse einer Grundwassermessstelle im Anstrom recherchiert, da dort über einen längeren Zeitraum die Parameter Eisen und Mangan untersucht wurden. Bis auf 2 Ausnahmen lagen die Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze des untersuchenden Labors.

Des Weiteren wurde die Grundwassertemperatur recherchiert. Diese liegt i.d.R. im Bereich von ca. 14° C. Die relativ hohe Temperatur kann durch die Nähe zur U-Bahn verursacht sein.

Massstelle 070134212, LGO BN KREUZKIRCHE, Eisen (1182)

Legend: ● < Bestimmungsgrenze ● Messwerte

Y-axis: [mg/l]

X-axis: Datum der Probenahme

Datum der Probenahme	Bestimmungsgrenze [mg/l]	Messwerte [mg/l]
28.04.2010	0.005	0.005
01.05.2010	0.005	0.005
04.05.2010	0.005	0.005
07.05.2010	0.005	0.005
10.05.2010	0.005	0.005
13.05.2010	0.005	0.005
16.05.2010	0.005	0.005
19.05.2010	0.005	0.005
22.05.2010	0.005	0.005
25.05.2010	0.005	0.005
28.05.2010	0.005	0.005
31.05.2010	0.005	0.005
03.06.2010	0.005	0.005
06.06.2010	0.005	0.005
09.06.2010	0.005	0.005
12.06.2010	0.005	0.005
15.06.2010	0.005	0.005
18.06.2010	0.005	0.005
21.06.2010	0.005	0.005
24.06.2010	0.005	0.005
27.06.2010	0.005	0.005
30.06.2010	0.005	0.005
03.07.2010	0.005	0.005
06.07.2010	0.005	0.005
09.07.2010	0.005	0.005
12.07.2010	0.005	0.005
15.07.2010	0.005	0.005
18.07.2010	0.005	0.005
21.07.2010	0.005	0.005
24.07.2010	0.005	0.005
27.07.2010	0.005	0.005
30.07.2010	0.005	0.005
02.08.2010	0.005	0.005
05.08.2010	0.005	0.005
08.08.2010	0.005	0.005
11.08.2010	0.005	0.005
14.08.2010	0.005	0.005
17.08.2010	0.005	0.005
20.08.2010	0.005	0.005
23.08.2010	0.005	0.005
26.08.2010	0.005	0.005
29.08.2010	0.005	0.005
31.08.2010	0.005	0.005
03.09.2010	0.005	0.005
06.09.2010	0.005	0.005
09.09.2010	0.005	0.005
12.09.2010	0.005	0.005
15.09.2010	0.005	0.005
18.09.2010	0.005	0.005
21.09.2010	0.005	0.005
24.09.2010	0.005	0.005
27.09.2010	0.005	0.005
30.09.2010	0.005	0.005
03.10.2010	0.005	0.005
06.10.2010	0.005	0.005
09.10.2010	0.005	0.005
12.10.2010	0.005	0.005
15.10.2010	0.005	0.005
18.10.2010	0.005	0.005
21.10.2010	0.005	0.005
24.10.2010	0.005	0.005
27.10.2010	0.005	0.005
30.10.2010	0.005	0.005
02.11.2010	0.005	0.005
05.11.2010	0.005	0.005
08.11.2010	0.005	0.005
11.11.2010	0.005	0.005
14.11.2010	0.005	0.005
17.11.2010	0.005	0.005
20.11.2010	0.005	0.005
23.11.2010	0.005	0.005
26.11.2010	0.005	0.005
29.11.2010	0.005	0.005
02.12.2010	0.005	0.005
05.12.2010	0.005	0.005
08.12.2010	0.005	0.005
11.12.2010	0.005	0.005
14.12.2010	0.005	0.005
17.12.2010	0.005	0.005
20.12.2010	0.005	0.005
23.12.2010	0.005	0.005
26.12.2010	0.005	0.005
29.12.2010	0.005	0.005
01.01.2011	0.005	0.005
04.01.2011	0.005	0.005
07.01.2011	0.005	0.005
10.01.2011	0.005	0.005
13.01.2011	0.005	0.005
16.01.2011	0.005	0.005
19.01.2011	0.005	0.005
22.01.2011	0.005	0.005
25.01.2011	0.005	0.005
28.01.2011	0.005	0.005
31.01.2011	0.005	0.005
03.		

Graph showing the concentration of lead (Pb) in mg/l over time (Datum der Probenahme) from 20.01.2010 to 11.04.2020. The y-axis represents concentration in mg/l, ranging from 0 to 0.012. The x-axis represents the date of sampling. Blue dots indicate values below the determination limit (< Bestimmungsgrenze), and red dots indicate measured values (Messwerte).

Datum der Probenahme	Concentration (mg/l)	Type
20.01.2010	0.010	Messwerte
26.01.2010	0.010	Messwerte
01.02.2010	0.010	Messwerte
07.02.2010	0.010	Messwerte
13.02.2010	0.010	Messwerte
19.02.2010	0.010	Messwerte
26.02.2010	0.010	Messwerte
03.03.2010	0.010	Messwerte
09.03.2010	0.010	Messwerte
15.03.2010	0.010	Messwerte
21.03.2010	0.010	Messwerte
28.03.2010	0.010	Messwerte
04.04.2010	0.010	Messwerte
10.04.2010	0.010	Messwerte
16.04.2010	0.010	Messwerte
22.04.2010	0.010	Messwerte
28.04.2010	0.010	Messwerte
05.05.2010	0.010	Messwerte
11.05.2010	0.010	Messwerte
17.05.2010	0.010	Messwerte
23.05.2010	0.010	Messwerte
29.05.2010	0.010	Messwerte
05.06.2010	0.010	Messwerte
11.06.2010	0.010	Messwerte
17.06.2010	0.010	Messwerte
23.06.2010	0.010	Messwerte
29.06.2010	0.010	Messwerte
05.07.2010	0.010	Messwerte
11.07.2010	0.010	Messwerte
17.07.2010	0.010	Messwerte
23.07.2010	0.010	Messwerte
29.07.2010	0.010	Messwerte
05.08.2010	0.010	Messwerte
11.08.2010	0.010	Messwerte
17.08.2010	0.010	Messwerte
23.08.2010	0.010	Messwerte
29.08.2010	0.010	Messwerte
04.09.2010	0.010	Messwerte
10.09.2010	0.010	Messwerte
16.09.2010	0.010	Messwerte
22.09.2010	0.010	Messwerte
28.09.2010	0.010	Messwerte
04.10.2010	0.010	Messwerte
10.10.2010	0.010	Messwerte
16.10.2010	0.010	Messwerte
22.10.2010	0.010	Messwerte
28.10.2010	0.010	Messwerte
03.11.2010	0.010	Messwerte
09.11.2010	0.010	Messwerte
15.11.2010	0.010	Messwerte
21.11.2010	0.010	Messwerte
27.11.2010	0.010	Messwerte
03.12.2010	0.010	Messwerte
09.12.2010	0.010	Messwerte
15.12.2010	0.010	Messwerte
21.12.2010	0.010	Messwerte
27.12.2010	0.010	Messwerte
02.01.2011	0.010	Messwerte
08.01.2011	0.010	Messwerte
14.01.2011	0.010	Messwerte
20.01.2011	0.010	Messwerte
26.01.2011	0.010	Messwerte
01.02.2011	0.010	Messwerte
07.02.2011	0.010	Messwerte
13.02.2011	0.010	Messwerte
19.02.2011	0.010	Messwerte
25.02.2011	0.010	Messwerte
02.03.2011	0.010	Messwerte
08.03.2011	0.010	Messwerte
14.03.2011	0.010	Messwerte
20.03.2011	0.010	Messwerte
26.03.2011	0.010	Messwerte
01.04.2011	0.010	Messwerte
07.04.2011	0.010	Messwerte
13.04.2011	0.010	Messwerte
19.04.2011	0.010	Messwerte
25.04.2011	0.010	Messwerte
01.05.2011	0.010	Messwerte
07.05.2011	0.010	Messwerte
13.05.2011	0.010	Messwerte
19.05.2011	0.010	Messwerte
25.05.2011	0.010	Messwerte
31.05.2011	0.010	Messwerte
06.06.2011	0.010	Messwerte
12.06.2011	0.010	Messwerte
18.06.2011	0.010	Messwerte
24.06.2011	0.010	Messwerte
30.06.2011	0.010	Messwerte
06.07.2011	0.010	Messwerte
12.07.2011	0.010	Messwerte
18.07.2011	0.010	Messwerte
24.07.2011	0.010	Messwerte
30.07.2011	0.010	Messwerte
05.08.2011	0.010	Messwerte
11.08.2011	0.010	Messwerte
17.08.2011	0.010	Messwerte
23.08.2011	0.010	Messwerte
29.08.2011	0.010	Messwerte
04.09.2011	0.010	Messwerte
10.09.2011	0.010	Messwerte
16.09.2011	0.010	Messwerte
22.09.2011	0.010	Mess

Line graph showing water temperature measurements (Messwerte) over time. The y-axis represents temperature in degrees Celsius (T [°C]), ranging from 9 to 16. The x-axis represents the date of sampling (Datum der Probenahme), spanning from 8/6/1990 to 1/4/2020. The data shows a general downward trend with significant fluctuations, including a sharp drop to 10°C in 1991 and a peak of nearly 16°C in 1992.

Datum der Probenahme	Messwerte (T [°C])
8/6/1990	14.5
13/6/1990	14.1
18/6/1990	14.8
23/6/1990	14.9
28/6/1990	14.7
3/7/1990	14.5
8/7/1990	14.1
13/7/1990	14.3
18/7/1990	10.0
23/7/1990	13.4
28/7/1990	13.1
3/8/1990	13.4
8/8/1990	9.9
13/8/1990	14.3
18/8/1990	14.4
23/8/1990	14.2
28/8/1990	14.8
3/9/1990	15.8
8/9/1990	14.4
13/9/1990	14.5
18/9/1990	14.4
23/9/1990	14.3
28/9/1990	14.2
3/10/1990	14.1
8/10/1990	14.0
13/10/1990	13.9
18/10/1990	13.8
23/10/1990	13.7
28/10/1990	13.6
3/11/1990	13.5
8/11/1990	13.4
13/11/1990	13.3
18/11/1990	13.2
23/11/1990	13.1
28/11/1990	13.0
3/12/1990	12.9
8/12/1990	12.8
13/12/1990	12.7
18/12/1990	12.6
23/12/1990	12.5
28/12/1990	12.4
3/1/1991	12.3
8/1/1991	12.2
13/1/1991	12.1
18/1/1991	12.0
23/1/1991	11.9
28/1/1991	11.8
3/2/1991	11.7
8/2/1991	11.6
13/2/1991	11.5
18/2/1991	11.4
23/2/1991	11.3
28/2/1991	11.2
3/3/1991	11.1
8/3/1991	11.0
13/3/1991	10.9
18/3/1991	10.8
23/3/1991	10.7
28/3/1991	10.6
3/4/1991	10.5
8/4/1991	10.4
13/4/1991	10.3
18/4/1991	10.2
23/4/1991	10.1
28/4/1991	10.0
3/5/1991	9.9
8/5/1991	9.8
13/5/1991	9.7
18/5/1991	9.6
23/5/1991	9.5
28/5/1991	9.4
3/6/1991	9.3
8/6/1991	9.2
13/6/1991	9.1
18/6/1991	9.0
23/6/1991	8.9
28/6/1991	8.8
3/7/1991	8.7
8/7/1991	8.6
13/7/1991	8.5
18/7/1991	8.4
23/7/1991	8.3
28/7/1991	8.2
3/8/1991	8.1
8/8/1991	8.0
13/8/1991	7.9
18/8/1991	7.8
23/8/1991	7.7
28/8/1991	7.6
3/9/1991	7.5
8/9/1991	7.4
13/9/1991	7.3
18/9/1991	7.2
23/9/1991	7.1
28/9/1991	7.0
3/10/1991	6.9
8/10/1991	6.8
13/10/1991	6.7
18/10/1991	6.6
23/10/1991	6.5
28/10/1991	6.4
3/11/1991	6.3
8/11/1991	6.2
13/11/1991	6.1
18/11/1991	6.0
23/11/1991	5.9
28/11/1991	5.8
3/12/1991	5.7
8/12/1991	5.6
13/12/1991	5.5
18/12/1991	5.4
23/12/1991	5.3
28/12/1991	5.2
3/1/1992	5.1
8/1/1992	5.0
13/1/1992	4.9
18/1/1992	4.8
23/1/1992	4.7
28/1/1992	4.6
3/2/1992	4.5
8/2/1992	4.4
13/2/1992	4.3
18/2/1992	4.2
23/2/1992	4.1
28/2/1992	4.0
3/3/1992	3.9
8/3/1992	3.8
13/3/1992	3.7
18/3/1992	3.6
23/3/1992	3.5
28/3/1992	3.4
3/4/1992	3.3
8/4/1992	3.2
13/4/1992	3.1
18/4/1992	3.0
23/4/1992	2.9
28/4/1992	2.8
3/5/1992	2.7
8/5/1992</	

6 Behördliche Auskunft

Aus Sicht der Unteren Wasserbehörde der Bundesstadt Bonn ergeben sich keine Bedenken hinsichtlich der Errichtung einer geothermischen Anlage auf dem Grundstück.

Nach Auskunft der Unteren Umweltbehörde aus dem Altlastenkataster der Bundesstadt Bonn liegt das o.g. Grundstück vollständig auf einer Altstandort-Verdachtsfläche. Altstandortspezifische Untersuchungen wurden bislang nicht durchgeführt und sind in absehbarer Zeit auch nicht beabsichtigt.

Ein von den ehemaligen gewerblichen Nutzungen für das Grundstück ausgehendes Gefährdungspotential ist bei derzeitiger Nutzung nicht erkennbar. Im Rahmen des Bauvorhabens ist jedoch eine Neubewertung der Altlastensituation vorzunehmen.

7 Wasserschutzgebiete

Das Bauvorhaben liegt gemäß Recherche außerhalb bekannter Wasser- oder Heilquellenschutzgebiete

8 Bestehende Wasserrechte (Auskunft Bezirksregierung)

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie erfolgte eine Anfrage bei der Bezirksregierung Köln um die umliegenden Wasserrechte aus dem Wasserbuch zu ermitteln. Nachfolgend sind die recherchierten Wasserrechte aufgeführt.

Tabelle 1: Auskunft aus dem Wasserbuch

Kennziffer	Ostwert	Nordwert	Zweck
3/33112/001	366989	5622013	Nutzung von Erdwärme zu Heizzwecken
3/32694/001	367095	5621826	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/32465/001	366953	5622102	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/31891/001	366608	5621414	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/31873/001	366987	5621955	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/28791/003	366975	5621969	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/27568/002	367199	5621520	Nutzung von Erdwärme zu Heizzwecken
3/27041/001	367098	5621823	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/22692/004	366495	5621649	Gebäudekühlung und Betrieb einer Brunnenanlage
3/19279/001	367111	5622156	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/19278/001	367114	5621831	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/17285/002	365476	5622017	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/16231/001	365742	5622212	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/15746/002	366159	5622110	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/15746/002	366179	5622130	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/12775/001	366714	5622042	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/12772/001	366774	5622780	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/12743/001	366626	5622085	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/12683/001	366999	5622689	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/12667/001	366986	5621918	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken

Kennziffer	Ostwert	Nordwert	Zweck
3/11989/002	366164	5622239	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/11690/001	367089	5622162	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/08713/002	365397	5621511	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/08713/002	365406	5621539	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/08687/001	365735	5621086	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/08687/001	365749	5621095	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/08131/002	367033	5621847	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/08131/002	367016	5621844	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/07309/001	365301	5621485	Nutzung von Erdwärme zu Heizungszwecken
3/06921/001	366910	5623020	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/06921/001	366900	5623023	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/06920/001	366957	5622718	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/06920/001	366952	5622714	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/06786/003	366242	5622557	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/06786/003	366262	5622569	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/02872/002	367035	5623029	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/02844/002	366386	5622265	Betriebswasserversorgung
3/02193/002	367137	5622146	Betriebswasserversorgung
3/02070/001	367000	5622170	Brauchwasserversorgung
3/01109/004	367162	5622470	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage
3/01109/004	367162	5622483	Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage

Abbildung 16: Übersicht Grundwasserrechte im weiteren Umfeld des Bauvorhabens



Gemäß Recherche liegt nördlich zum Bauvorhaben eine geothermische Brunnenanlage mit einem relativ großen Wasserrecht von 79 m³/h und 237.000 m³/a, welche durch eine geothermische Nutzung für den Neubau mittels Brunnen oder Erdwärmesonden beeinträchtigt werden kann.

9 Bestandsbrunnen Viktoriabad

Im Rahmen der Studie wurde untersucht, ob der Bestandsbrunnen des Viktoriabades ggf. als Förderbrunnen genutzt werden kann. Dazu wurden bei der Stadt Bonn die Unterlagen recherchiert und es fand eine Begehung des Schachtbrunnens statt. Nachfolgend ist die Lage des Brunnens und der Zustand dargestellt.

Abbildung 17: Übersicht Grundwasserrechte im weiteren Umfeld des Bauvorhabens



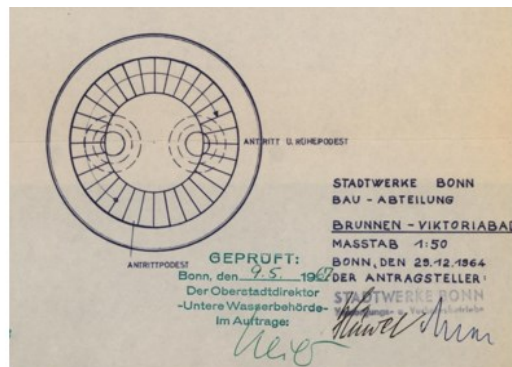
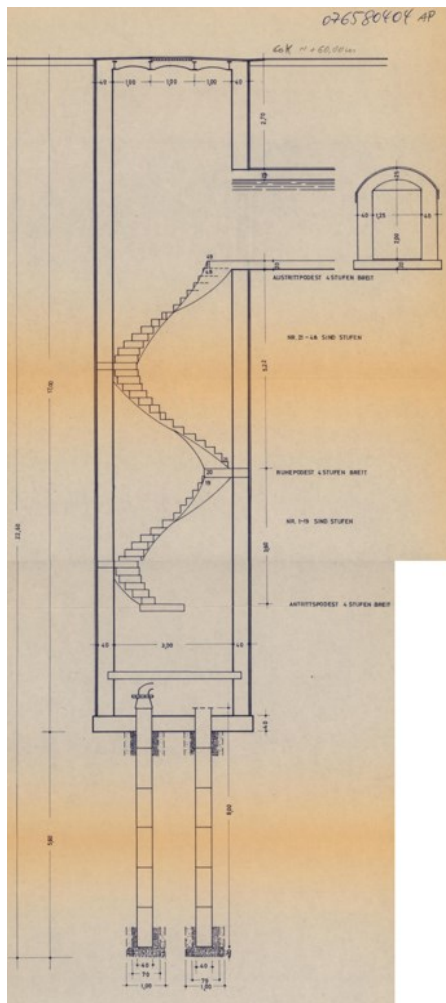
Abbildung 18: Brunnenköpfe und Steigleitungen



Abbildung 19: Bestandsbrunnen Schacht von oben fotografiert



Abbildung 20: Schnitte Schachtbrunnen

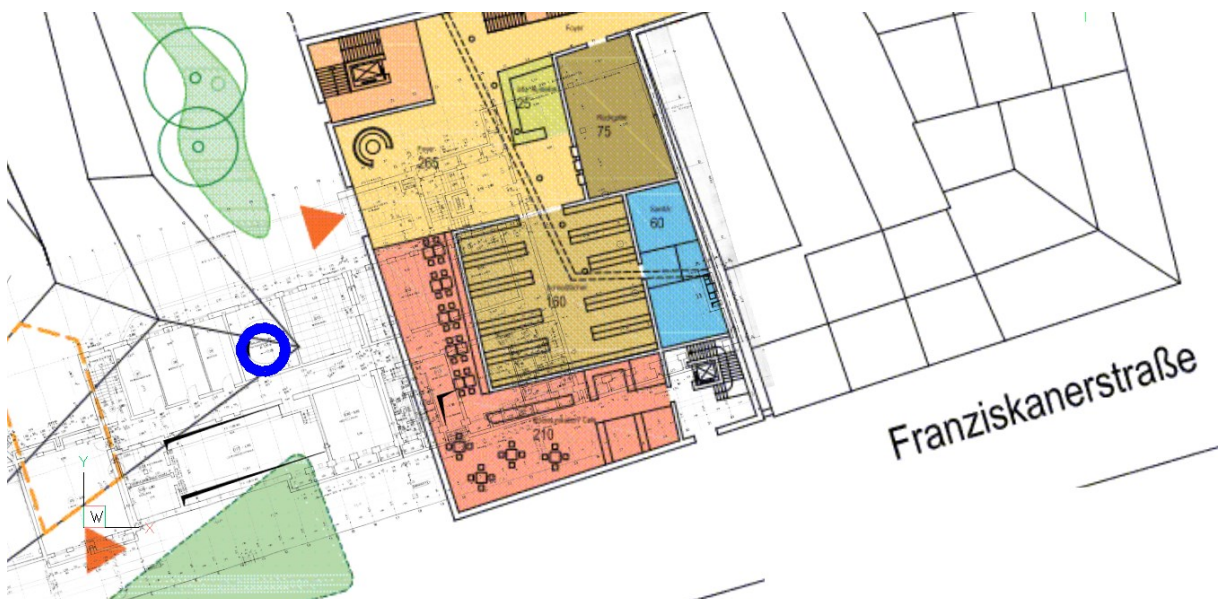


Brunnen GOK ca. 60 mNHN

Brunnen ca. 22,6 m tief = 37,4 mNHN

UK-Quartär ca. 32,0 mNHN

Abbildung 21: Lage des Bestandbrunnens bezogen zur aktuellen Planung



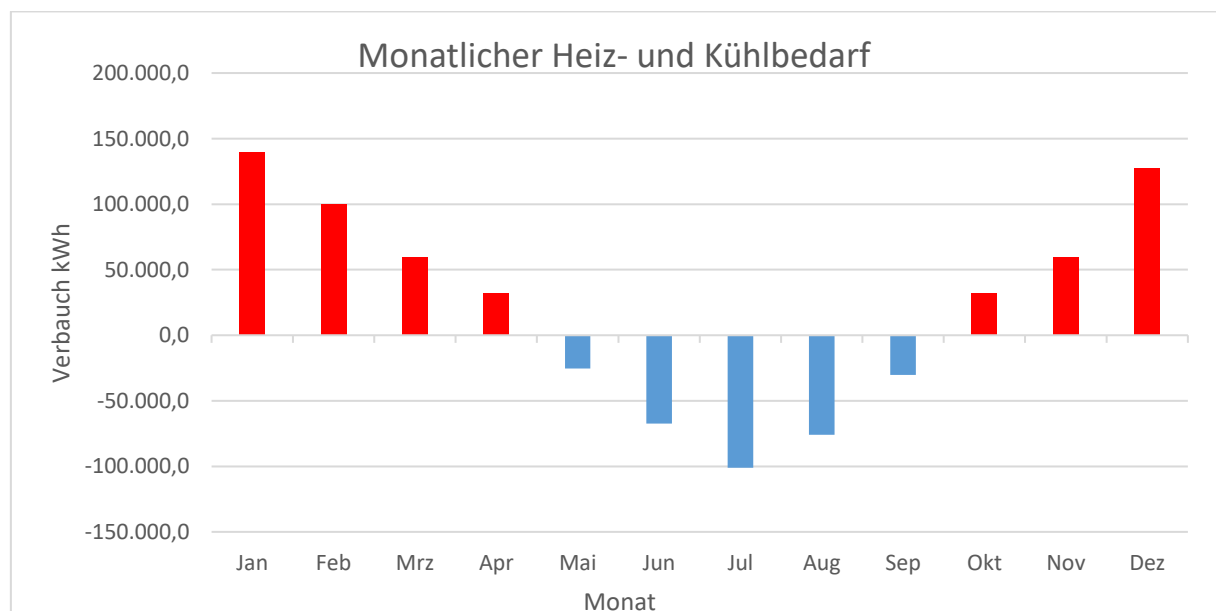
Bei dem Förderbrunnen des Viktoriabades handelt es sich um einen Schachtbrunnen mit einem inneren Durchmesser von ca. 3,0 m. Die Sohle des Schachtes liegt ca. 17,0 m unter GOK und der Ausbau der beiden Brunnenvertiefungen reichen noch mal ca. 5,6 m tiefer bis in den wassererfüllten Aquifer. Die Unterkante Quartär wird nicht erreicht.

Der Brunnen liegt später im Bereich der durch die Stadt Bonn geplanten Bebauung und wird voraussichtlich überbaut. Hinsichtlich des unvollständigen Ausbaus des Brunnens, des Zustandes und der zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorhersehbaren Gründungssituation für den Neubau ist eine Nutzung des Brunnens nicht zu empfehlen, da die Zugänglichkeit nicht gewährleistet ist und zudem der Aquifer nicht vollkommen erschlossen wurde. Für eine geothermische Brunnenanlage sollten neue Brunnen errichtet werden.

10 Energiebedarf des Neubaus

Durch DREES & SOMMER SE, welche das Energiekonzept erstellt haben, wurde überschlägig der Wärme- und Kältebedarf ermittelt. Der Heizbedarf liegt bei ca. 550.000 kWh und der Kühlbedarf bei ca. 300.000 kWh pro Jahr. Im nachfolgenden Diagramm sind die monatlichen Heiz- und Kühlenergiemengen dargestellt, welche auf Grundlage der Vorgaben und typischer jahreszeitlicher Verteilungen bestimmt wurden.

Abbildung 22: Diagramm monatlicher Heiz- und Kühlbedarf



Mit diesen Energiemengen wurde die Auslegung eines Sondenfeldes sowie die Wärmetransportmodellierung zur Bestimmung der Ausdehnung der Temperaturfahne im Grundwasserleiter durchgeführt.

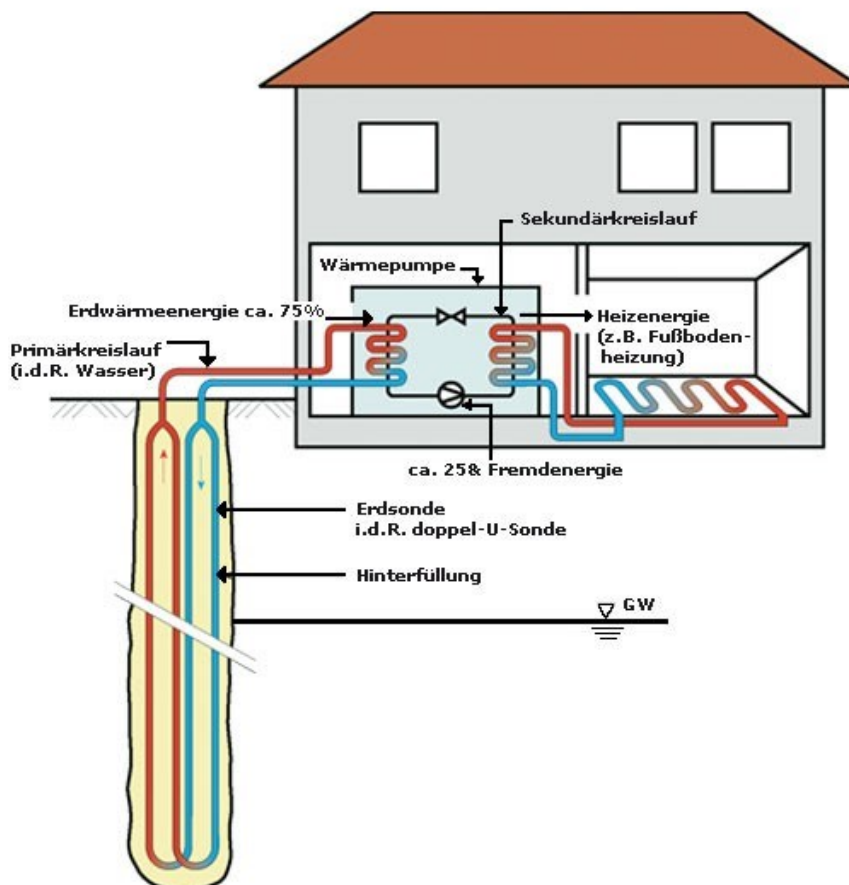
11 Erdwärmesonden

11.1 Allgemeine Beschreibung

Bei der Nutzung von Erdwärmesonden spricht man von einem geschlossenen System. In einem U-förmigen Rohrsystem (i.d.R. Doppel-U-Sonden) wird eine Wärmeträgerflüssigkeit mittels Umwälzpumpe zirkuliert und dabei dem Erdreich Wärme entzogen. Die Wärme wird der Erdwärmepumpe über einen Wärmetauscher (Verdampfer) zugeführt und mittels einer Energiezugabe auf ein höheres Niveau gebracht. In der Wärmepumpe wird dem Sekundärkreislauf (Heizungskreislauf) diese Wärme wieder zugeführt.

Auf Grundlage der zu erwarteten gesteinspezifischen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit, welche aus den Angaben des geologischen Dienstes, Fachliteratur und vergleichbarer Projekte im Bereich des Bauvorhabens entnommen wurden, sind in der Fachsoftware EWS der Firma Huber die benötigten Bohrmeter für einen Zeitraum von 50 Jahren in einem potentiellen Sondenfeld berechnet worden.

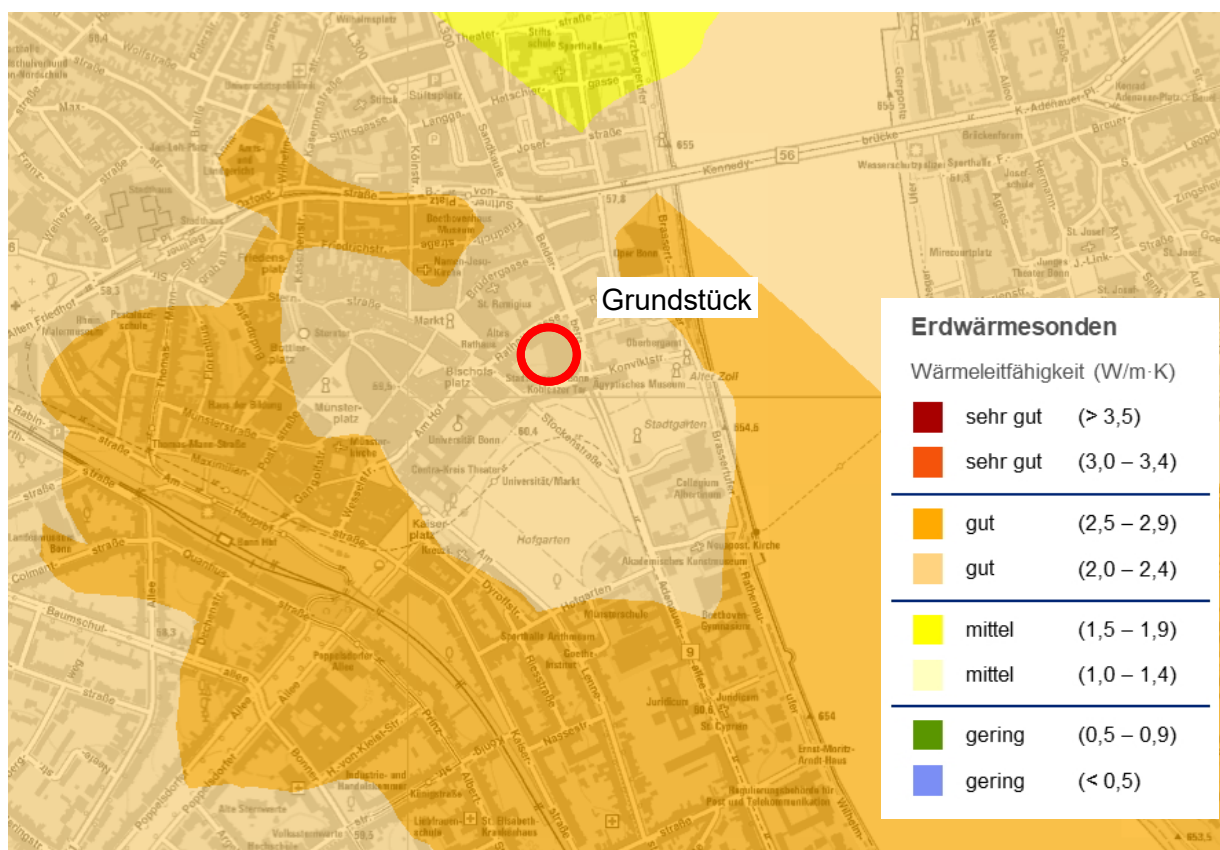
Abbildung 23: Schema Erdwärmesonden (Umweltministerium Baden-Württemberg)



11.2 Geothermische Eigenschaften des Untergrundes

Da für das Grundstück keine Daten von einem Thermal Response Test vorliegen, wurde für die spezifische geothermische Ergiebigkeit des Untergrundes unter anderem auf die Daten des geologischen Dienstes NRW zurückgegriffen. Für eine Einzelsonde beträgt die Wärmeleitfähigkeit in einer Tiefe von 40 -100 m ca. 1,9 - 2,4 W/(m*K). Es liegen für den Betrieb von Erdwärmesonden mittlere bis gute Bedingungen vor. Eine Bohrtiefenbeschränkung liegt nicht vor. Es ist jedoch zu beachten, **dass im gesamten Stadtgebiet mit CO₂-Aufstieg** zu rechnen ist und von daher bei Tiefen > 40 m ausschließlich mit Tonpellets oder nachgewiesen CO₂-resistenten Verfüllmaterial verpresst werden darf.

Abbildung 24: Übersicht Wärmeleitfähigkeit des Bodens (GD-NRW)



11.3 Sondenfeld

Hinsichtlich der aktuellen Bebauung, der Bestandskeller und der geplanten Bebauung wurde davon ausgegangen, dass nur der Bereich, in dem später der Innenhof geplant ist, als potentielle Fläche für ein Sondenfeld genutzt werden kann. Prinzipiell können auch unter dem Gebäude Sonden errichtet werden, dies Bedarf i.d.R. einen höheren Planungs- und Koordinierungsaufwand, da Gründung, Hochbau etc. aufeinander abgestimmt werden müssen. In der nachfolgenden Abbildung ist ein Sondenfeld mit 24 EWS dargestellt, welche mit einem Abstand von 7 m untereinander platziert wurden.

Abbildung 25: Lage des Bestandbrunnens bezogen zur aktuellen Planung



Zur Grundstücksgrenze ist i.d.R. ein Mindestabstand von 3 m einzuhalten, wobei der Abstand zum Nachbargrundstück bzw. zu einem öffentlichen Grundstück ggf. bei Gestattung durch den Nachbarn und in Abstimmung mit der Wasserbehörde verkleinert werden kann.

11.4 Auslegung

Das Programm EWS berechnet das thermische Verhalten von Erdwärmesonden. Dazu werden die Wärmeleitungsgleichung im Erdreich und der Wärmetransport aus der Sonde numerisch gelöst. Das Programm berechnet die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen, sowie die Entzugsleistungen von Erdwärmesonden (Einzelsonden und Sondenfelder) auf stündlicher Basis über eine Zeitdauer von bis zu 200 Jahren. Dabei können alle wichtigen Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Das Erdreich kann vertikal in bis zu 10 verschiedenen Schichten mit unterschiedlichen, physikalischen Eigenschaften des Erdreichs und der Hinterfüllung aufgeteilt werden.

Eingabeparameter

Im Folgenden sind die Eingabeparameter für die Simulationen aufgeführt.

Boden:

Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs:	2,00 W/(m·K)
Spez, Wärmekapazität des Erdreichs:	2,3 MJ/(m³·K)
Mittl, Temperatur der Erdoberfläche:	10,0 °C
Geothermischer Wärmefluss:	0,080 W/m²

Bohrung und Erdwärmesonde:

Tiefe der Erdwärmesonde:	218 m
Abstand der Erdwärmesonden:	7,0 m
Sondentyp:	DOUBLE-U
Bohrlochdurchmesser:	178 mm
U-Rohr, Außendurchmesser:	40 mm
U-Rohr, Wandstärke:	3,7 mm
U-Rohr, Wärmeleitfähigkeit:	0,42 W/(m·K)
Wärmeleitfähigkeit der Verfüllung:	2,0 W/(m·K)

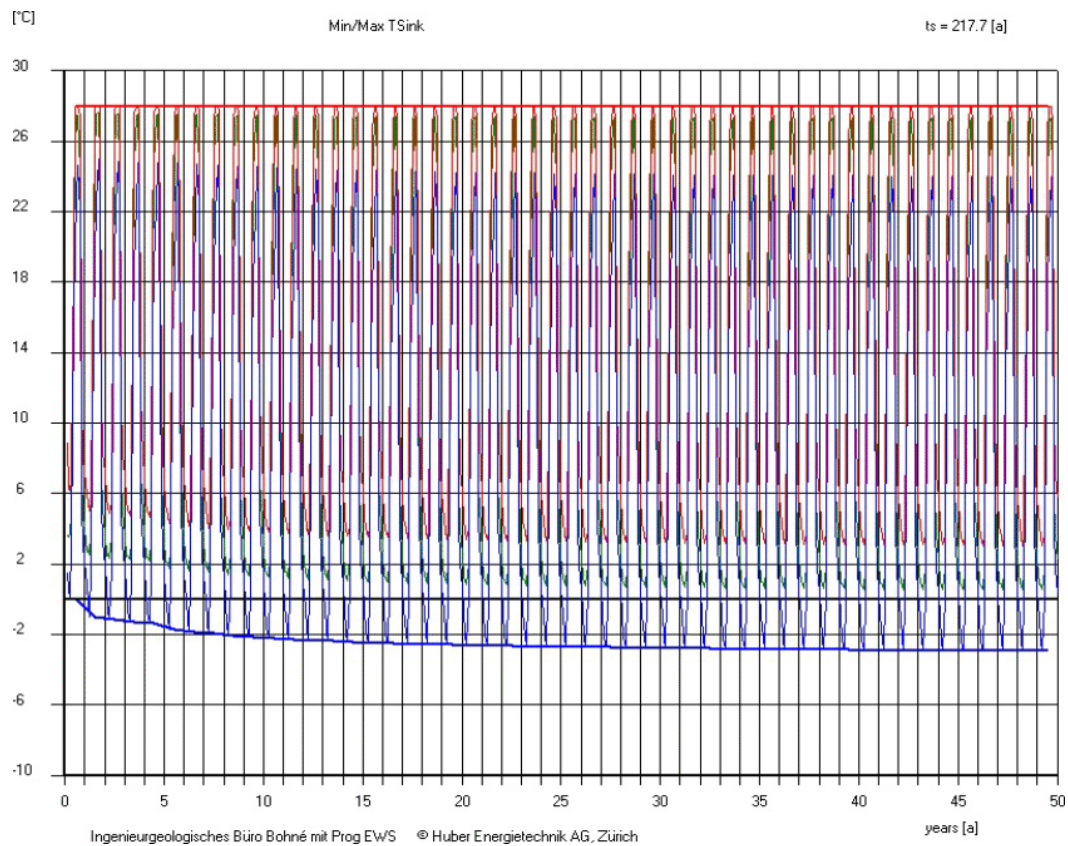
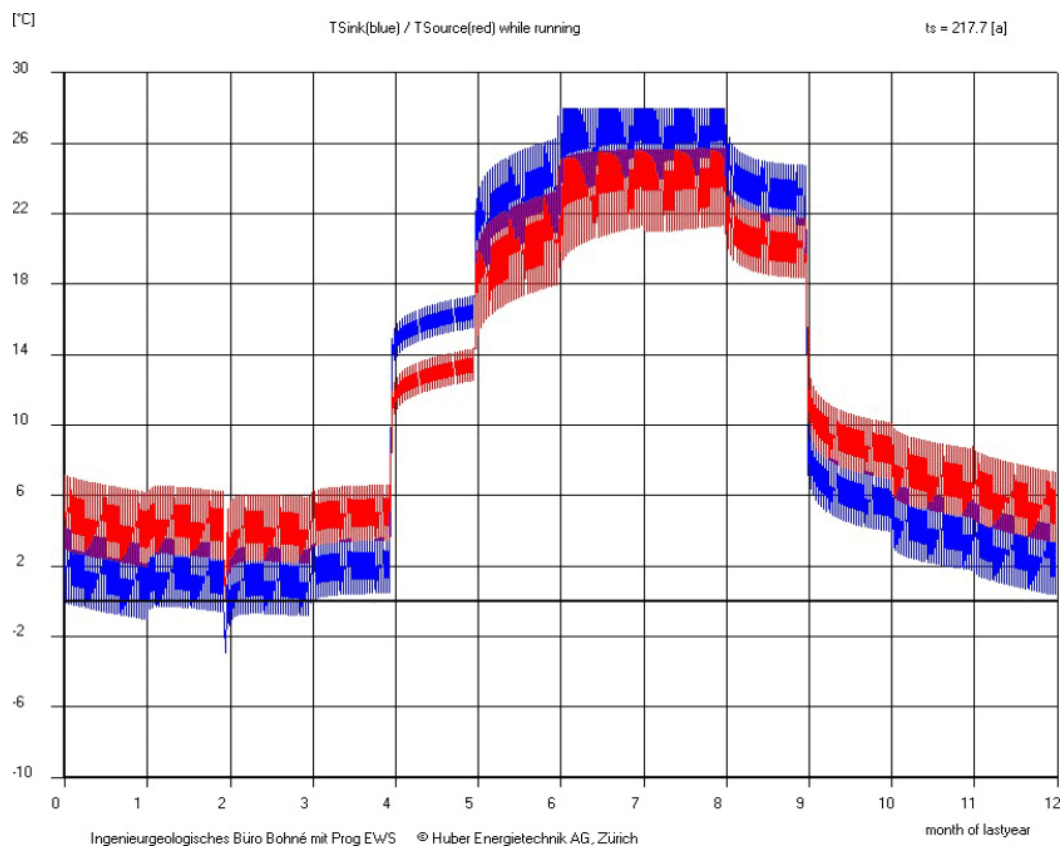
Wärmeträgermedium:

Wärmeleitfähigkeit:	0,48 W/(m·K)
Spezifische Wärmekapazität:	3795,0 J/(Kg·K)
Dichte:	1052,0 Kg/m³
Viskosität:	0,0052Kg/(m·s)
Gefrierpunkt	-14,0 °C
Umwälzmenge pro Bohrloch	0,96 kg/s

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Simulation mit einem Erdwärmesondenfeld mit 24 EWS und dem Entzug gemäß den Vorgaben von DRESS & SOMMER dargestellt.

Abbildung 26: Ergebnisse Simulation

Bohrtiefe der Erdwärmesonden = 218.0 m	Heizleistung Vollast = 350.0 kW
Anzahl Erdwärmesonden = 24	COP bei Vollast = 3.80
Temperaturen im ungestörten Erdreich: = 14.07 °C	Heizleistung Teillast = 350.0 kW
Sonden-Aussendurchmesser = 0.0400 m	COP Heizfall = 4.20
Bohrdurchmesser [m] = 0.178 m	Heizleistung WW = 350.0 kW
Wärmeleitfähigkeit Erde = 2.00 W/mK	COP Warmwasser = 2.80
Bohrlochwiderstände: Ra = 0.174 Km/W	Kühlleistung = 280.0 kW
Bohrlochwiderstände: Rb = 0.058 Km/W	EER im Kühlfall = 3.00
Sondendurchsatz: = 23.08 kg/s	Heizenergie ohne WW/Bandlast = 550000 kWh
Druckabfall Sonde bei Auslegungsbedingung= 85915 Pa (turbulent)	Heizenergie Warmwasser = 0 kWh
Minimale Sondenrücklauftemperatur = -3.0 °C	Bandlast Heizenergie = 0 kWh
Maximale Sondenrücklauftemperatur = 28.0 °C	Kühlenergie ohne Bandlast = 300000 kWh
Simulationsdauer [Jahre] = 50	Bandlast Kühlenergie = 0 kWh
Wärmeeintrag in Erdwärmesonden = -373153.7 kWh	Spez. Sondenbelastung = 49.29 W/m
Wärmeentzug aus Erdwärmesonden = 412525.4 kWh	Spez. Sondenbelastung = 3.6 kWh/m
Entzugsleistung im Dauerbetrieb = 257.89 kW	Dauerbetrieb Ende Februar = 1 d
	Temperaturdifferenz über Sonde [K] = 3.00 K
Maximale Sondenrücklauftemperatur = 28.0 °C	

Abbildung 27: Simulation min/max Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit über 50 Jahre**Abbildung 28: Simulation Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit im letzten Jahr**

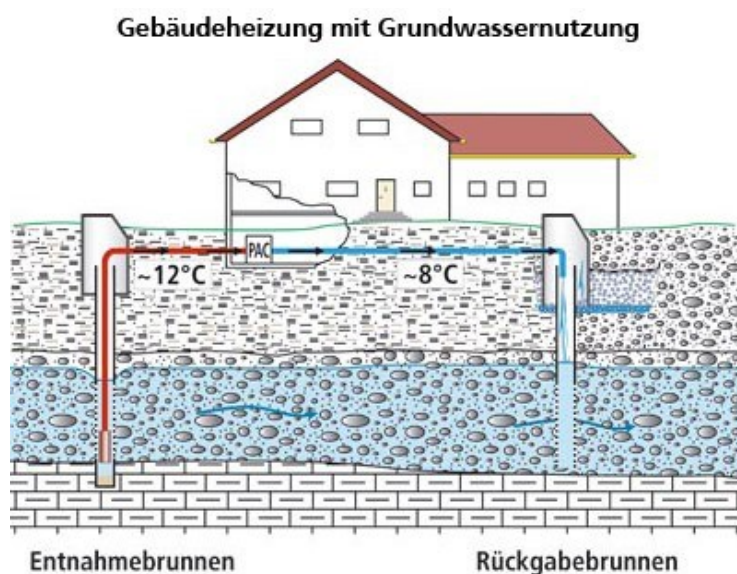
11.5 Bewertung Sondenfeld

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden ist aus genehmigungsrechtlicher und technischer Sicht möglich, hinsichtlich der begrenzten Fläche müssen die Bohrungen mehr als 99 m tief ausgeführt werden, so dass bei der Genehmigung die Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in Nordrhein-Westfalen, involviert werden muss. Zur Abdeckung der benötigten Heiz- und Kühlenergien werden 24 x 218 m tiefe Erdwärmesonden benötigt. Bei der Kühlung wurde von einer reversiblen Wärmepumpe ausgegangen, um eine ausreichende Kühlenergiemenge zu erzeugen, da die Vorlauftemperaturen aus dem Sondenfeld für eine freie Kühlung nur zu Beginn der Kühlphase vorliegt. Bei Erdwärmesonden handelt es sich um ein geschlossenes System, so dass dieses weniger flexibel gegenüber Änderungen zwischen Planung (Auslegung) und Betrieb (reale Nutzung) reagieren kann. Ggf. sollte eine Redundanz bzw. Unterstützung eingeplant werden.

12 Brunnenanlage

Mittels Unterwasserpumpen wird dem Aquifer (Grundwasserleiter) das Grundwasser entnommen und über eine Rohrleitung dem Wärmetauscher und der Wärmepumpe zugeführt. Das Grundwasser wird über einen Wärmetauscher abgekühlt oder erwärmt und die entnommene Energie im Heizfall über einen Kompressor (Energiezufuhr) in der Wärmepumpe auf ein höheres Wärme-Niveau angehoben. Im Kondensator wird sie dem Sekundärkreislauf (Heizungsanlage) zugeführt. Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Energiequelle (Grundwasser) und zu erzielender Heiztemperatur ist, umso höher ist der Wirkungsgrad. In der nachfolgenden Abbildung ist das Schema einer Brunnenanlage dargestellt.

Abbildung 29: Schema Brunnen (Quelle: Energie Schweiz)



13 Brunnenplanung

13.1 Fördermenge Brunnen

Die benötigte Fördermenge wurde auf Grundlage der Annahmen von DREES & SOMMER abgeleitet. Bei einer angenommenen Wärmepumpengröße von 350 kW, einen COP von 5 und einem delta T von 3 K wird eine stündliche Wassermenge von ca. 80 m³/h benötigt.

13.2 Brunnendimensionierung

13.2.1 Allgemein

Für die Berechnung des Wasserandranges wurde die Formel nach DUPUIT/THIEM und für die Berechnung des Fassungsvermögens von SICHART angewandt, um die Ergiebigkeit der geplanten Brunnen für die vorher beschriebenen Standortbedingungen näherungsweise zu berechnen. Die Ergebnisse der Berechnung sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

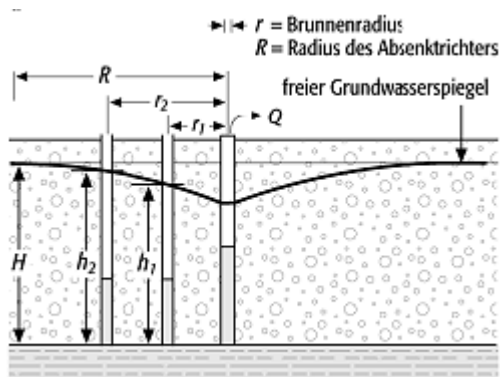
13.2.2 Berechnung des Wasserandranges

Wasserandrang nach DUPUIT/THIEM:

$$Q_a = \pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h^2) / (2,3 \cdot [\log R - \log r])$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert für die Kiessande wurde auf Grundlage der hydrogeologischen Karte sowie auf Erfahrungswerten mit 5×10^{-3} m/s angenommen. Für den geplanten Brunnen ergeben sich folgende Parameter:

- k_f : Durchlässigkeitsbeiwert Kiessand = 5×10^{-3} m/s
- H : Höhe des GW-Spiegels über der stauenden Schicht vor der Absenkung = 10,0 m
- h : Höhe des Grundwasserspiegels über der stauenden Schicht nach der Absenkung (abhängig von der jeweiligen Absenkung s)
- R : Reichweite (SICHART) = $3000 \cdot s \cdot k_f^{1/2}$ (abh. von der jeweiligen Absenkung s)
- r : Radius Brunnen = 0,45 m



Dupuit-Thiem
$$Q = k_f \cdot \pi \cdot \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}}$$

Sichardt
$$Q_F = 2\pi \cdot r \cdot h \cdot \frac{\sqrt{k_f}}{15}$$

Tabelle 2: Grundwasser-Absenkung nach DUPUIT-THIEM m (für freie Oberfläche)

H in [m]	h in [m]	Absenkung in [m]	Radius R in [m]	Wassermenge Q in [m³/s]	Wassermenge in [m³/h]	Wassermenge in [m³/Tag]
10,00	9,75	0,25	53,03	0,0071	25,44	610,56
10,00	9,50	0,50	106,07	0,0122	43,86	1052,67
10,00	9,25	0,75	159,10	0,0168	60,46	1451,06
10,00	9,00	1,00	212,13	0,0211	75,85	1820,37
10,00	8,75	1,25	265,17	0,0251	90,29	2166,97

Gemäß den Berechnungen wird bei einer maximalen Fördermenge von ca. 80 m³/h die Absenkung bei Niedrigwasser bei ca. 1,0 – 1,1 m liegen.

13.2.3 Berechnung des Fassungsvermögens

Fassungsvermögens nach SICHARDT

$$QF = \pi \cdot 2r \cdot h \cdot (k_f^{1/2} / 15) \quad [\text{m/s}]$$

Tabelle 3: Grundwasser-Absenkung nach DUPUIT-THIEM m (für freie Oberfläche)

Kf-Wert [m/s]	h' in [m]	r [m]	i _{BR}	Wassermenge Q in [m³/s]	Wassermenge in [m³/h]	Wassermenge in [m³/Tag]
5,00E-03	9,75	0,45	0,94	0,1300	467,84	11228,05
5,00E-03	9,50	0,45	0,94	0,1266	455,84	10940,15
5,00E-03	9,25	0,45	0,94	0,1233	443,84	10652,26
5,00E-03	9,00	0,45	0,94	0,1200	431,85	10364,36
5,00E-03	8,75	0,45	0,94	0,1166	419,85	10076,46

Das Fassungsvermögen eines Brunnens mit einem Bohrdurchmesser von 900 mm liegt entsprechend der Berechnungen bei ca. 420 m³/h und ist somit ausreichend groß.

13.3 Bohrung und Ausbau

Die Brunnenbohrungen werden als Trockenbohrung (DN 900) ausgeführt. Die Filterstrecke der geplanten Brunnen ist an das zu erwartende Schichtprofil anzupassen. Die Schlitzweite des Filters und die Filterkiesschüttung wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und der Begleitung bei den Brunnenbauarbeiten festgelegt.

Die Brunnen werden mit einer ca. 8,0 m langen Filterstrecke aus Edelstahl-Wickeldraht (DN 500) mit einer Schlitzweite von 1,5 mm und einer daran angepassten Filterkiesschüttung von voraussichtlich 3,15 – 5,6 mm (DIN 4924) ausgebaut. Die genaue Lage der Filterstrecke wird an die tatsächlich erbohrte Schichtenfolge angepasst.

13.4 Entsandung und Pumpversuch

Im unmittelbaren Anschluss an den Ausbau der Brunnen werden diese klar gepumpt, um die bei der Brunnenbohrung und dem Brunnenausbau eingetragenen Stoffe zu entfernen. Anschließend erfolgt eine abschnittsweise Intensiventsandung nach DVGW Merkblatt W 119 mittels abgepackter Unterwasserpumpe oder vergleichbaren Verfahren.

Im Anschluss an die Entsandung wird an den Brunnen ein Leistungspumpversuch durchgeführt um eine Brunnencharakteristik zu erhalten. Der Pumpversuch wird, ausgehend von einem Ruhewasserspiegel, in drei Pumpstufen gefahren (40, 80, 120 m³/h). Die geförderte Wassermenge und der Wasserstand werden regelmäßig gemessen und dokumentiert.

Die Pumpdauer pro Leistungsstufe richtet sich danach, wann der Beharrungszustand erreicht ist, beträgt aber mindestens 2 Stunden. Die Messdauer des Wiederanstieges beträgt mindestens 2 Stunden. Im Anschluss an das Entsanden und den Pumpversuch wird der Pumpensumpf sauber gepumpt. Abschließend wird eine Kamerabefahrung der Brunnen durchgeführt.

13.5 Brunnenschacht / Brunnenkopf

Als Abschluss zur Geländeoberfläche wird jeweils ein tagwasserdichter und auftriebssicherer Brunnenschacht DN 2000 eingebaut oder es erfolgt eine Integration in die Bodenplatte. Der Brunnenkopf gem. DIN 4926 wird in die Schacht- oder Bodenplatte einbetoniert. Der Brunnenkopfdeckel enthält Durchlässe für eine oder mehrere Steigleitungen und für die Pumpenkabel bzw. für eine Fallleitung beim Schluckbrunnen.

Die Brunnenschächte werden i.d.R. mit ca. 2,0 m lichter Höhe ca. 2,80 m tief unter geplanter Geländehöhe eingebaut (Anlage 5). Als Schachtabdeckung wird für die Einstiegs- und Montageöffnung (Ø 800 mm) eine tagwasserdichte Schachtabdeckung eingerichtet. Die Schachtdeckel sind gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 122 verschließbar und bei Bedarf befahrbar. Bei Integration in die Bodenplatte kann die Vertiefung mittels Metallplatte überdeckt werden, so dass z.B. bei Platzierung in der TG der Stellplatz weiterhin genutzt werden kann.

14 Betrieb Brunnenanlage

Entsprechend den untersuchten Standortbedingungen und den Voruntersuchungen ist eine Nutzung des Grundwassers für geothermische Zwecke möglich. Die vorliegende Grundwasseranalytik, die hydrogeologischen Bedingungen, die Altlastensituation sowie die umliegenden Wasserrechte lassen eine Brunnenanlage zu.

Das Grundwasser wird dem gut durchlässigen Untergrund (Kiessand der Niederterrasse) entnommen und per Druckrohrleitung durch einen Wärmetauscher geleitet, wo der Energieübertrag in den Sekundärkreislauf erfolgt. Die durch den Wärmetauscher übertragene Energie wird im Heizfall mittels Wärmepumpe auf ein höheres Niveau gebracht. Im Kühlfall kann je nach Bedarf sowohl freie Kühlung als auch mechanische Kälte mittels reversibler Wärmepumpe zum Einsatz kommen. Im Kühlfall kommt es zu einer Erwärmung des Grundwassers und im Heizfall zu einer Abkühlung. Die Temperaturdifferenz zwischen dem geförderten und eingeleiteten Wasser soll i.d.R. 3-5 K betragen.

Über einen Entnahme- und 1 bis 2 Schluckbrunnen können die benötigten jährlichen Fördermengen für den Heiz- und Kühlfall von ca. 215.000 m³/a, bei einer maximalen Förderleistung von ca. 80 m³/h, abgedeckt werden.

15 Beschreibung Grundwassermodellierung

Zur Ermittlung der Auswirkungen der geothermischen Anlage auf den Aquifer wurde ein 3D-Grundwasser-Wärmetransportmodell eingesetzt. Die Modellierung erfolgte mit der Software Feflow von DHI. Diese stellt ein professionelles Softwarepaket zur Berechnung von Wasserströmung, Massen- und Wärmetransport in porösen Medien dar und kommt in vielen Ingenieurbüros sowie öffentlichen Verwaltungen, welche sich mit der Thematik Grundwasser beschäftigen, zur Anwendung. Insbesondere die Möglichkeit der Temperaturmodellierung sowie die Simulation von Geothermiebrunnen und Erdwärmesonden sind dabei hervorzuheben.

15.1 Das Arbeitsgebiet

Um Störungen durch die Modellgrenzen auszuschließen wurde das Modell sehr großräumig konzipiert. Das Arbeitsgebiet beginnt im Süden oberhalb der Villa Hammerschmidt und erstreckt sich über die Bonner Innenstadt, Auerberg bis nach Hersel (Rheinkilometer 653,3 bis 660,6). Im Westen verläuft die Grenze entlang einer Linie von Roisdorf, Meßdorf, Eendenich bis nach Poppelsdorf. Daraus ergibt sich eine Ausdehnung des Modells von ca. 6,8 km in Nord-Süd Richtung und von ca. 4,8 km in Ost-West Richtung.

15.2 Modellaufbau

Der Aufbau des Grundwassermodells leitet sich aus den in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Daten ab.

Durch die Abbildung des natürlichen Grundwasserleiters auf ein virtuelles Modell ergeben sich zwangsläufig modellspezifische Einschränkungen wie Diskretisierung des Arbeitsgebiets (Er-

stellen eines Gitternetzes mit Modellzellen) und Definition der Randbedingungen, die die Grenzen des Modells bilden.

Das Grundwassermodell wurde zunächst als großräumiges Strömungsmodell konzipiert und für die Simulationen der Temperaturverteilung im Grundwasser in ein hochauflösendes Detailmodell überführt.

15.2.1 Modellgeometrie

Die Modellgebietsgrenzen für das Strömungsmodell wurden an das aus Grundwassergleichungen, den Aquifergrenzen und hydrogeologischen Karten ableitbare lokale Strömungsfeld angepasst.

Als laterale Begrenzungen für das Grundwasserströmungsmodell wurde folgende Berandungen gewählt:

- Im Osten auf der gesamten Länge der Rhein
- Im Westen die Ville
- Im Norden eine Grenze auf Höhe Hersel bis Roisdorf
- Im Süden verläuft die Grenze in Poppelsdorf von der Ville bis zum Rhein

Als vertikale Begrenzungen wurden die Geländeoberfläche und die Basis der Niederterrassenablagerungen als Grenze zwischen dem 1. und 2. Grundwasserstockwerk angenommen. Für die Temperaturmodellierung in Feflow wurden die maßgeblichen Bereiche um die Brunnen und den Rhein diskretisiert.

Das daraus resultierende 3D-Grundwassermodell besitzt folgende Eigenschaften:

Slices	6
Layer	5
Elemente pro Layer	44.294
Knoten pro Layer	23.083
Knoten gesamt :	138.498
Finite Elemente gesamt :	221.470

Die k_f -Werte der Niederterrassenkiese wurden mit $3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ – $9,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ veranschlagt. Im Bereich des Rheins liegen i.d.R. höhere Durchlässigkeiten als am Randbereich zur Ville vor.

Abbildung 30: Ausdehnung FEM-Modell und Darstellung Grundwassergleichen 31.12.2023

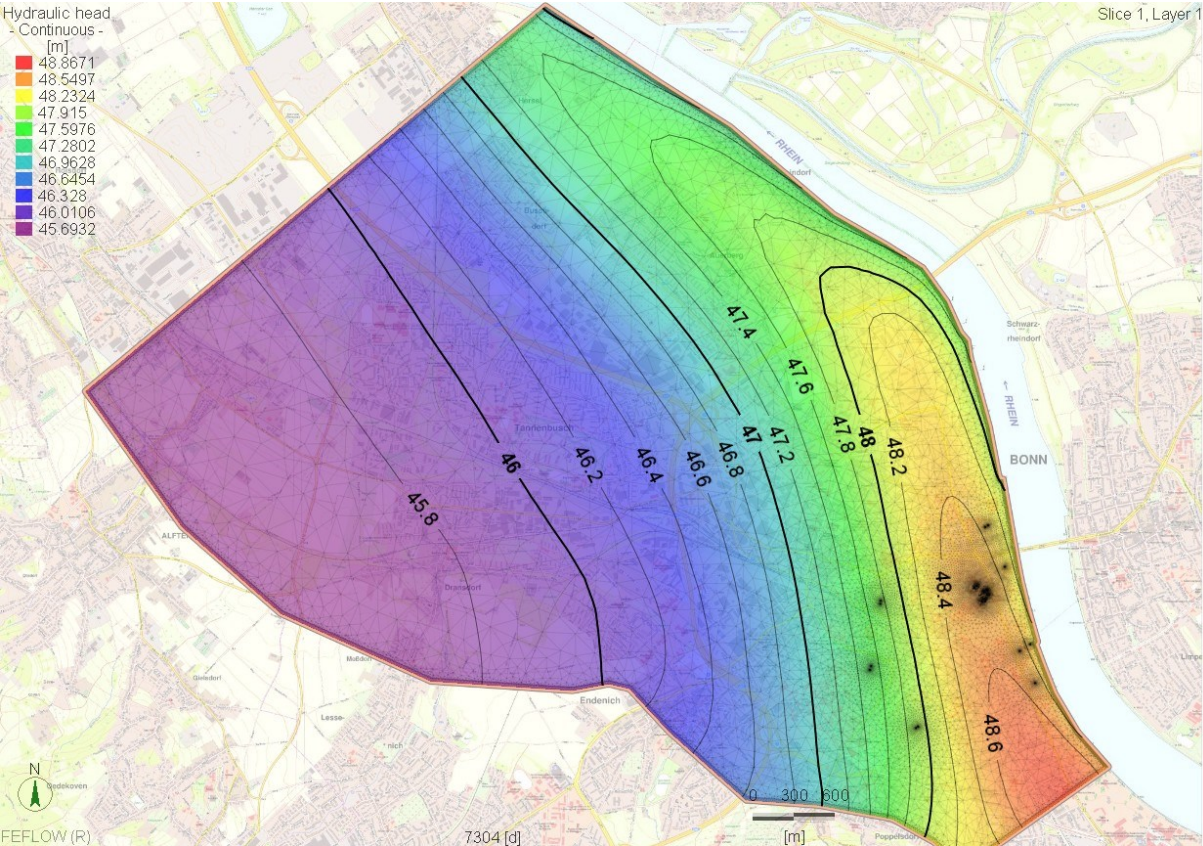


Abbildung 31: FEM-Modell Diskretisierung im Bereich der geplanten Brunnen

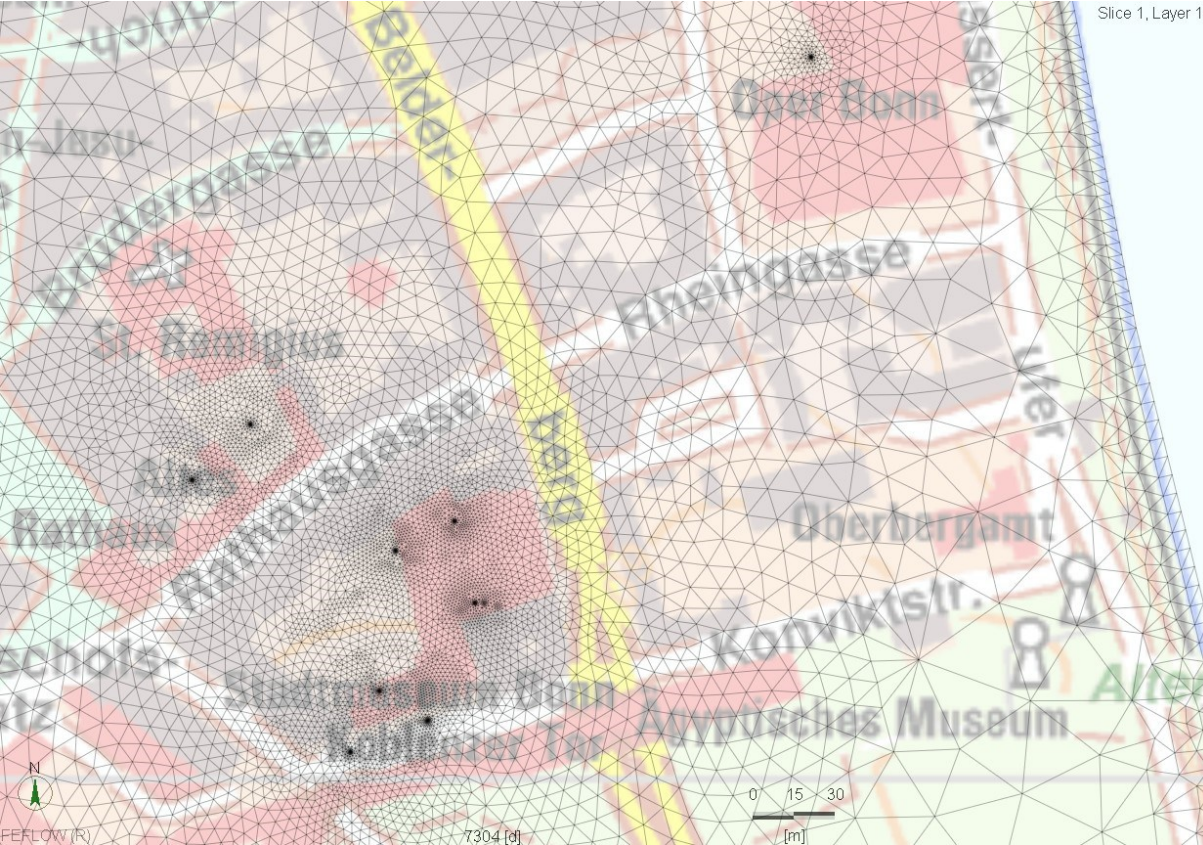


Abbildung 32: Geländemodell DGM10 als Grundlage der GOK

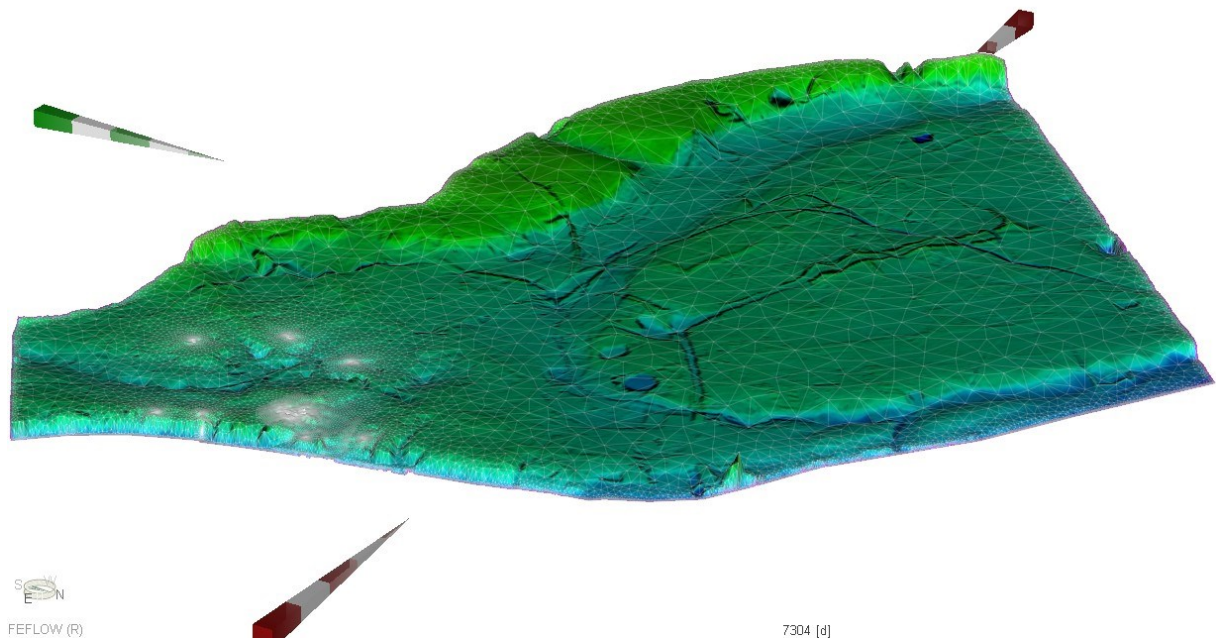


Abbildung 33: Feflow Geländeoberkante

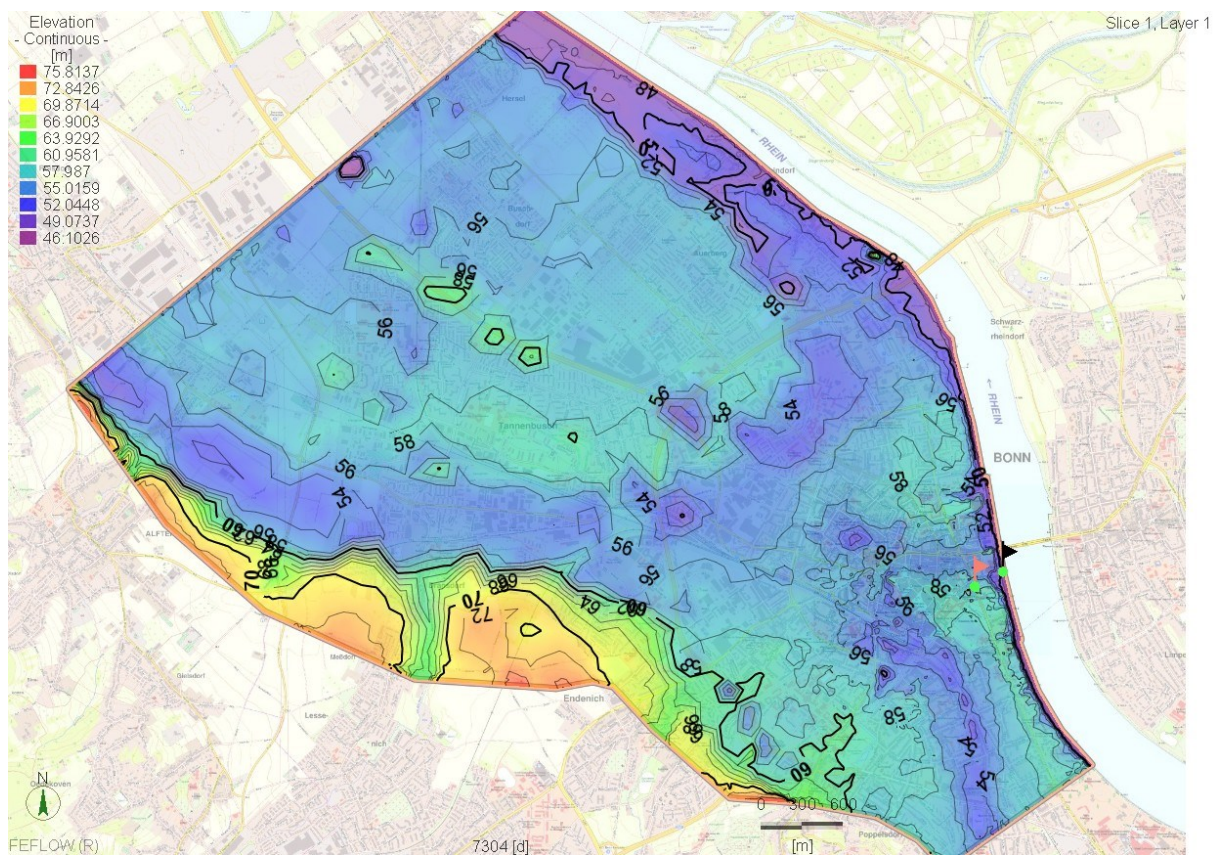
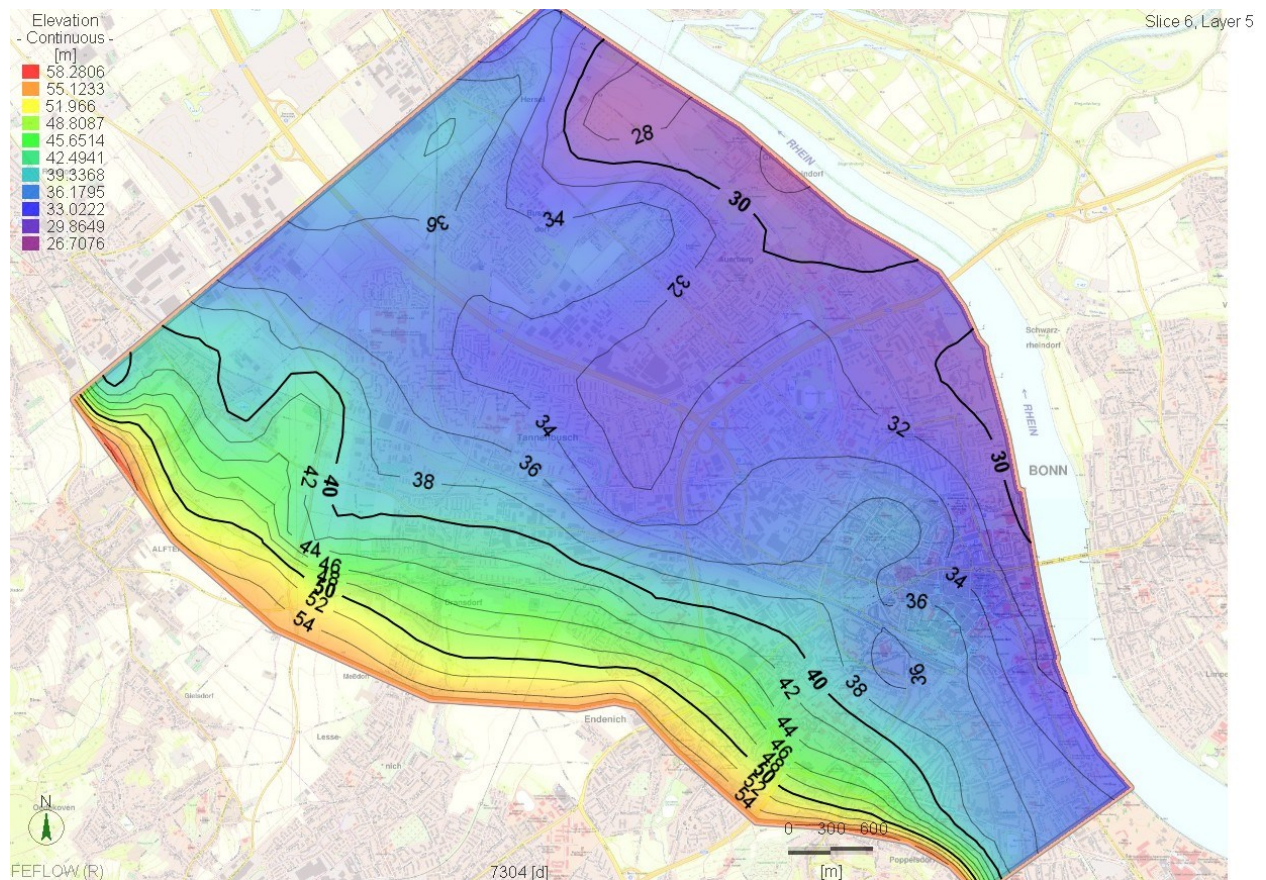


Abbildung 34: Feflow Unterkante Quartärbasis



In Abbildung 30 ist die Ausdehnung des Modells und in Abbildung 31 der Bereich der geplanten Geothermiebrunnen dargestellt. Zu erkennen ist die Diskretisierung (Verfeinerung der Elemente) im Bereich äußerer Einflüsse auf Grundwasserstand und Grundwassertemperatur. Die Abbildung 32 zeigt das digitale Geländemodell DGM10, welches als Grundlage für die Oberfläche herangezogen wurde. Dort sind auch die im Modellbereich liegenden Altarme des Rheins gut zu erkennen.

Die Abbildungen 33 und 34 zeigen die in Feflow erzeugten Slices Geländeoberkante und Unterkante Kies der Niederterrasse.

Die Unterkante des Quartären Grundwasserleiters wurde aus einem Datensatz des geologischen Dienstes modelliert. Dieser beinhaltet die Daten von Tiefbohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen im Bereich des Untersuchungsgebietes.

15.3 Modellkalibrierung

15.3.1 Instationäre Modellierung

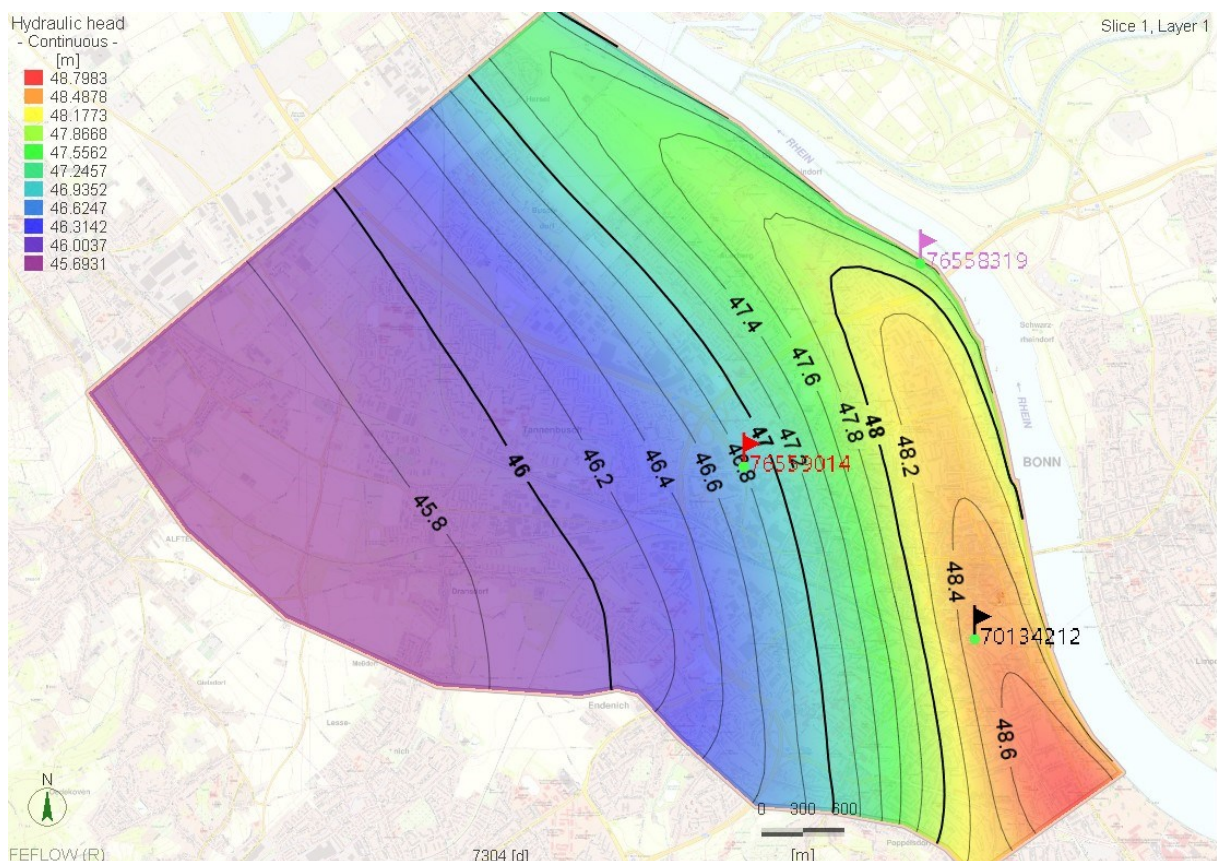
Um den Anforderungen an das Modell gerecht zu werden, wurde ein erweitertes Grundwassermodell entwickelt. Die folgenden Eingaben wurden dabei berücksichtigt:

- Die instationären Pegelstände des Rheins
- Tagesgenaue Berechnungen der Grundwasserstände
- Förderraten umliegender Wasserrechte bezogen auf die Jahresmengen

15.3.2 Instationäre Kalibrierung

Die instationäre Kalibrierung erfolgte mittels Grundwassermessstellen, für welche eine Grundwasserstandsmessung mit einem zeitlichen Intervall von möglichst einem Tag vorlag. In der nachfolgenden Abbildung ist die Lage der 3 verwendeten Messstellen dargestellt.

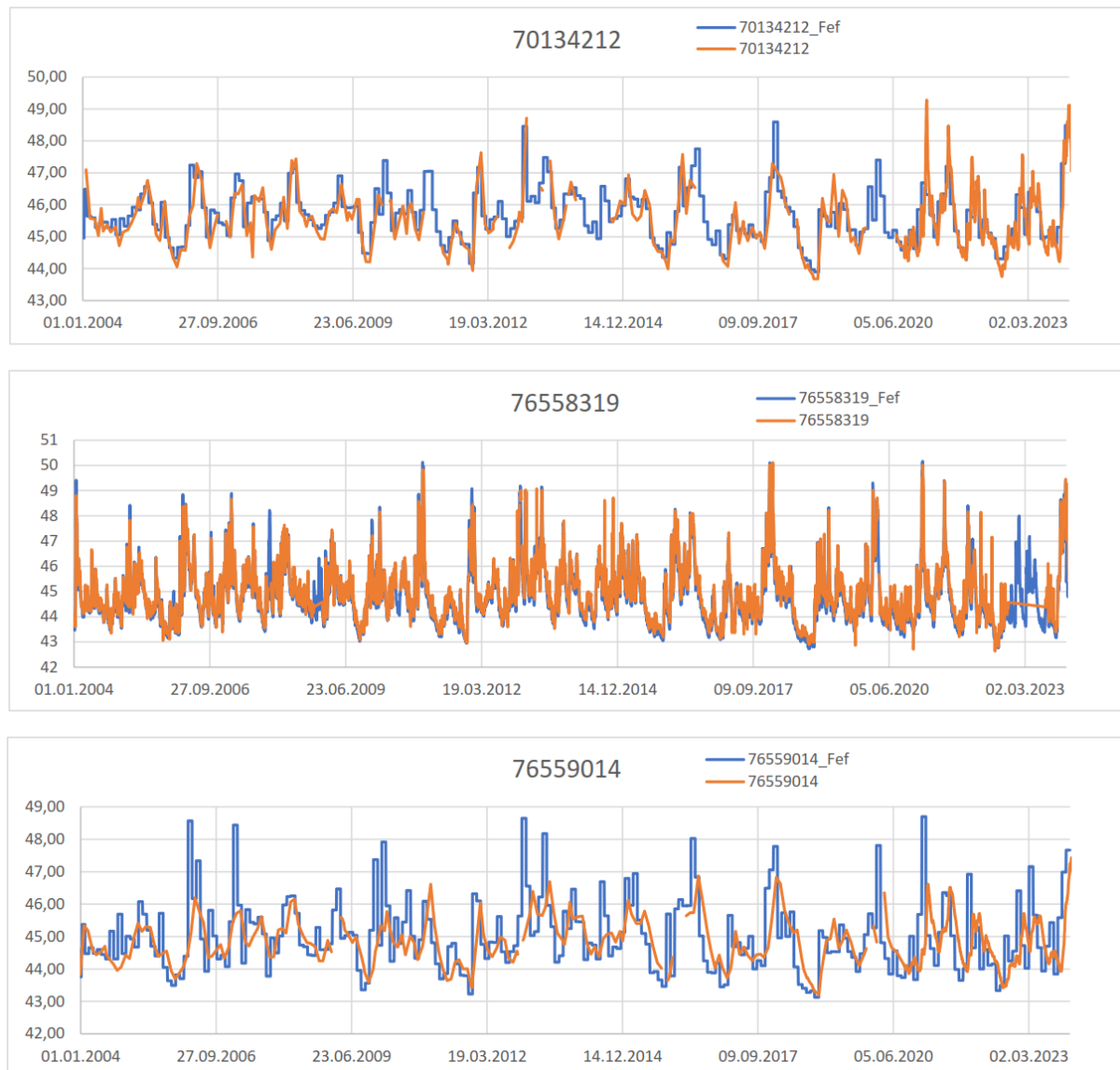
Abbildung 35: Lageplan Grundwassermessstellen Kalibrierung



In den Diagrammen sind die berechneten Grundwasserstände den gemessenen für einen Zeitraum von 20 Jahren gegenübergestellt (Berechnung blau, Messung orange).

Die Modellierung liefert sehr zufriedenstellende Ergebnisse. Die dynamischen Abweichungen zwischen den gemessenen und berechneten Werten betragen i.d.R. wenige Zentimeter. Die dynamischen Fließprozesse im Aquifer werden durch das Modell gut abgebildet, so dass die Fragestellungen bearbeitet werden können.

Abbildung 36: Diagramme zur Kalibrierung des Modells



15.4 Randbedingungen für die Temperaturmodellierung

Für die Modellierung der Grundwassertemperaturen wurde das Wärmetransportmodell von Feflow eingesetzt.

Prinzipiell handelt es sich bei dem hier vorliegenden Problem um die Simulation der Mischung von Wasser mit unterschiedlichen Temperaturen. Zusätzlich kommt es zu einer Beeinflussung der Temperaturen des Grundwassers durch die Matrix des Grundwasserleiters (Kiese und Sande). Den Berechnungen wurden folgende aus der Literatur recherchierte Werte zugrunde gelegt:

Dichte des Sediments:	2.000kg/m ³
Wärmekapazität Wasser:	4.200J/(kg*K)
Wärmekapazität Sediment:	1.000J/(kg*K)

Wie vorangegangene Modellierungen gezeigt haben, wird die Geschwindigkeit, mit der Grundwasser zu den Brunnen gefördert wird, auch von den wechselnden Rheinwasserständen beeinflusst. Bei einsetzendem Mittelwasser vergrößern sich die Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers in Rheinnähe. Besonders bei Hochwasserereignissen erhöht sich innerhalb einiger Tage der Grundwasserstand auch in weiter entfernt vom Rhein gelegenen Bereichen um mehrere Meter. Um diesen dynamischen Einflüssen Rechnung zu tragen, wurde bei der Wärmetransportmodellierung ebenfalls ein instationäres Modell eingesetzt. Als zeitliche Auflösung wurden die Tageswerte von Rheinwasserstand und Grundwassermessstellen berücksichtigt.

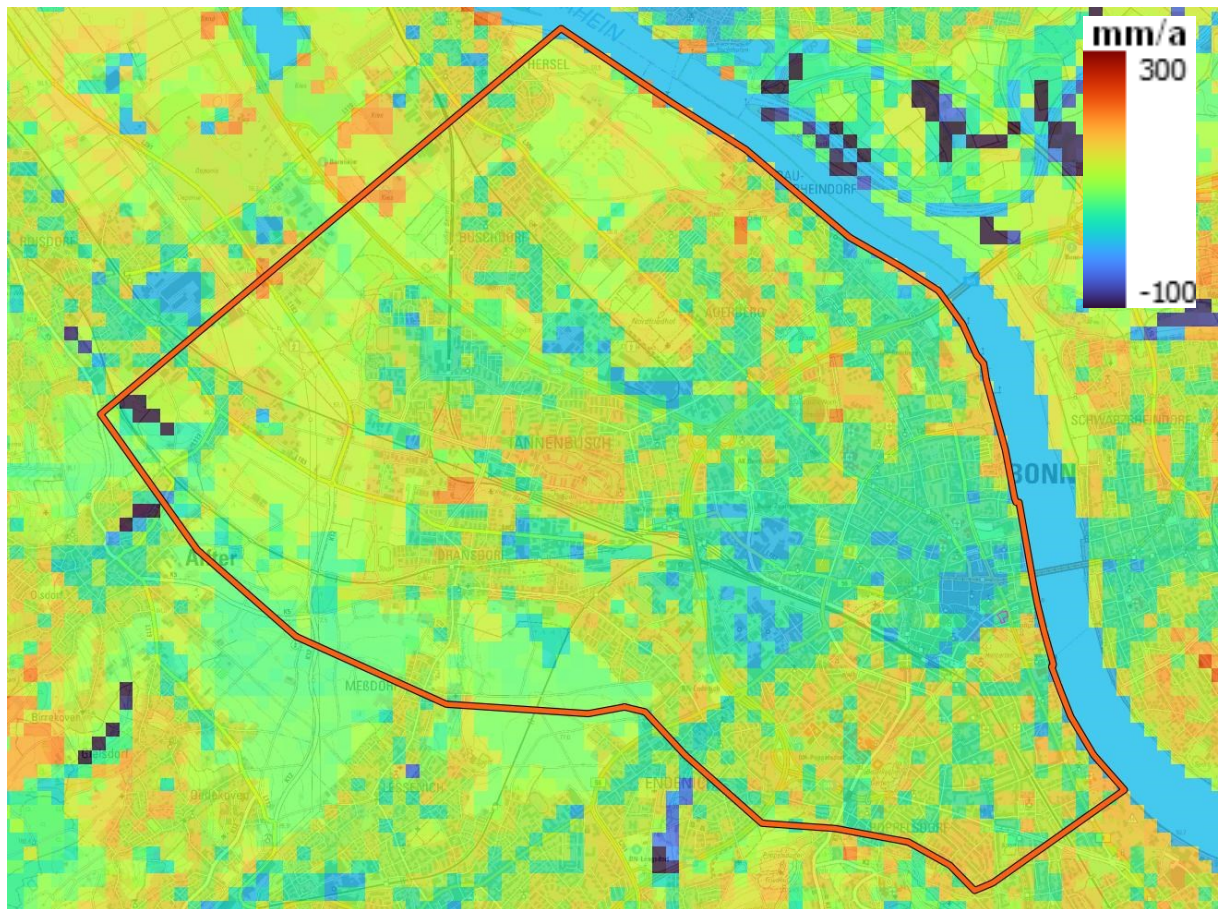
15.4.1 Initiale Grundwassertemperaturen

Auf Grundlage von Messdaten wurde für den großräumigen Bereich des BV von einer ungestörten Grundwassertemperatur von 13,0 ° C ausgegangen. Die Temperaturentwicklung im Boden in Abhängigkeit von der Tiefe für das Untersuchungsgebiet ist nicht bekannt. Zwar liegen verallgemeinerte Angaben zu Bodentemperaturen in Tiefen von mehr als 5 m vor. Diese beziehen sich in der Regel auf nicht bebaute Flächen. Die Bodentemperaturen betragen i.d.R. ca. 10 bis 12°C. Hinsichtlich der hohen Grundwassertemperaturen für den Untersuchungsbe- reich wurden die randlichen Zuflüsse (Westen) ebenfalls mit 13° C angenommen.

15.4.2 Grundwasserneubildungsraten und Randzufluss

Da aus der Literatur bekannt ist, dass die Versickerungsraten in der Größenordnung von ein bis mehreren Metern im Jahr liegen und die Flurabstände mindestens 6-10 m betragen sowie der Versiegelungsgrad innerhalb der Stadt sehr hoch ist, wurde keine jahreszeitliche Differenzierung der Mengen und Temperaturen berücksichtigt. Ähnliche Überlegungen gelten auch für den Zufluss vom Talrand, da dieses Wasser auch über Versickerung in den Grundwasserleiter gelangt. Die Grundwasserneubildung wurde entsprechend der in Abb. 37 dargestellten Datengrundlage des GrOWA-Modells im Modell berücksichtigt.

Abbildung 37: Grundwasserneubildung GrOWA 2010-2020



15.5 Ergebnisse Temperaturmodellierung

In den Abbildung 38 bis 49 sind die zu erwartenden Grundwassertemperaturen im Abstrom der Versickerungsbrunnen nach 1, 2, 4, 6, 8 und 10 Jahren Betrieb dargestellt. Zu erkennen ist die Kältefahne der Bestandsanlage im Norden im Bereich des Rathauses. Dort wird mit einer Brunnenanlage nur eine Beheizung des Gebäudes realisiert, so dass sich die daraus resultierende Kältefahne Richtung Nordosten ausdehnt. Durch die Entnahme der geplanten Brunnen wird diese Anlage nur im geringen Maße beeinträchtigt. Der thermische Kurzschluss wird dort durch die geringe Distanz zwischen Förder- und Schluckbrunnen begünstigt.

Der neu geplante Förderbrunnen liegt am südlichen Randbereich der Temperaturfahne. Nach 10 Jahren Betrieb ist zu erkennen, dass der thermische Kurzschluss, abhängig vom jährlichen Bedarf und der Grundwasserfließrichtung, so gering bleibt, dass der Heizbetrieb weiterhin gut möglich ist. Dies liegt zum einen an der Regeneration im Sommer, wo durch erwärmtes Wasser die Energieentnahme aus dem Aquifer teilweise egalisiert wird, als auch der vorherrschenden Hauptfließrichtung des Grundwassers Richtung Nordost.

Abbildung 38: Temperaturfahne nach 1. Jahr Winterbetrieb

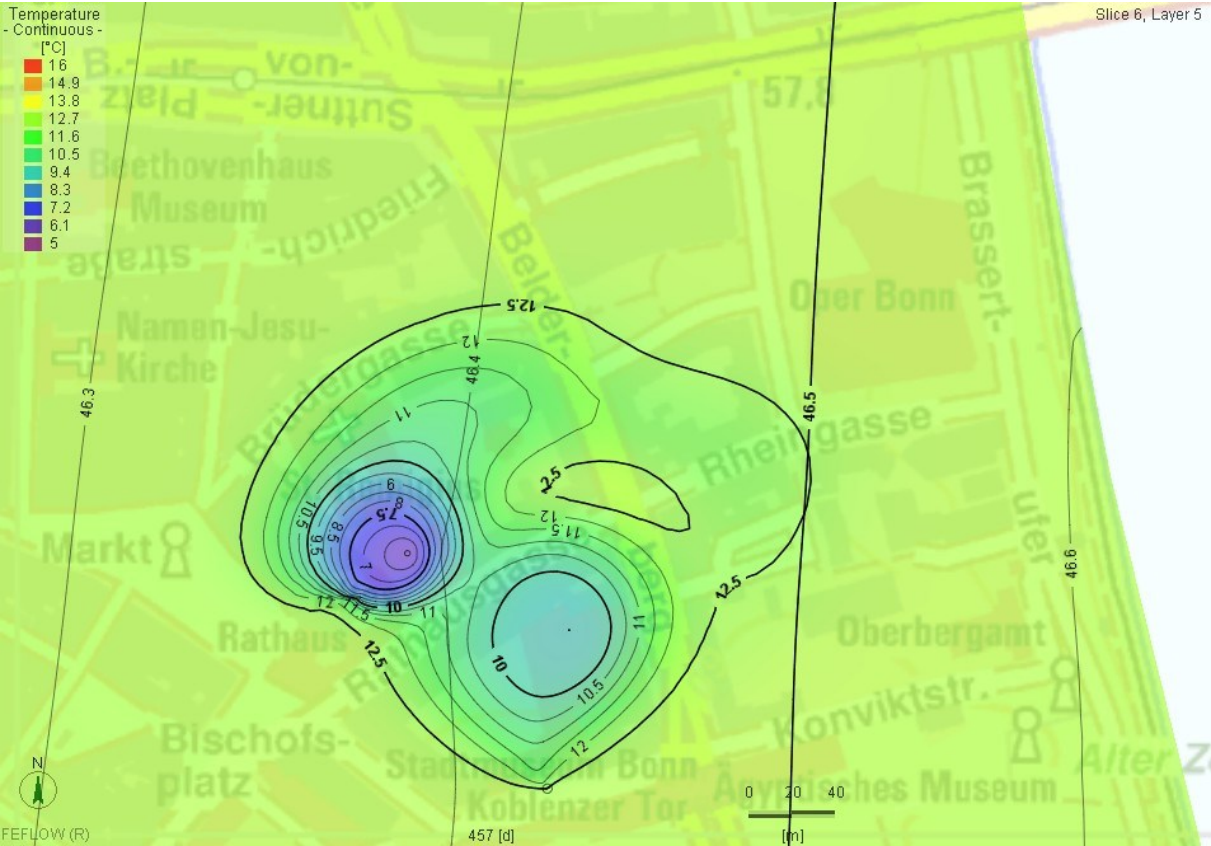


Abbildung 39: Temperaturfahne nach 1. Jahr Sommerbetrieb

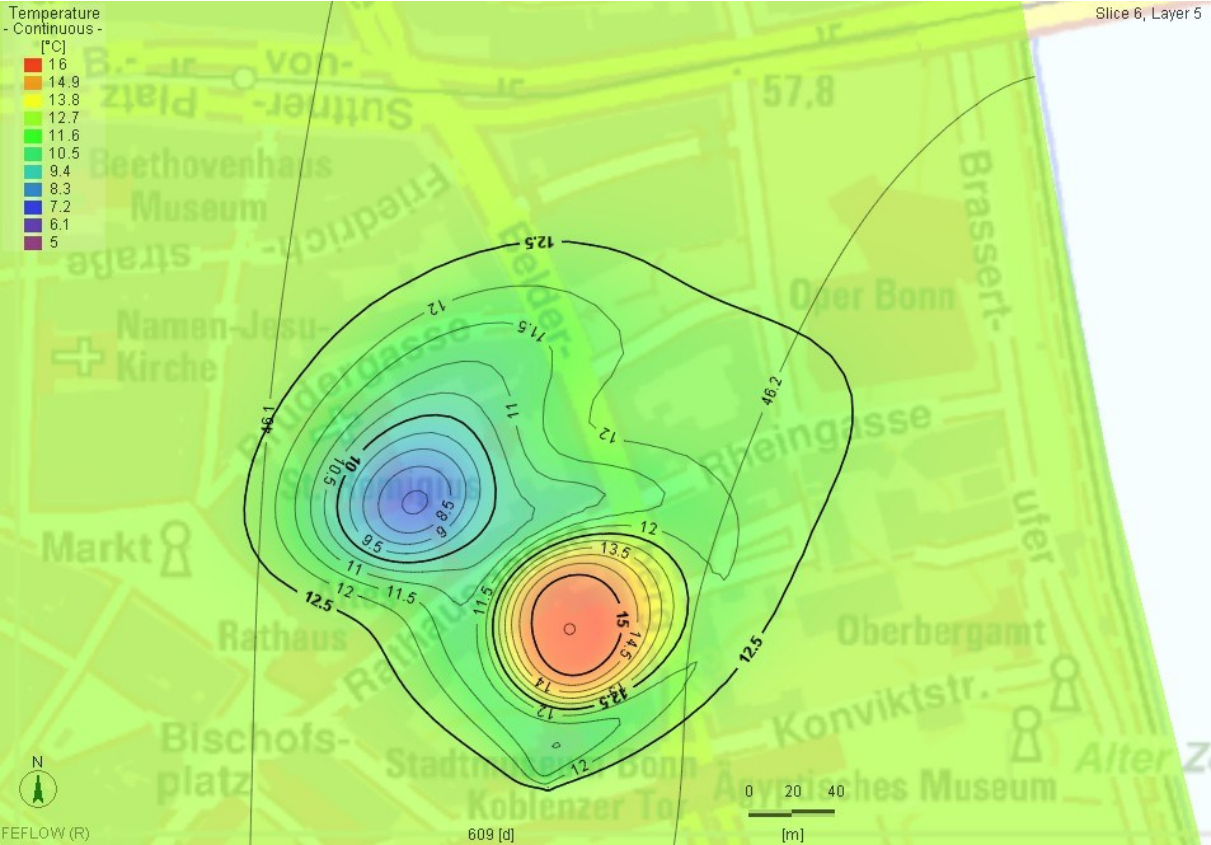


Abbildung 40: Temperaturfahne nach 2. Jahr Winterbetrieb

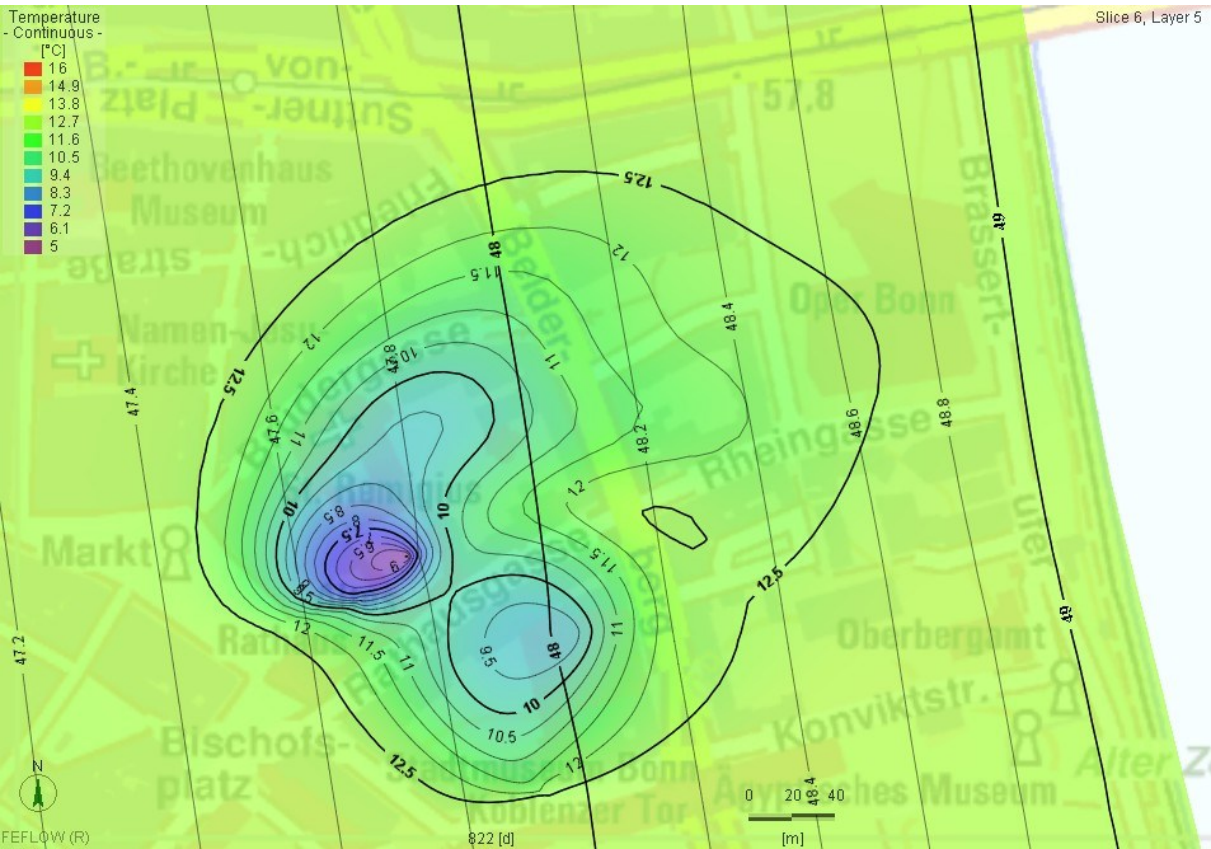


Abbildung 41: Temperaturfahne nach 2. Jahr Sommerbetrieb

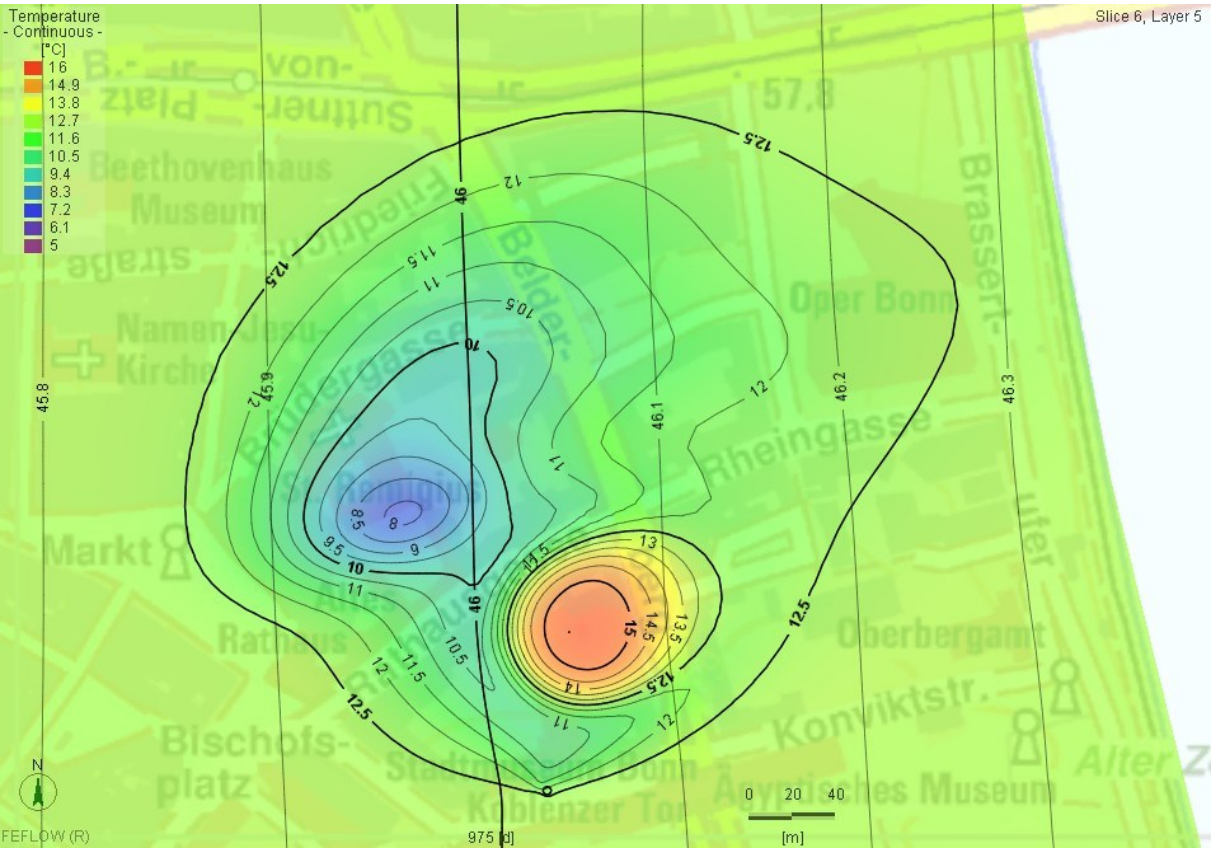


Abbildung 42: Temperaturfahne nach 4. Jahr Winterbetrieb

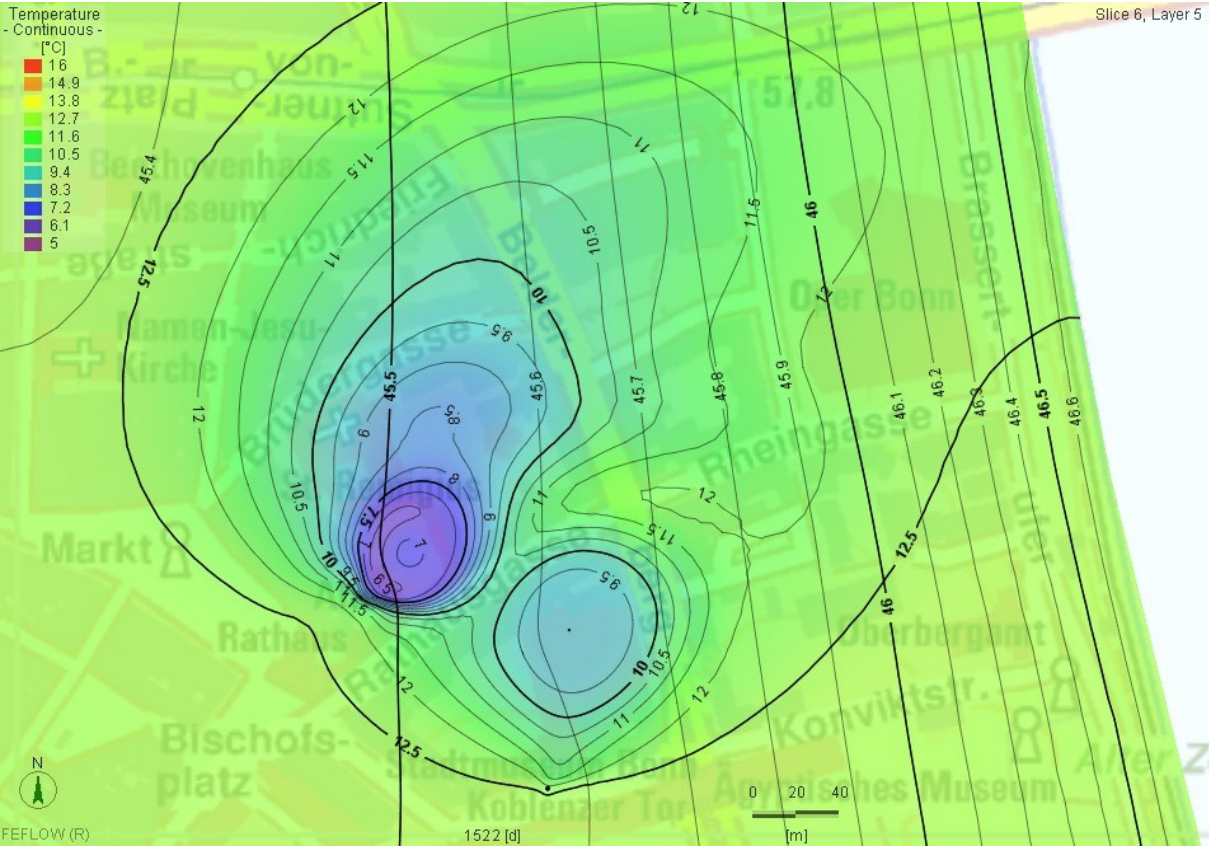


Abbildung 43: Temperaturfahne nach 4. Jahr Sommerbetrieb

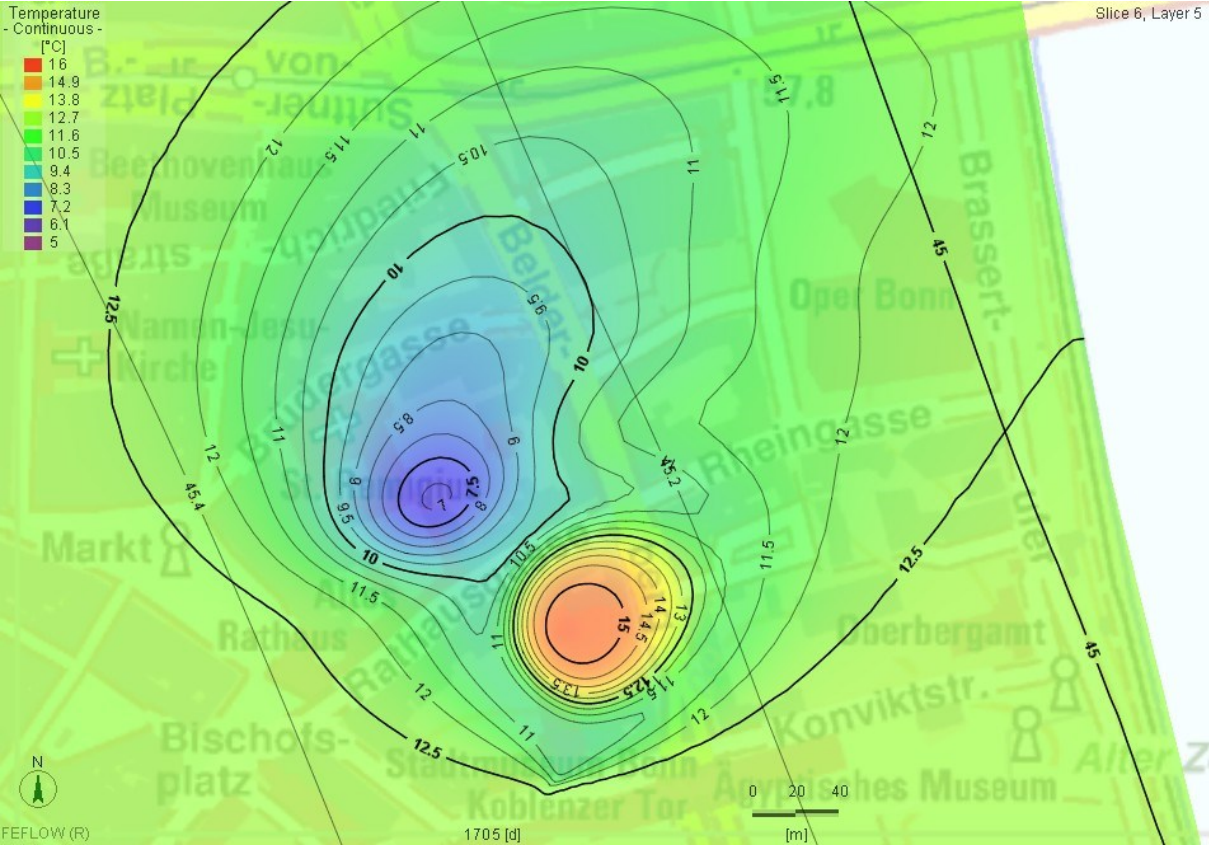


Abbildung 44: Temperaturfahne nach 6. Jahr Winterbetrieb

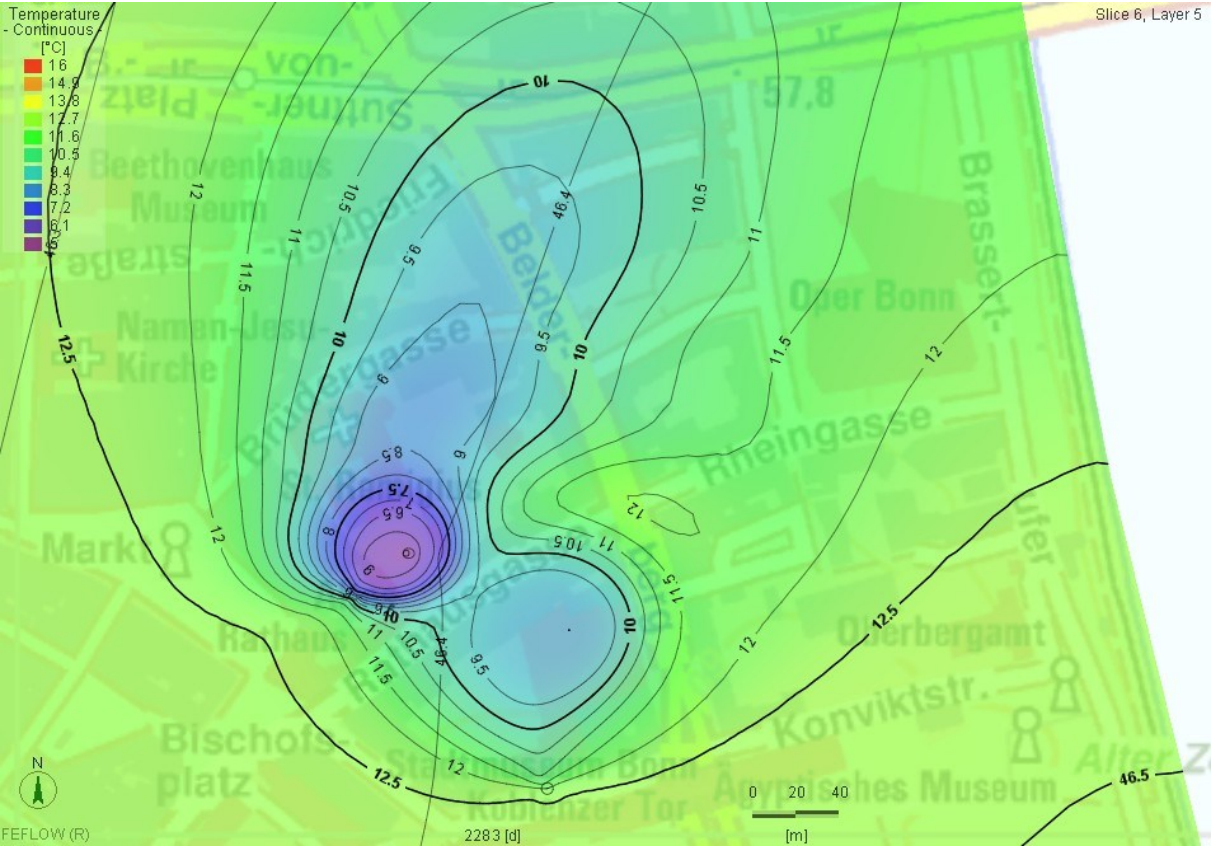


Abbildung 45: Temperaturfahne nach 6. Jahr Sommerbetrieb

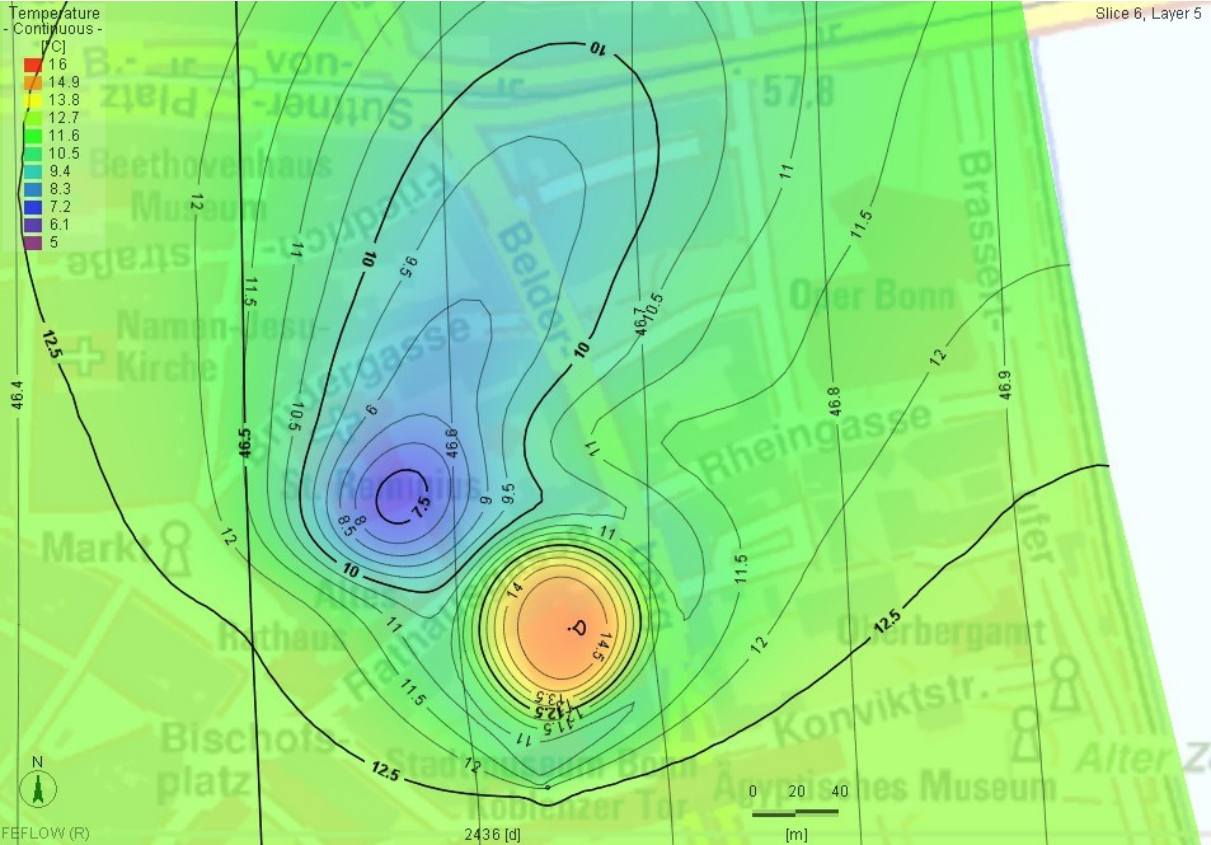


Abbildung 46: Temperaturfahne nach 8. Jahr Winterbetrieb

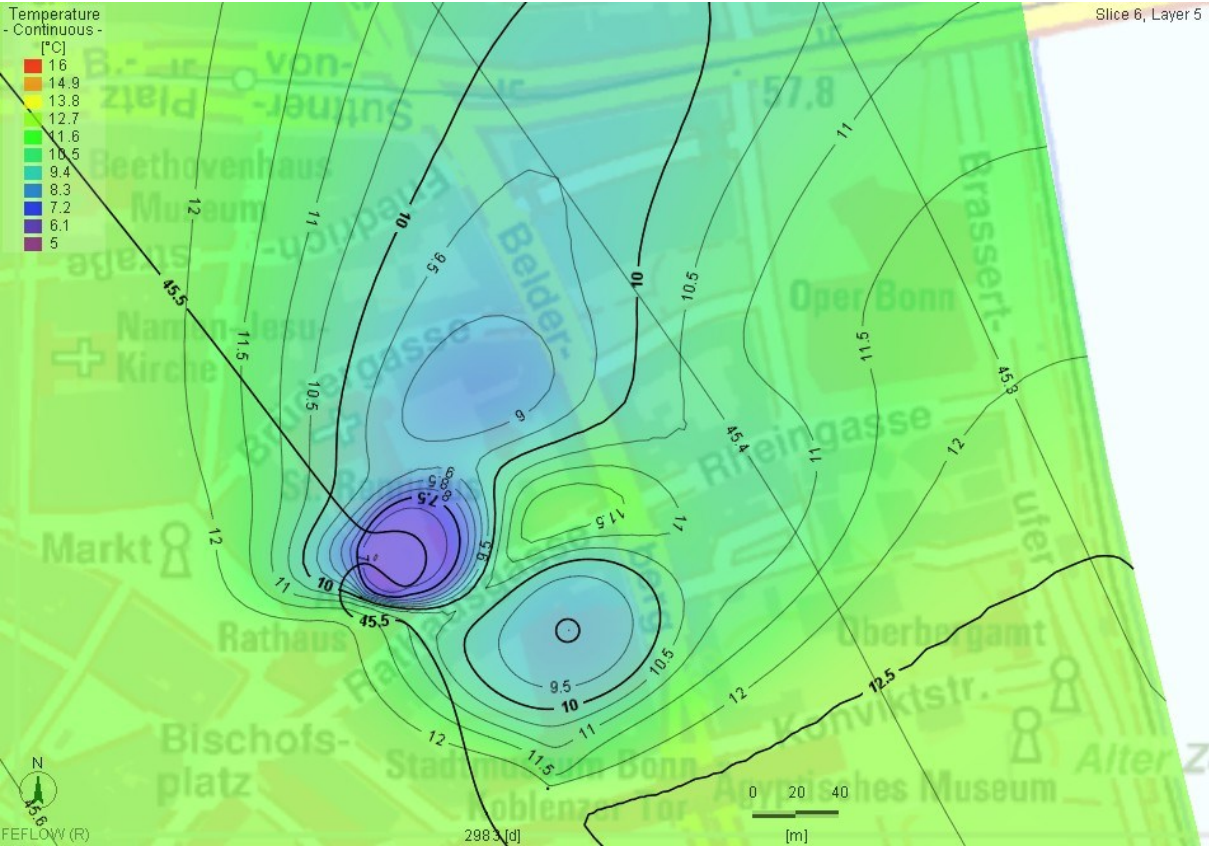


Abbildung 47: Temperaturfahne nach 8. Jahr Sommerbetrieb

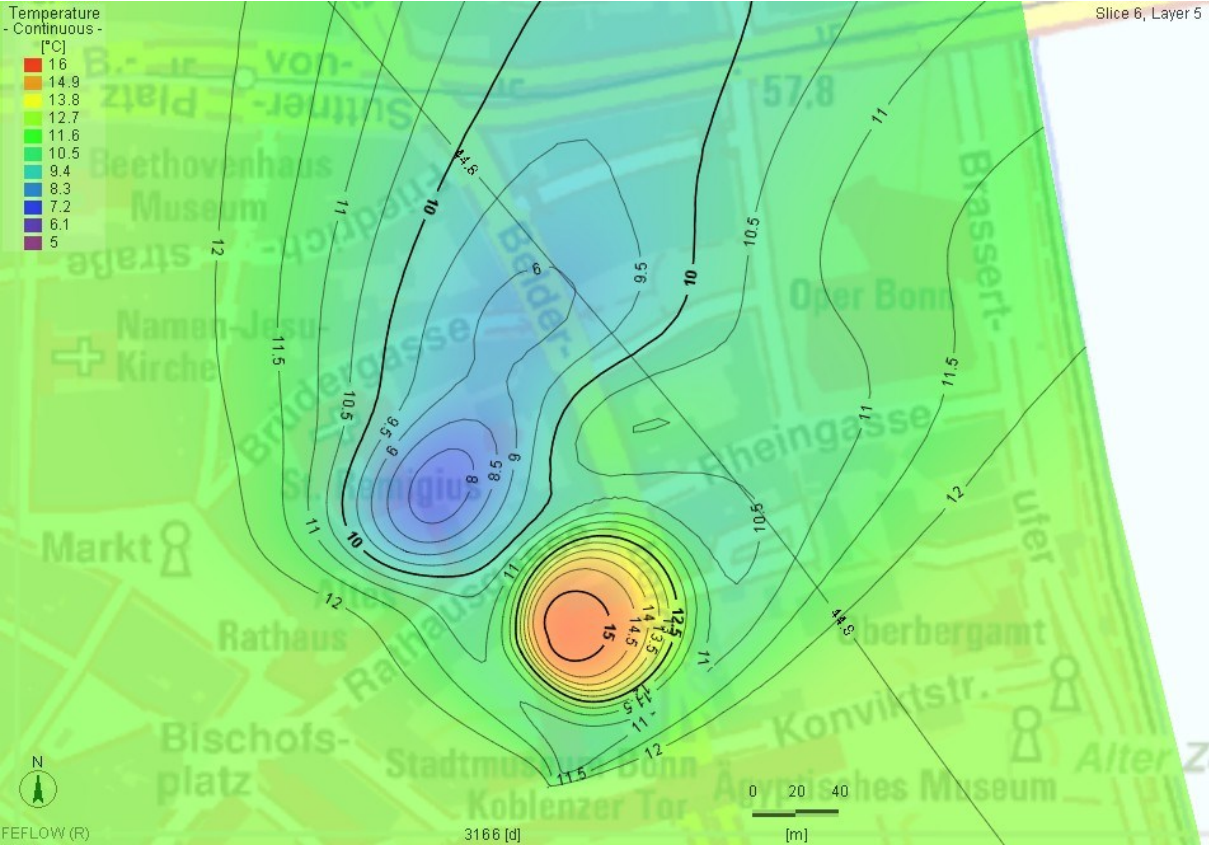


Abbildung 48: Temperaturfahne nach 10. Jahr Winterbetrieb

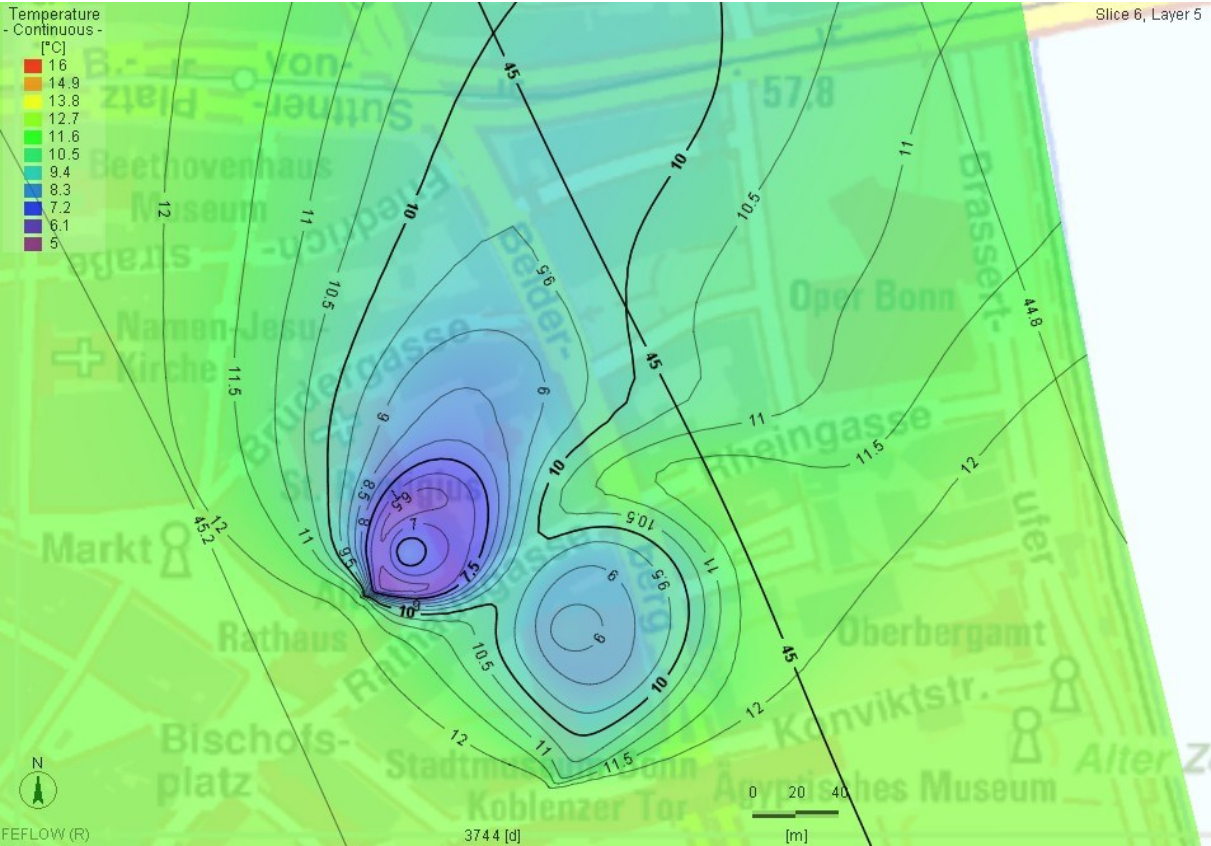
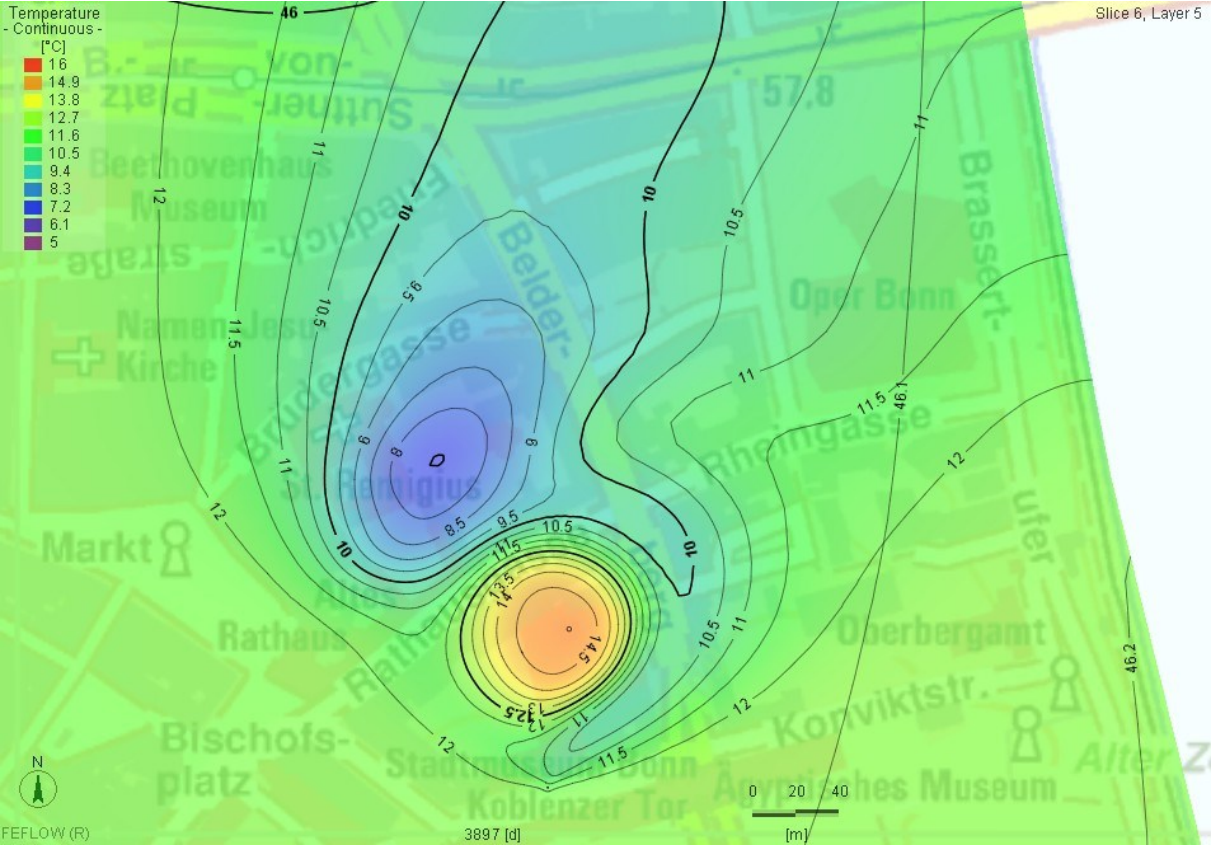


Abbildung 49: Temperaturfahne nach 10. Jahr Sommerbetrieb



16 Wasserrechtliche Genehmigung

Die Errichtung und der Betrieb einer Geothermieranlage stellt eine Gewässerbenutzung gemäß §§ 8 bis 12 des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushaltes (WHG) 33 dar. Im Vorfeld muss von der zuständigen Behörde eine wasserrechtliche Erlaubnis erteilt werden. Der Umfang wird im Folgenden beschrieben:

- Antrag mit Erläuterungsbericht
- Übersichtsplan
- Detailplan
- Grundstücksverzeichnis und Eigentüternachweis
- Beschreibung der Anlage und des Betriebs, technische Daten und schematische Darstellung
- Zertifizierung des Bohrunternehmers (DVGW W 120)
- Pumpenkenndaten und Angaben zur Wärmepumpe
- Dargebotsnachweis Brunnen oder EWS
- Bedarfsermittlung
- Schichtenverzeichnis
- Lageplan Brunnen/Erdwärmesonden
- Numerische Simulation zur Berechnung des Temperaturfeldes

17 Zusammenfassung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde die Möglichkeit der Realisierung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden oder einer Brunnenanlage untersucht. Neben der Beurteilung der hydrogeologischen und thermischen Eigenschaften des Grundwasserleiters sowie des tieferen Untergrundes wurden die Projektrisikofaktoren wie z.B. Altlasten, bestehende Anlagen, Wasserschutzgebiete etc. ermittelt. Gemäß den Recherchen sind sowohl Erdwärmesonden als auch Brunnen als Energiequelle möglich.

Bei der Nutzung von Erdwärmesonden sollte im Vorfeld eine Versuchsbohrung und ein Thermal Response Test (TRT) durchgeführt werden, um die geothermischen Parameter des Untergrundes genauer zu bestimmen. Nach Durchführung der Probebohrung kann das Sondenfeld mit realen Daten des Untergrundes ausgelegt werden. Gemäß den Angaben des geologischen Dienstes NRW liegt das Bauvorhaben innerhalb eines hydrogeologisch sensiblen Bereiches (CO₂-Aufstieg), was bei der weiteren Planung zu berücksichtigen ist. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse müssten die Bohrungen mehr als 200 m tief ausgeführt werden. Eine Beteiligung des Bergamtes Arnsberg wäre demnach erforderlich.

Aufgrund der günstigen hydrogeologischen Bedingungen ist die geothermische Nutzung von Grundwasser mittels Förder- und Schluckbrunnen möglich. Es liegt eine hohe Durchlässigkeit des Aquifers mit einem mengenmäßig ausreichenden Grundwasserdargebot vor und die durch Untersuchungen und Recherche ermittelten chemisch-physikalischen Eigenschaften des Grundwassers weisen auf eine ausreichend gute Grundwasserqualität hin. Die minimale Einleittemperatur soll **4° C** nicht unterschreiten, die max. Einleittemperatur liegt i.d.R. bei 18° C. Im Heizfall werden dem Grundwasser über einen Wärmetauscher im Regelfall 3-6 K entnommen und im Kühlfall 3-4 K zugeführt.

Durch Simulationen mittels 3D-Grundwassermodell konnte nachgewiesen werden, dass durch die geothermische Brunnennutzung und Grundwasserversickerung in den Schluckbrunnen keine negativen Auswirkungen auf bestehende Anlagen im Umfeld zu erwarten sind. Wir empfehlen nach Auswahl des geothermischen Systems (Sonden oder Brunnen) trotzdem einen Vorstellungstermin bei der Genehmigungsbehörde (Untere Wasserbehörde der Stadt Bonn), um frühzeitig eine Abstimmung hinsichtlich der Genehmigung und den zu erstellenden Antragsunterlagen zu erhalten.

Vor Ausführung der Produktionsbrunnen sollte ein Versuchsbrunnen auf dem Gelände gebohrt werden, um den genauen Schichtaufbau des Aquifers aufzunehmen (Planung Filterstrecke und Schlitzweite), die Grundwasserqualität Vorort und die hydrogeologischen Parameter mittels Pumpversuch zu bestimmen. Der Versuchsbrunnen kann später ggf. als zusätzlicher Schluckbrunnen, als Grundwassermessstelle oder als Bewässerungsbrunnen genutzt werden. Für die Probebohrung ist eine wasserrechtliche Genehmigung bei der zuständigen Behörde einzuholen und des Weiteren die Vorgaben der Unteren Wasserbehörde zu beachten.

Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Systeme

Wartung:

Der Wartungs- und Überwachungsaufwand ist bei Erdwärmesonde i.d.R. geringer als bei einer Brunnenanlage. Für beide Anlagen muss bei dieser Größenordnung ein jährlicher Monitoringbericht erstellt werden, der Informationen bzgl. Energieverbrauch, Wasserverbrauch (Brunnenanlage) und Temperaturentwicklung in der Anlage und im Grundwasser beinhaltet.

Bei den Brunnen sollte zusätzlich eine Kontrolle der Brunnenentwicklung mittels Datenlogger (Aufstau und Absenkung in den Produktionsbrunnen) und Kamerabefahrung stattfinden. Die Kamerabefahrungen sollten nach dem ersten Betriebsjahr und dann im 3. Jahr erfolgen. Das

Intervall kann danach angepasst werden. Die Auswertung der Brunnenentwicklung erfolgt jährlich im Rahmen des Monitoringsbericht. Bei ungünstigen Bedingungen können bei Brunnen zusätzliche Kosten für eine Regenerierung anfallen.

Energie:

Hinsichtlich des Energiebedarfs ist eine Brunnenanlage in der Regel effektiver, da die Quellentemperatur sowohl für den Heiz- als auch den Kühlfall relativ konstant bleibt. Dadurch lassen sich höhere COP-(Coefficient of Performance = Effizienz der Wärmepumpe im Heizfall) und ERR-Werte (Energieeffizienzverhältnis einer Wärmepumpe im Kühlbetrieb) erreichen, was zu einem geringeren Energieeinsatz führt. Eine Brunnenanlage hat zudem den Vorteil, dass sie als offenes System ein gegenüber der Planung geändertes Nutzungsverhalten im Betrieb leichter ausgleichen kann, da zum einen die Förderrate (Leistung) und zum anderen die Fördermenge (Energie) angepasst werden können. Eine monovalente Nutzung ist beim Brunnenbetrieb eher zu realisieren als bei den Erdwärmesonden.

Platzbedarf Leitungen und Sonden:

Der Flächenbedarf für ein Sondenfeld ist insgesamt größer als bei einer Brunnenanlage. Bei einer Brunnenanlage ist für jeden Brunnen ein Abschlussbauwerk mit ca. 2,3 m Außenradius und ca. 2,8 m Tiefe vorzusehen. Die Anbindung der Förder- und Schluckbrunnen erfolgt mittels einer Druckleitung DN/OD 150, welche vom Förderbrunnen zum Wärmtauscher und vom Wärmetauscher zu den Schluckbrunnen geführt werden muss.

Bei Erdwärmesonden sind mehr Bohrpunkte notwendig und jede einzelne Sonde muss mittels Anbindeleitung an den Verteiler angeschlossen werden. Die Anbindeleitungen werden i.d.R. in ca. 1,0 bis 1,5 m tiefe Gräben verlegt.

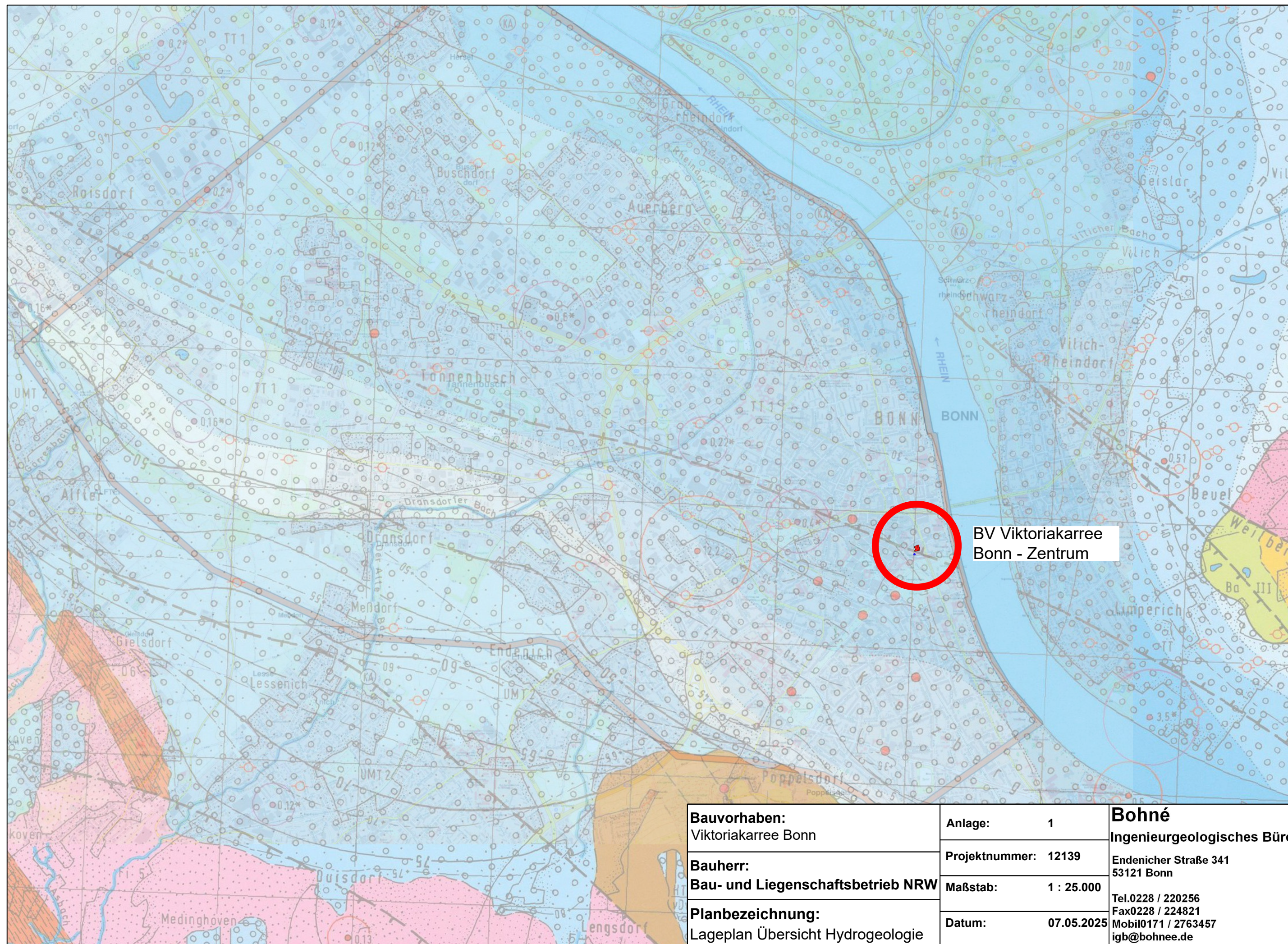
Hinsichtlich der günstigen hydrogeologischen Bedingungen, der größeren Flexibilität sowie des geringeren Platzbedarfs (Bauen im Bestand!) empfehlen wir zum jetzigen Zeitpunkt die Nutzung einer Brunnenanlage. Eine Bewertung, welches das optimale System ist, sollte aber erst nach Prüfung der Planungsunterlagen erfolgen.

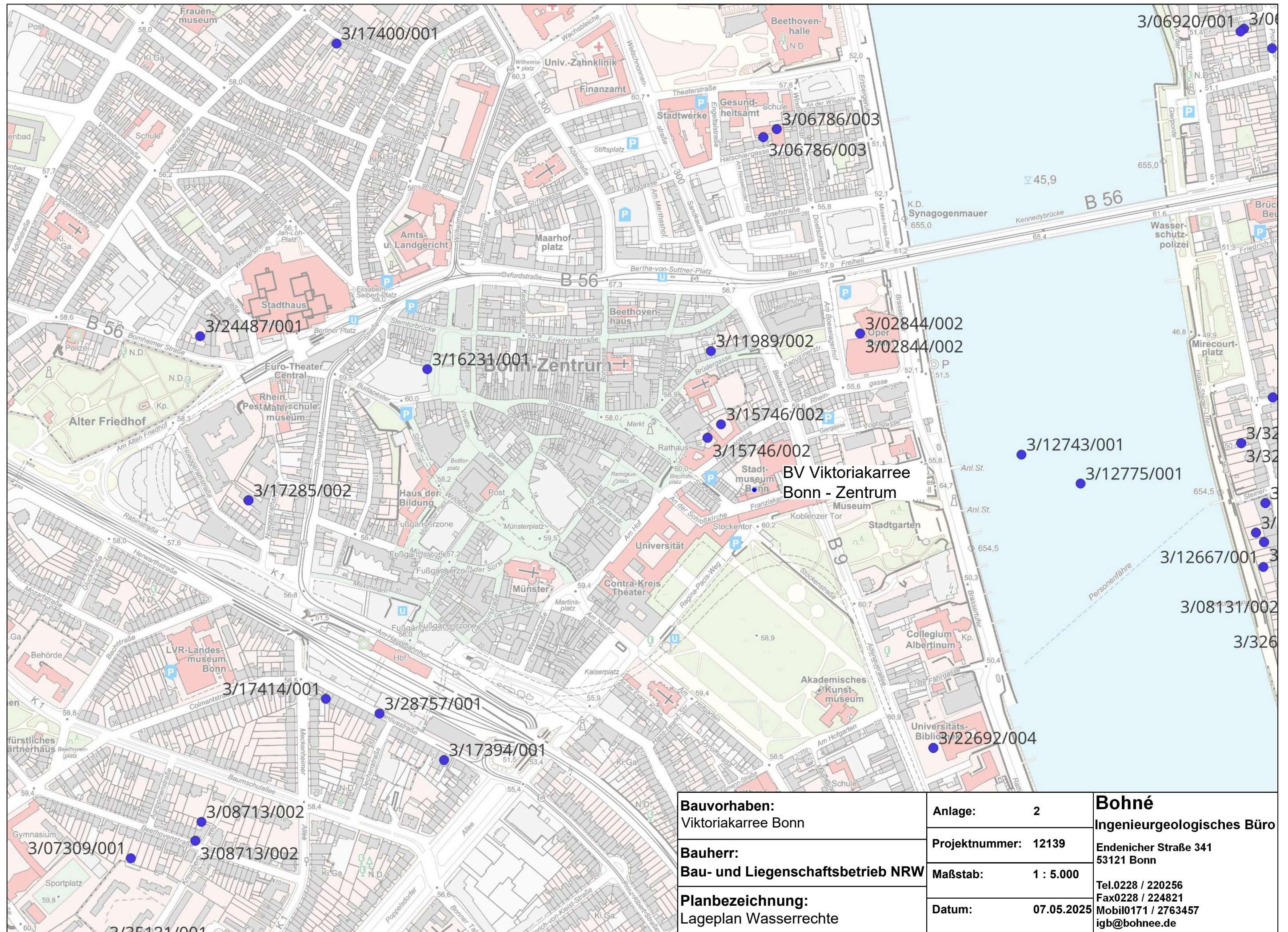
Bei Rückfragen wird um Nachricht gebeten.



Marc Below

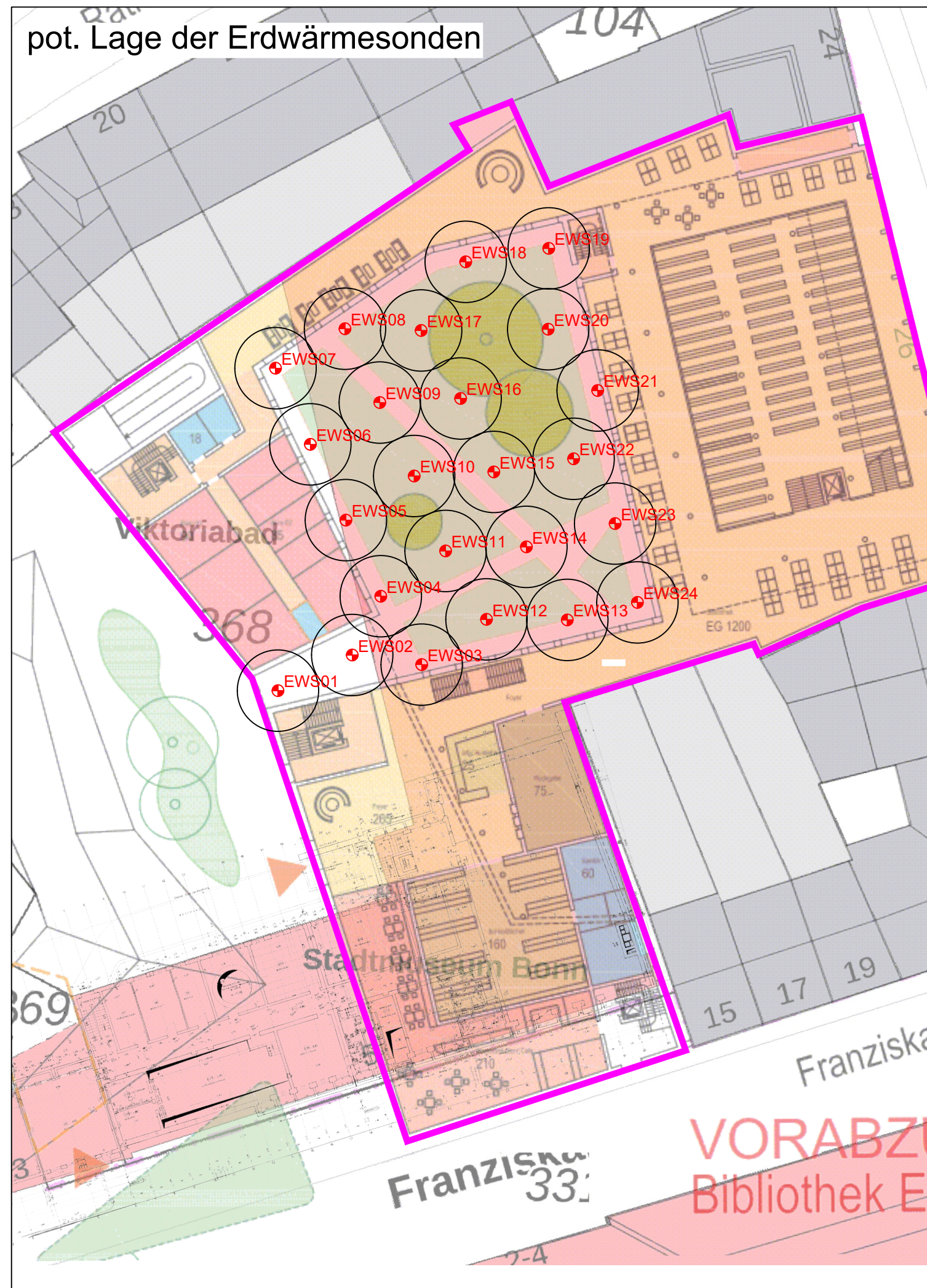
Leiter Geothermie und Geoinformatik



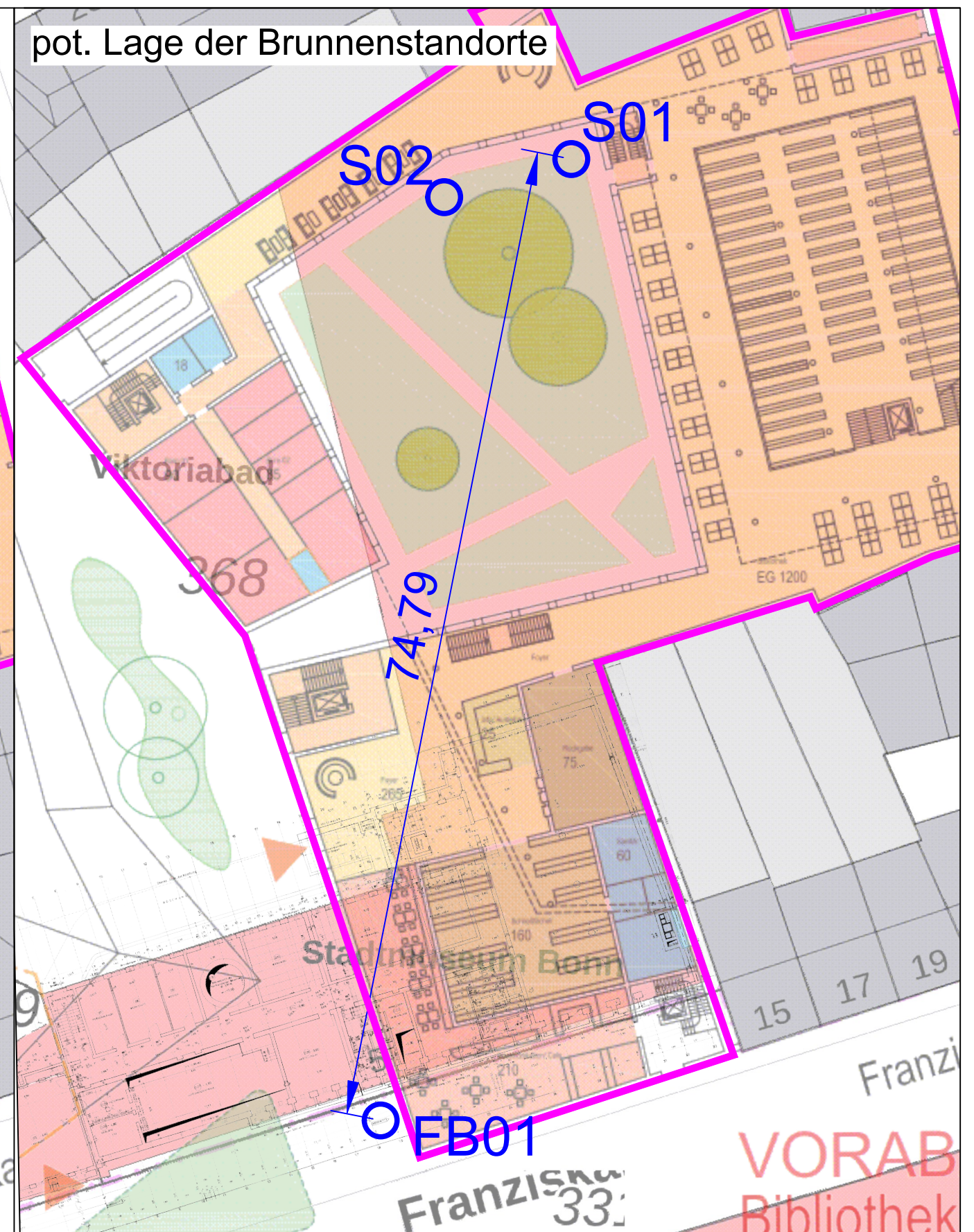


Bauvorhaben: Viktoriakarree Bonn	Anlage:	2	Bohné Ingenieurgeologisches Büro Endenicher Straße 341 53121 Bonn Tel.0228 / 220256 Fax0228 / 224821 Mobil0171 / 2763457 igb@bohnee.de
	Projektnummer:	12139	
	Maßstab:	1 : 5.000	
	Datum:	07.05.2025	
Bauherr: Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW			
Planbezeichnung: Lageplan Wasserrechte			

pot. Lage der Erdwärmesonden



pot. Lage der Brunnenstandorte



Bauvorhaben: Viktoriaarree Bonn	Anlage: 3	Bohné Ingenieurgeologisches Büro
Bauherr: Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW	Projektnummer: 12139	Endenicher Straße 341 53121 Bonn
Planbezeichnung: Lageplan Geothermie	Maßstab: 1 : 400	Tel.0228 / 220256 Fax0228 / 224821 Mobil0171 / 2763457 igb@bohnee.de
	Datum: 07.05.2025	

Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) - Vorgebirgsstrasse 20 - 50389 Wesseling

Ingenieurgeologisches Büro Bohné
Endenicher Str. 341
53121 Bonn
Deutschland

Prüfbericht

Prüfberichtsnummer	AR-777-2024-077807-01
Ihre Auftragsreferenz	12139 Bonn Viktoriakarree
Bestellbeschreibung	-
Auftragsnummer	777-2024-077807
Anzahl Proben	1
Probenart	Grundwasser
Probeneingang	01.10.2024
Prüfzeitraum	01.10.2024 - 11.10.2024

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse gelten dann für die Probe wie erhalten. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Maliheh Meißner
Prüfleitung
+49 175 8930543

Digital signiert, 11.10.2024

Maliheh Meißner

			Probenreferenz		GWM73513 611_P01
Parametername	Akk.	Methode	BG	Einheit	777-2024- 00235130

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,6
Temperatur pH-Wert	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976- 12		°C	22,9

Anorganische Summenparameter

Basekapazität pH 8,2	L8	DIN 38409-7 (H7-4): 2005-12	0,1	mmol/l	1,6
Temperatur Basekapazität pH 8,2	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976- 12		°C	22,9
Säurekapazität pH 4,3 (m- Wert)	L8	DIN 38409-7 (H7-2): 2005-12	0,1	mmol/l	3,7
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976- 12		°C	22,9
Säurekapazität pH 8,2 (p- Wert)	L8	DIN 38409-7 (H7-1): 2005-12	0,1	mmol/l	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 8,2	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976- 12		°C	22,9
freie Kohlensäure (gel. CO ₂), ber.		DEV D 8: 1971	5	mg/l	69

Anionen

Hydrogencarbonat (HCO ₃)		DEV D 8: 1971	6	mg/l	230
Chlorid (Cl)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1	mg/l	110
Nitrat (NO ₃)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1	mg/l	15
Nitrit (NO ₂)	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,01	mg/l	< 0,01
Sulfat (SO ₄)	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1	mg/l	74
Phosphat, gesamt	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,05	mg/l	< 0,05

Kationen

Ammonium	L8	DIN ISO 15923-1 (D49): 2014-07	0,06	mg/l	< 0,06
----------	----	-----------------------------------	------	------	--------

Elemente aus der Originalprobe

Calcium (Ca)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	64,0
Eisen (Fe)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	0,237
Eisen (Fe ²⁺) ¹⁾	F5	DIN 38406-E1: 1983-05	0,01	mg/l	< 0,01
Kalium (K)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	6,06
Magnesium (Mg)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,02	mg/l	13,6
Mangan (Mn)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,006
Natrium (Na)	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,05	mg/l	87,2

Anorganische Substanzen

Sauerstoff (O ₂) ¹⁾		DIN EN ISO 5814: 2013- 02	0,1	mg/l	9,2 ²⁾
--	--	------------------------------	-----	------	-------------------

			Probenreferenz		GWM73513 611_P01
Parametername	Akk.	Methode	BG	Einheit	777-2024- 00235130

Organische Summenparameter

TOC	L8	DIN EN 1484: 1997-08	1	mg/l	< 1,0
AOX	L8	DIN EN ISO 9562 (H 14): 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Phenolindex, wasserdampflich	L8	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	0,008	mg/l	< 0,008

LHKW

Vinylchlorid	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dichlormethan	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	0,5	µg/l	4,7
Summe Trichlorethen, Tetrachlorethen		berechnet		µg/l	4,7
1,1-Dichlorethen	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	L8	DIN EN ISO 10301 (F4): 1997-08	1	µg/l	< 1,0
Summe LHKW (10 Parameter)		berechnet		µg/l	4,7
Summe LHKW (10) + Vinylchlorid		berechnet		µg/l	4,7

Weitere Erläuterungen

Nr.	Probennummer	Probenart	Probenreferenz	Probenbeschreibung	Eingangsdatum
1	777-2024-00235130	Grundwasser	GWM73513611_P01		01.10.2024

Akkreditierung

1) Die Analyse erfolgte in Fremdvergabe bei Eurofins Umwelt Ost GmbH, Eurofins Umwelt Ost GmbH (Freiberg), Deutschland

Akk.-Code	Erläuterung
F5	DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00 (Scope on https://www.dakks.de/as/ast/d/D-PL-14081-01-00.pdf)
L8	DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 (Scope on https://www.dakks.de/as/ast/d/D-PL-14078-01-00.pdf)

Laborkürzelerklärung

BG - Bestimmungsgrenze

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Alle nicht besonders gekennzeichneten Analysenparameter wurden in der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) durchgeführt. Die mit L8 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 (DAkkS, D-PL-14078-01-00) akkreditiert.

Angaben zur durchgeführte(n) Probenahme(n), sofern von Eurofins durchgeführt, siehe Probenahmeprotokoll(e).

Kommentare und Bewertungen

zu Ergebnissen:

2) Die Analyse erfolgte nach Probentransport ins Labor. Das Ergebnis kann aufgrund einer erhöhten Messunsicherheit von dem gegebenenfalls bei der Probenahme ermittelten Wert abweichen.