



Anlage 12

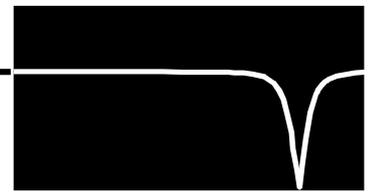
Grundwassersimulation / Hydrogeologisches Gutachten

Anlage zum Rahmenbetriebsplan Geothermievorhaben Michaelibad

Stand: 18.10.2023

Stadtwerke
München





Prof.-Messerschmitt-Str. 1
D – 85579 Neubiber

Tel. 089 – 2488638-01
Fax 089 – 2488638-18
E-mail: mail@hydronet.de
Web: www.hydronet.de

Hydraulisches Grundwassermodell

SWM Services GmbH

MGM – Geothermie Michaelibad

Phase 1 – Numerische Aufstauberechnung

Bauvorhaben: Geothermieanlage Michaelibad
Numerische Grundwassersimulation

Bauherr: SWM Services GmbH
Emmy-Noether-Straße 2
80992 München

Verfasser: Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
Prof. Messerschmitt-Str. 1
85579 Neubiberg

April 2023
Proj.-Nr. 22/3027 cs/mb

Inhalt

1	Allgemeine Erläuterung	3
2	Aufbau des numerischen Grundwassermodells	4
3	Berechnete Modellfälle	12
4	Hydraulische Ergebnisse	13
4.1	Hydraulische Ergebnisse Modellfall 1 – Mittelwasser	13
4.2	Hydraulische Ergebnisse Modellfall 2 – Hochwasser	17
4.3	Bewertung Einfluss auf umliegende Bebauung	22
5	Fazit	22

Anlagen:

- Anlage 1 Modellgebiet und Finite-Elemente-Netz
- Anlage 2a GW-Gleichenplan Mittelwasser – Kalibrierung
- Anlage 2b GW-Gleichenplan Hochwasser – Kalibrierung
- Anlage 3a Mittelwasser – Bohrkellerbauwerk GW-Gleichen
- Anlage 3b Mittelwasser – Wärmestation GW-Gleichen
- Anlage 3c Hochwasser – Bohrkellerbauwerk GW-Gleichen
- Anlage 3d Hochwasser – Wärmestation GW-Gleichen
- Anlage 4a Differenzenplan Mittelwasser Aufstau an Neubauten
- Anlage 4b Differenzenplan Hochwasser Aufstau an Neubauten

1 Allgemeine Erläuterung

Die SWM Services GmbH planen die Fernwärmeversorgung der Stadt München bis zum Jahr 2040 zu 100 % mit erneuerbaren Energien zu versorgen. Die zukünftige Grundlast der Fernwärmeversorgung soll durch mehrere Tiefengeothermieanlagen bereitgestellt werden. Einige dieser Anlagen sind bereits errichtet worden (z.B. Freiham, Riem, Sauerlach, HKW Süd). Weitere Geothermieanlagen zur Wärmeerzeugung befinden sich aktuell in der Planung. Insbesondere zur Versorgung des Münchener Nord-Ostens soll eine weitere Anlage geplant und Ende 2029 im Michaelibad in Betrieb genommen werden.

Mit der Errichtung des Geothermieanlage zur Wärmeerzeugung am Michaelibad werden die Wärmestation im Nordwesten und ein Bohrkellerbauwerk im Südwesten an den Bohrungen errichtet. Beide Bauwerke weisen eine erhebliche Ausdehnung in den Untergrund und Grundwasserkörper auf und sind durch unterirdische Sparten / Rohrleitungen miteinander verbunden.

Die Gesamtmaßnahme gliedert sich dabei in der Abteufung von insgesamt 8 Tiefengeothermiebohrungen, aus der Errichtung des Bohrkellerbauwerks und einem zentralen Technikgebäude (Wärmestation), der Errichtung einer Fernwärmeeinbindetrasse in das Fernwärmenetz Berg am Laim.

Der Standort der geplanten Geothermieanlage befindet sich im westlichen Teil der Freibadliegewise des Michaelibads.

Von Nordwesten nach Südosten verläuft unter dem Freibadgelände die U-Bahnlinie der U5 mit der U-Bahnstation Michaelibad direkt im Norden zum geplanten Standort der Wärmestation. Weiter grenzen nördlich der Heinrich-Wieland-Straße und im Westen entlang der Hofangerstraße, im geringen Abstand von teilweise nur 80 m, Wohnbebauungen an. Die Bestandsgebäude entlang der Heinrich-Wieland-Straße im nördlichen Teil des Freibadgeländes haben keine größere Ausdehnung im Untergrund.

Wegen der tiefen Einbindung der geplanten Bauwerke in den quartären Untergrund, Umspundung und der Einbindung in bzw. Absperrung des quartären Grundwassers soll geprüft werden, inwieweit die Neubauten eine Veränderung im Grundwasserregime (Wasserspiegel, Fließrichtung) bewirken.

Um hierzu eine Aussage treffen zu können wurde ein hydraulisch-thermodynamisches Grundwassermodell für Mittel- und Hochwasserverhältnisse aufgebaut und berechnet. Anhand von vergleichenden Plandarstellungen werden in vorliegendem Modellgutachten die zu erwartenden Auswirkungen beschrieben.

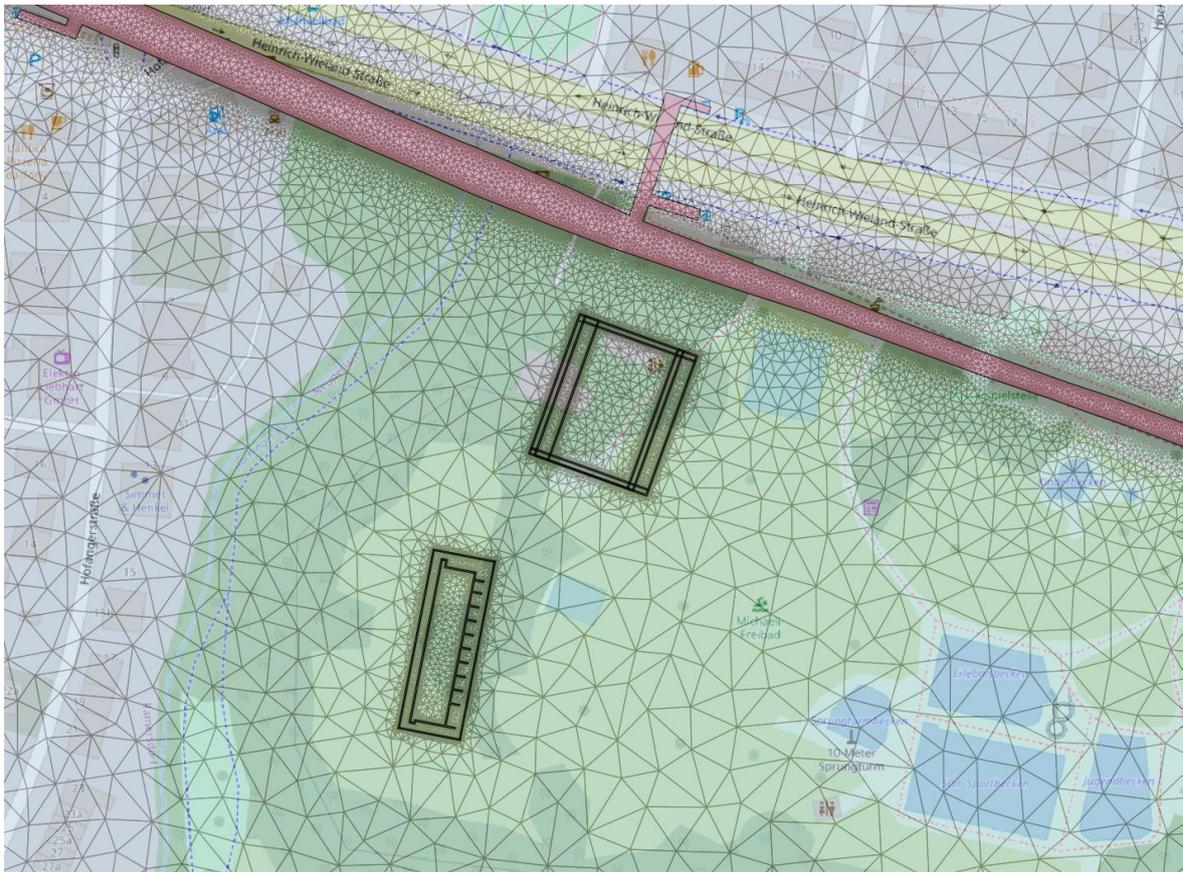


Abb. 1: Detail Finite-Elemente-Netz; Lageplan Neubauten (Vorsorge Ausdehnungsvarianten Wärmestation)

2 Aufbau des numerischen Grundwassermodells

Für die Modellierung der hydraulischen Vorgänge im Bereich der Geothermieanlage Michaelibad, kam das Programm „FEFLOW“ der DHI-WASY GmbH zum Einsatz. Das Programm zeichnet sich durch eine internationale Akzeptanz der Algorithmen, sowohl im Bereich der hydraulischen, als auch der Schadstoff- und Wärmeausbreitung aus. Die Zielsetzung des hier vorliegenden Modells besteht in einer detaillierten Auswertung der hydraulischen Vorgänge an und in der Umgebung der Bauwerke der Geothermieanlage Michaelibad. Das kalibrierte Modell soll die Auswirkungen unter Mittel- und Hochwasserverhältnissen durch die Einbindung der Gebäude in das quartäre Grundwasserstockwerk hinsichtlich Grundwasserhydraulik aufzeigen.

Zur Modellierung wurde ein elfschichtiges 3D-Modell erstellt und berechnet. Für den Modellkörper wurde die Standardform der FE-Methode mit 6-eckigen Prismas und dreieckiger Grundfläche verwendet. Die berechnete Modellfläche besteht aus einem Netz mit 1.557.720 Knoten und 2.851.266 Elementen, wobei die Umgebung um Bauwerke und bestehende Dükeranlagen entsprechend der Anforderungen verdichtet wurde.

Die Grundfläche eines Grundwassermodells hat sich an der Eindeutigkeit der zu setzenden Grenzen zu orientieren. Hierbei war im vorliegenden Fall darauf zu achten, dass an den Grenzen des Modellgebietes keine Einflüsse durch die Einbindung der Geothermieanlagegebäude zu befürchten waren. Für alle vorliegenden Auswertungen

wurde jeweils das gleiche Modellgebiet verwendet. Es weist eine Grundfläche von ca. 1,64 km² bei einem Volumen von ca. 39.114.400 m³ auf und ist im Süden, sowie im Norden durch eine Grundwassergleiche begrenzt.



Abb. 2: Modellgebiet Geothermie Michaelibad

Es wurden folgende Randbedingungen an den Modellgrenzen gesetzt (Abb. 2):

Grenze	Art	Art (Fachbegriff)	Wert MW	Wert HW
Süd	Festpotential	erste Ordnung	527 m ü. NN	531,1 m ü. NN
Nord	Festpotential	erste Ordnung	522 m ü. NN	524 m ü. NN
Ost	frei	keine Randbedingung	-	-
West	frei	keine Randbedingung	-	-

Die obere der modellierten dreidimensionalen Schichten wird durch das digitale Geländemodell (DGM50) der Bayerischen Vermessungsverwaltung begrenzt.

Der Modellkörper ist nach unten hin durch eine ca. 7 bis 12 m mächtige tertiäre Gesteinsschicht begrenzt. Ihre Oberkante wurde in Bereichen mit vorhandenen Daten (Brunnen-, Messstellenbohrungen, GePo-Studie TUM) so exakt wie möglich modelliert. In Bereichen ohne Informationen wurde inter- bzw. extrapoliert. Sie bildet die untere Grenze für das quartäre Grundwasservorkommen im Untersuchungsgebiet. Die Modelltertiäroberkante liegt etwa zwischen 512,2 und 518,2 m ü. NN. Zur Einbindung der geplanten Gebäude (Bohrkeller und Wärmestation) sowie der bestehenden U-Bahn-Bauwerke wurden im Modell 9 Hilfsschichten eingefügt.

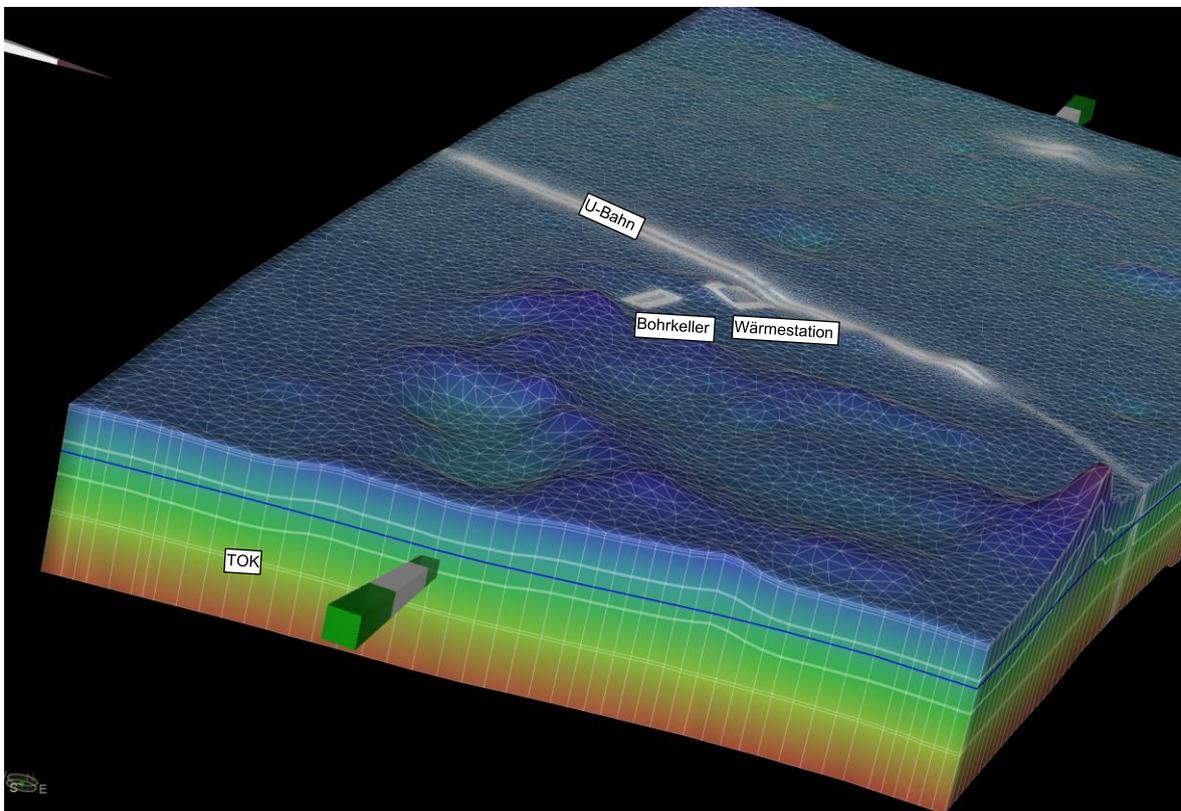


Abb. 3: Schichtaufbau des dreidimensionalen Modellkörpers (blaue Linie = Wasserspiegel)

Als Ausgangssituation zur Berechnung der hydraulischen Vorgänge wurde der Grundwassergleichenplan der GePo-Stichtagsmessung im Grundwasserleiter der Münchner Schotterebene vom April 2014 (etwa mittlere Grundwasserspiegel) herangezogen und das Modell dahingehend kalibriert.

Das kalibrierte Modell wurde anschließend mit den vermutlich höchsten Hochwasserspiegeln (HW40) verifiziert, um die Aussagefähigkeit hinsichtlich Wasserspiegeländerungen zu prüfen.

Der dreidimensionale Modellkörper weist folgende hydraulischen Eigenschaften auf:

Bedingung	Wert	Begründung
kf-Werte Quartär	<p>ca. $8 \cdot 10^{-3}$ m/s</p>	Rückwärtsanpassung an den bestehenden Grundwassergleichenplan
kf-Werte Tertiär tert. Sand tert. Schluff, feinsandig	<p>$5 \cdot 10^{-5}$ m/s $1 \cdot 10^{-7}$ m/s</p>	Modellfestlegung
eff. Porenvolumen	0,15 - 0,25	aus kf-Wert nach Marotz

Die Festlegung des regionalen Durchlässigkeitsbeiwertes stellt einen typischen Schwachpunkt bei hydrogeologischen Modellierungen dar, da letzterer nur relativ ungenau erfasst werden kann. Üblicherweise wird daher versucht den jeweiligen standortspezifischen kf-Wert aus einer Rückwärtsanpassung mittels des Modells einzugrenzen. Diese Methode wurde für das Modellgebiet der Geothermie Michaelibad angewandt. Durch variieren der Durchlässigkeitsbeiwerte konnte der Modellwasserspiegel mit guter Genauigkeit an den Grundwassergleichenplan der GePo-Stichtagsmessung vom April 2014 (TUM) angepasst werden.

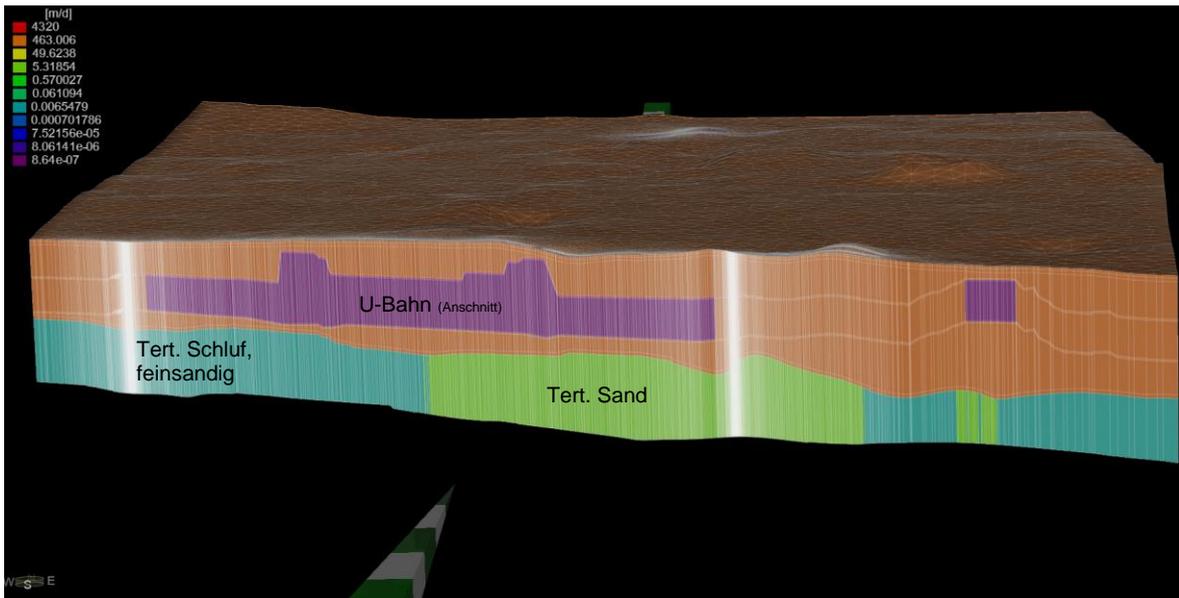


Abb. 4: Beispielhafte Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte im Modell (Schnitt durch U-Bahn-Bauwerk)

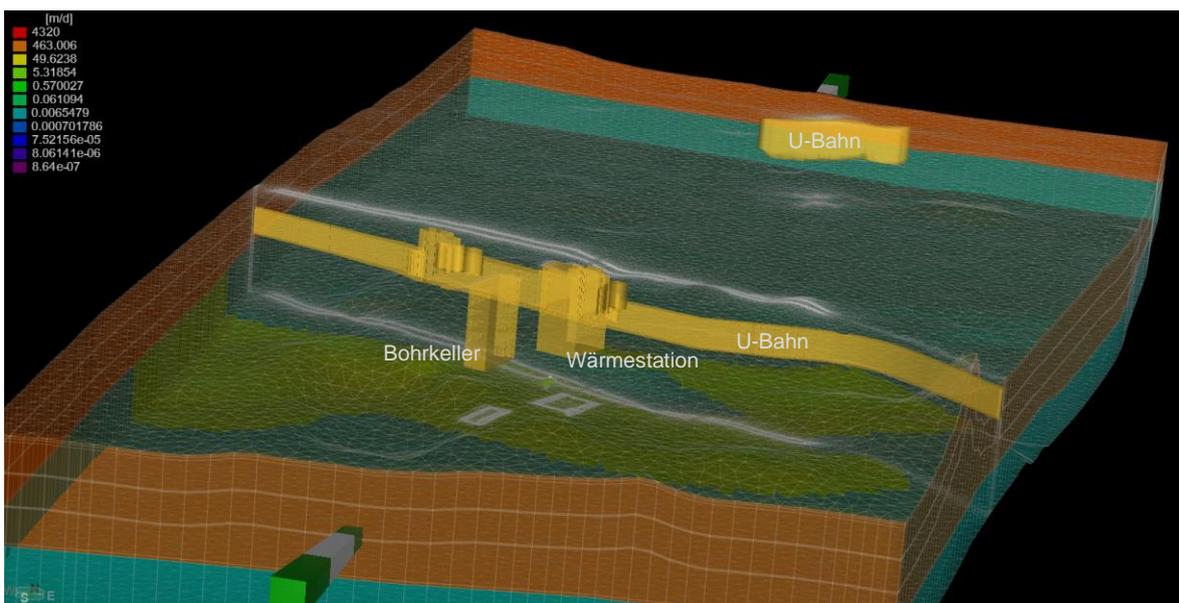


Abb. 5: Implementierung der Bauwerke (Wärmestation, Bohrkeller und U-Bahn) in den dreidimensionalen Modellkörper

Die Durchlässigkeitsbeiwerte in der großräumigen Modellfläche wurden kalibriert. Die Bauwerke wurden über ihre vertikale Erstreckung im Modell abgedichtet und waren nicht Bestandteil der Kalibrierung. Ebenso wurden die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) für die im Umfeld der Geothermie Michaelibad auskartierten tertiären Sande und tertiären feinsandigen Schluffe vorgegeben und nicht kalibriert.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der quartären Schotter liegen um $8 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Nach Durchführung der Kalibrierung wurde das Diagramm in Abb. 6 erstellt. Darin sind aus dem Grundwassermodell ausgelesene Werte gegen die Grundwasserspiegel vom April 2014 (GePo-Stichtagsmessung, TUM) aufgetragen um die Genauigkeit des Modellwasserspiegels zu ermitteln.

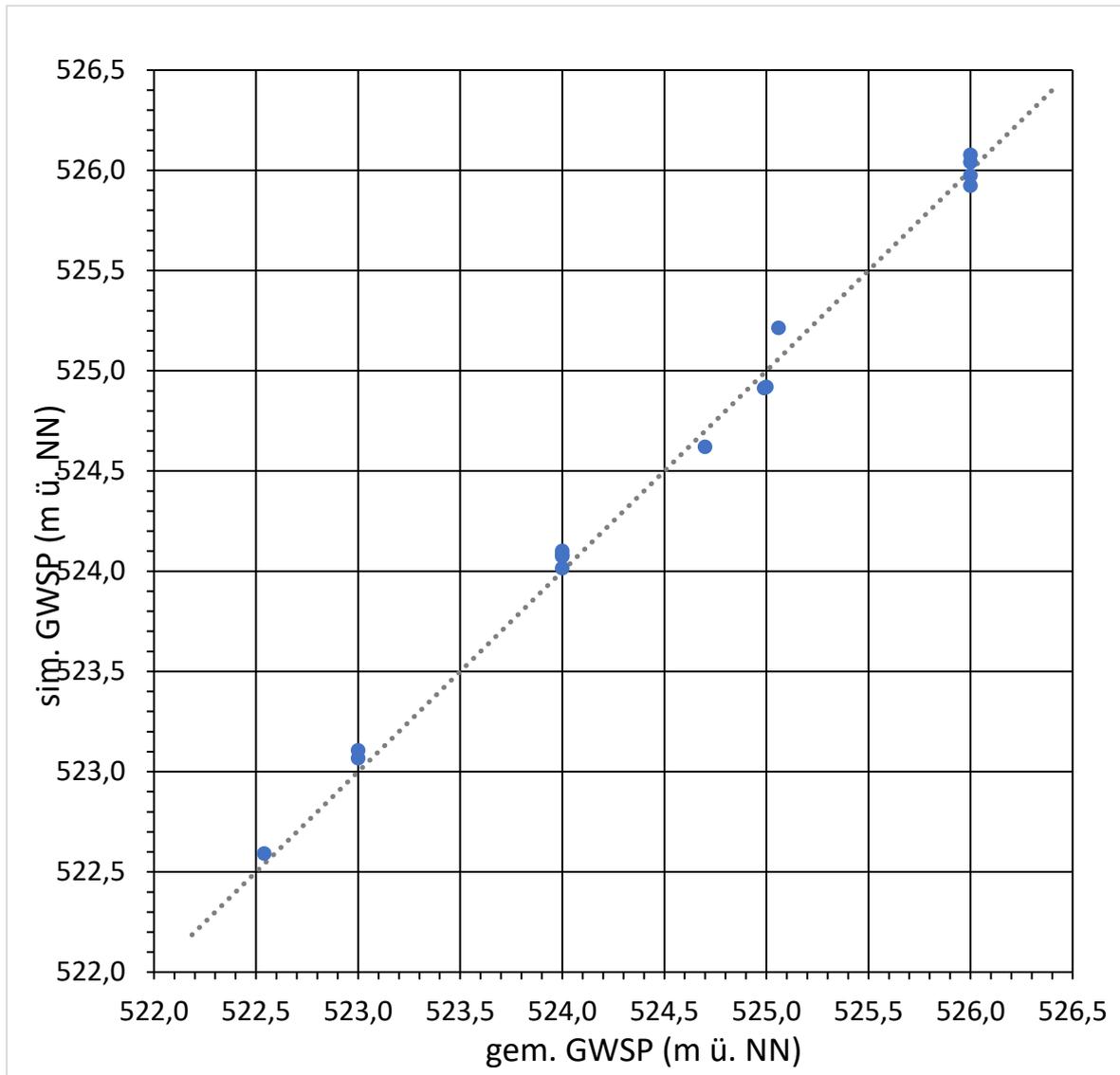


Abb. 6: Kalibrierdiagramm – gemessene Werte GePo-Studie TUM (Stichtagsmessung April 2014) aufgetragen gegen aus dem Modell ausgelesene Werte (stationär) mit U-Bahn und ohne die geplanten Bauwerke der Geothermie Michaelibad

Insgesamt sind nur geringe Abweichungen zwischen Modellwasserspiegeln und gemessenen Werten vorhanden. Bereiche in denen die GePo-Isohypsen in interpolationsmethodenbedingte, geschwungene Verläufe übergehen, z.B. auf einzelne Messstellen zu, weisen lokal geringfügig höhere Abweichungen bis zu max. ca. 15 cm auf. Diese Bereiche sind für die Differenzenbetrachtung zur Ermittlung der hydraulischen Auswirkungen durch die Neubauten der Geothermie Michaelibad von eher geringer Bedeutung.

Die Übereinstimmung des Modellwasserspiegels bei Mittelwasser, mit dem gemessenen, etwa mittleren Grundwasserspiegel vom April 2014 der GePo-Stichtagsmessung, ist insgesamt als gut bis sehr gut zu bewerten.

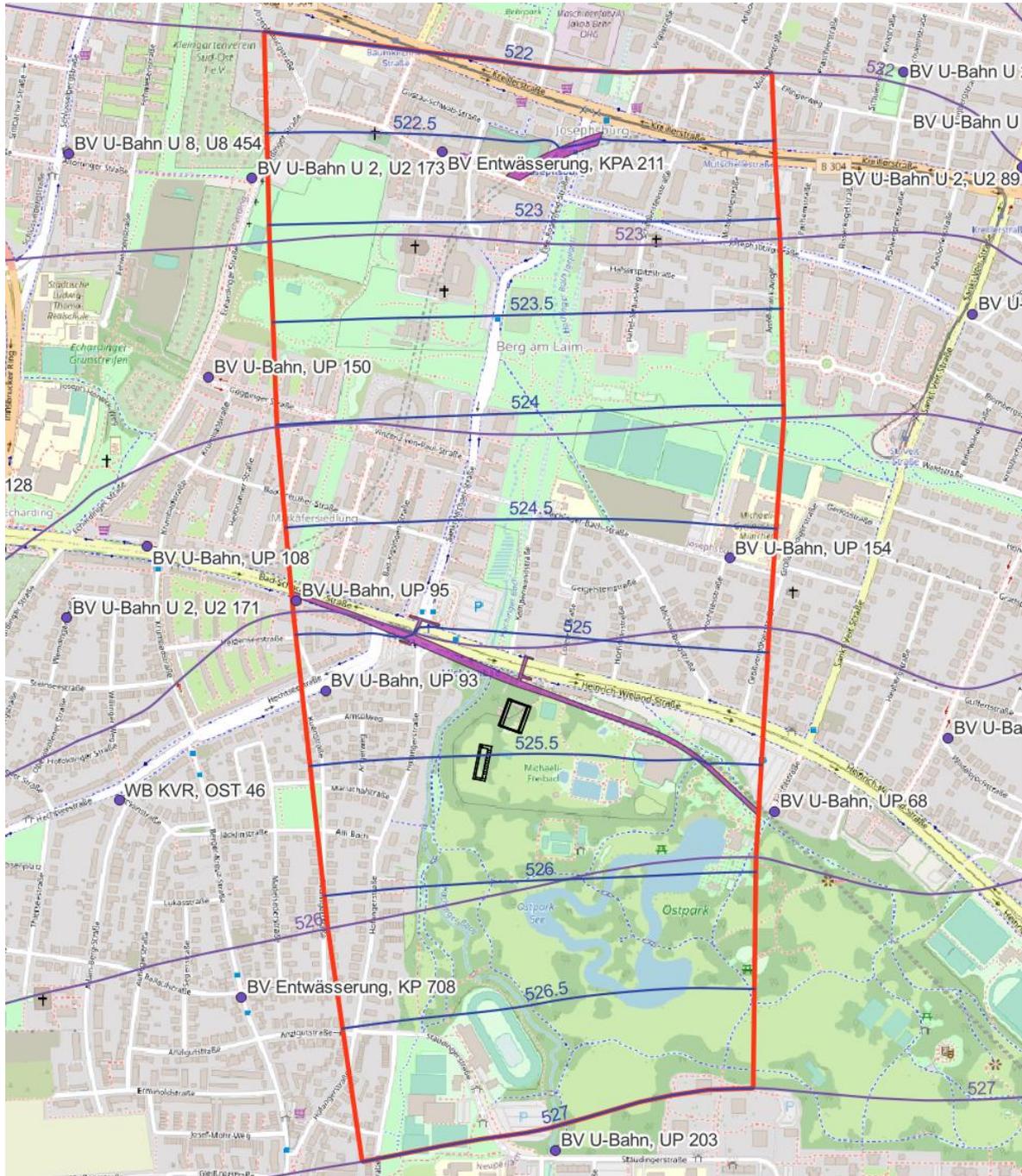


Abb. 7: Kalibrierter Modellwasserspiegel (blau) und gemessener Grundwasserspiegel (lila) Stichtagsmessung GePo-Studie (April 2014)

Verifizierung des Modells

Zur Verifizierung des kalibrierten hydraulischen Grundwassermodells wurde an der nördlichen und südlichen Modellgrenze der rekonstruierte vermutlich höchste Hochwasserspiegel (HW40) angesetzt und der Modellwasserspiegel beobachtet. Im

Betrachtungsraum südlich der Geothermie Michaelibad ergeben dabei nur geringe Abweichungen zwischen dem modellierten und dem rekonstruierten Hochwasserspiegel. Das im Modell eingebundene U-Bahn-Bauwerk führt ab diesem Bereich nun zu Änderungen in den lokalen Strömungsverhältnissen im quartären Grundwasserleiter. Hier können Abweichungen von bis zu ca. 0,5 m beobachtet werden.

Für die Aufstaubetrachtung an den Neubauten der Geothermie Michaelibad ist die Nordhälfte des Modellraums von untergeordneter Bedeutung.

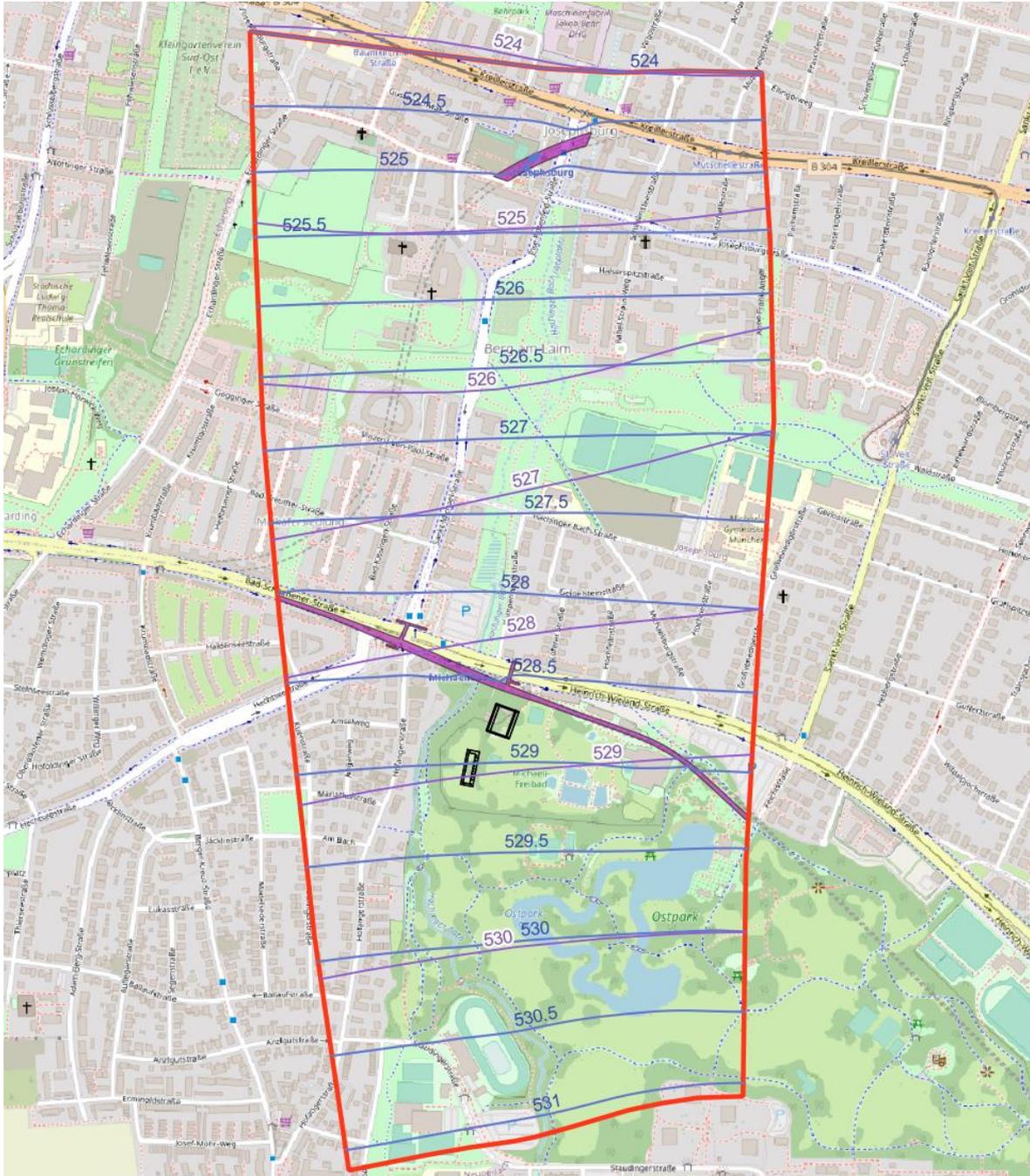


Abb. 8: Verifizierung des kalibrierten Modells (blau) mit höchsten Hochwasserspiegeln (HW40; lila)

3 Berechnete Modellfälle

Derzeit ist die endgültige Größe des Gebäudes Wärmestation nicht bekannt, jedoch deren minimale bzw. maximale Ausdehnung und Lage. Daher wurden die folgenden Modellfälle zu Mittel und Hochwasser jeweils für beide Grenzwerte berechnet und somit alle Möglichkeiten abgedeckt. Beide Fälle werden stationär, bis zu einem rechnerisch unendlichen Zeitpunkt, berechnet.

Gemäß Planungsstand März 2023 wurden die beiden Gebäude der Geothermie Michaelibad mit folgenden Tiefen in das Grundwassermodell eingebunden:

UK WU-Beton/Spundwand Bohrkeller: 516,45 m ü. NN

UK Wärmestation: Spundwand bis Modell-TOK Bereich Wärmestation ca. 516,5 m ü. NN

Modellfall 1 - Mittelwasser

- Modellwasserspiegel wie bei der GePo-Stichtagsmessung im April 2014 (etwa mittlere quartäre Grundwasserspiegel)
- Bisherige Situation ohne Gebäude Geothermie Michaelibad – Vergleichsfall
- Einbindung der Gebäude Geothermie Michaelibad (Bohrkeller / Wärmestation) und dabei Wärmestation mit minimaler Ausdehnung
- Einbindung der Gebäude Geothermie Michaelibad (Bohrkeller / Wärmestation) und dabei Wärmestation mit maximaler Ausdehnung

Ermittelt werden die hydraulischen Auswirkungen (Aufstau / Absenkung) an den umpundeten Neubauten bei Mittelwasser.

Modellfall 2 - Hochwasser

- Modellwasserspiegel wie rekonstruierte höchste Hochwasserspiegel 1940 (HW40)
- Bisherige Situation ohne Gebäude Geothermie Michaelibad - Vergleichsfall
- Einbindung der Gebäude Geothermie Michaelibad (Bohrkeller / Wärmestation) und dabei Wärmestation mit minimaler Ausdehnung
- Einbindung der Gebäude Geothermie Michaelibad (Bohrkeller / Wärmestation) und dabei Wärmestation mit maximaler Ausdehnung

Ermittelt werden die hydraulischen Auswirkungen (Aufstau / Absenkung) an den umpundeten Neubauten bei Hochwasser.

4 Hydraulische Ergebnisse

4.1 **Hydraulische Ergebnisse Modellfall 1 – Mittelwasser**

Bauwerk Wärmestation mit, gemäß Planung, minimal möglicher Ausdehnung

Insgesamt reagiert das berechnete hydraulische Modellsystem stabil. Der Modellwasserspiegel lässt sich stationär, ohne Aufschaukelungsvorgänge, berechnen.

Die natürliche Grundwasserfließrichtung verläuft von Süd nach Nord. Die Einbindung der geplanten Gebäude bzw. diese umschließende Spundwände führt erwartungsgemäß zu einem anstromseitigen Aufstau und einer abstromseitigen Absenkung hinter den Gebäuden.

Durch die hohe Durchlässigkeit des Untergrundes sowie das große Grundwasserdargebot sind die Absenkungs- bzw. Aufstaueträge generell gering. Der hydraulische Einfluss der beiden Gebäude lässt sich im Untersuchungsgebiet nur im gegenseitigen Zusammenhang betrachten. Beide Gebäude bilden zusammen einen gemeinsamen, hydraulisch nicht trennbaren Einflussbereich. Das bedeutet, dass die Absenkung im Abstrom des Bohrkellers zu einer Verringerung des Aufstaus an der Wärmestation und dieser im Gegenzug die Absenkung hinter dem Bohrkeller selbst verringert. Somit hat die Größe der Wärmestation indirekt einen Einfluss auf die hydraulischen Vorgänge am Bohrkeller. Aus diesem Grund wurden die Betrachtungen der Modellfälle für Mittel- und Hochwasser weiter unterteilt in minimale und maximale Ausdehnung der Wärmestation und damit die maximal mögliche Bandbreite der hydraulischen Veränderungen durch die Gebäude ermittelt.

Die Abb. 9 und Abb. 10 (Anlagen 3a und 3b) zeigen die unbeeinflusste Grundwassersituation, sowie die, wie sie sich durch die Einbindung der beiden Gebäude in das quartäre Grundwasser und minimaler Ausdehnung der Wärmestation im stationären Modellzustand einstellt. Deutlich erkennbar sind die Aufstaubereiche in Zustrom und die Absenkungsbereiche im Abstrom der Gebäude.

Um die hydraulischen Änderungen durch die Gebäude der Geothermie Michaelibad zu ermitteln und zu veranschaulichen wurde der Differenzenplan in Abb. 11 (Anlage 4a) erstellt. Bei Mittelwasserverhältnissen und minimaler Ausdehnung der Wärmestation ergeben sich daraus folgende Aufstau- und Absenketräge.

Tabelle 1: Max. Aufstau / Absenkung bei Mittelwasser und min. Ausdehnung Wärmestation

	Max. Aufstau	Max. Absenkung
Wärmestation	0,048 m	-0,051 m
Bohrkeller	0,039 m	-0,027 m

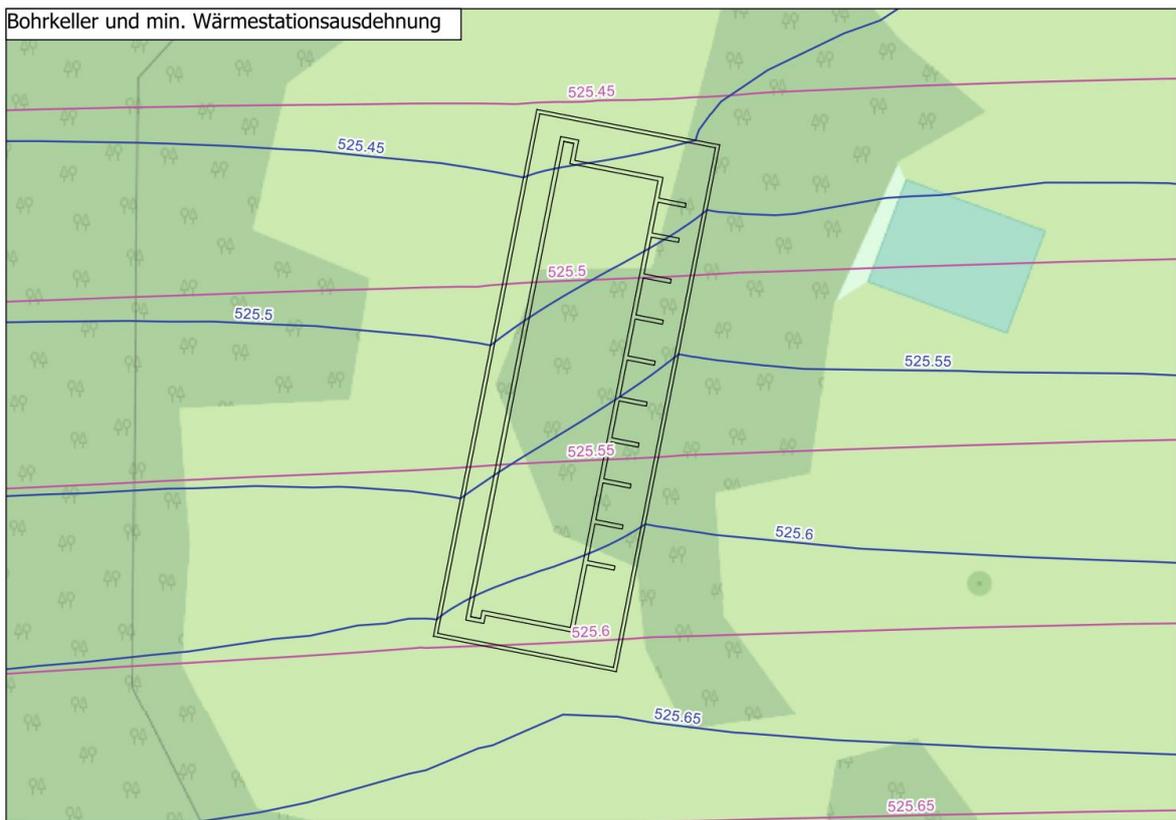


Abb. 9: Bohrkellerbauwerk – Grundwassergleichen Mittelwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude

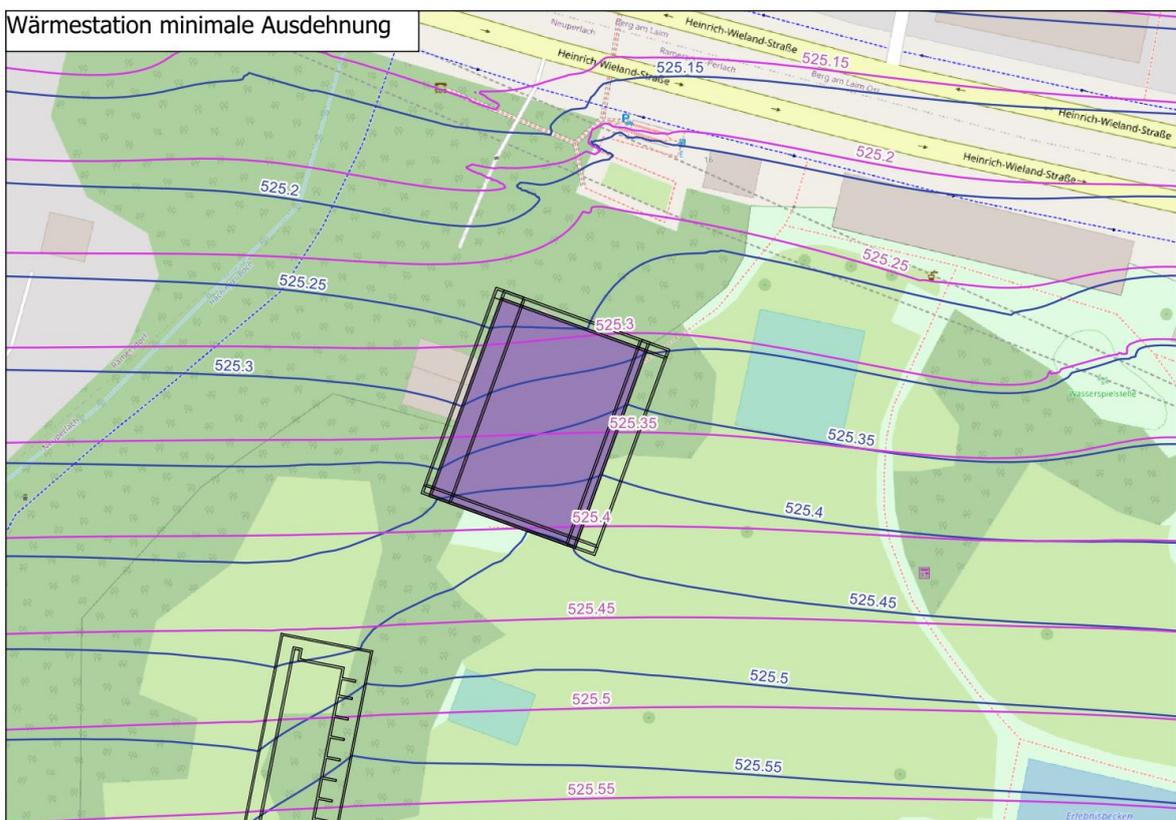


Abb. 10: Wärmestation - Grundwassergleichen Mittelwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; minimale Ausdehnung

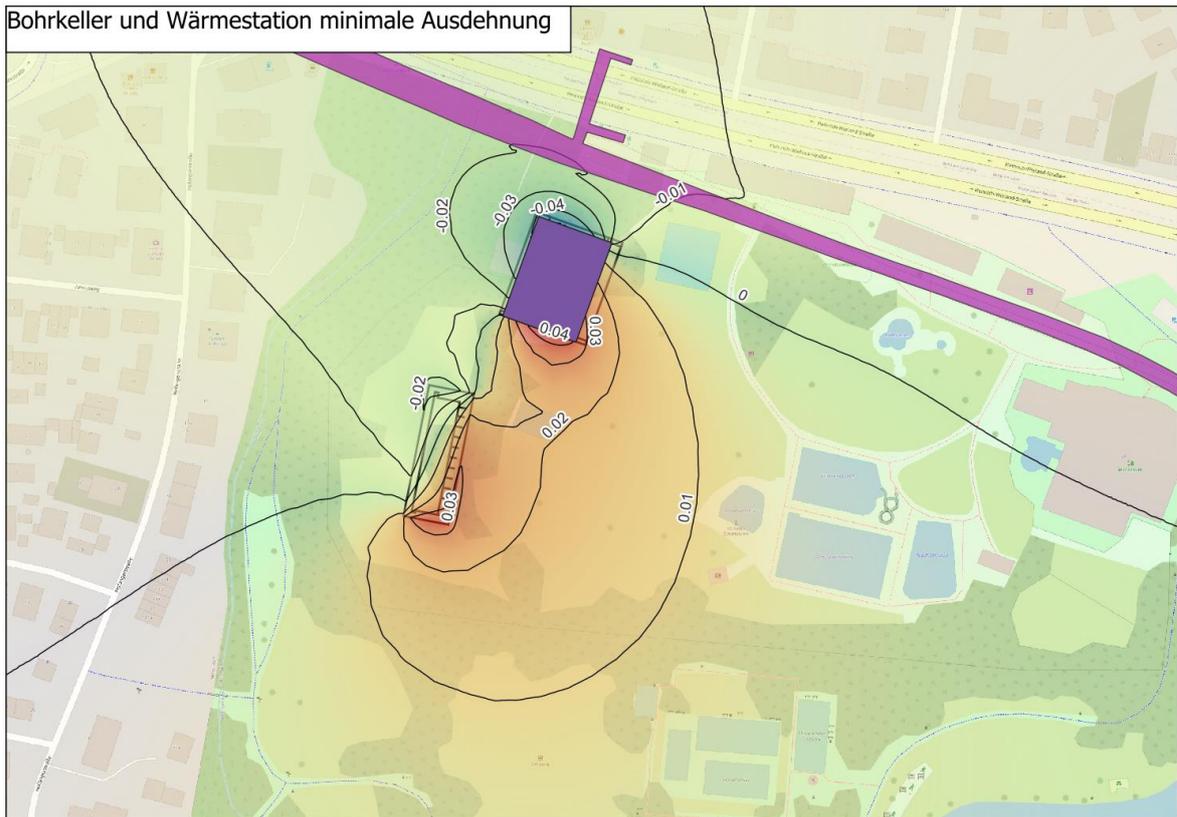


Abb. 11: Differenzplan Grundwasserspiegel – Hydraulische Auswirkung durch Gebäude Geothermie Michaelibad bei Mittelwasser; Wärmestation minimale Ausdehnung

Bauwerk Wärmestation mit, gemäß Planung, maximal möglicher Ausdehnung

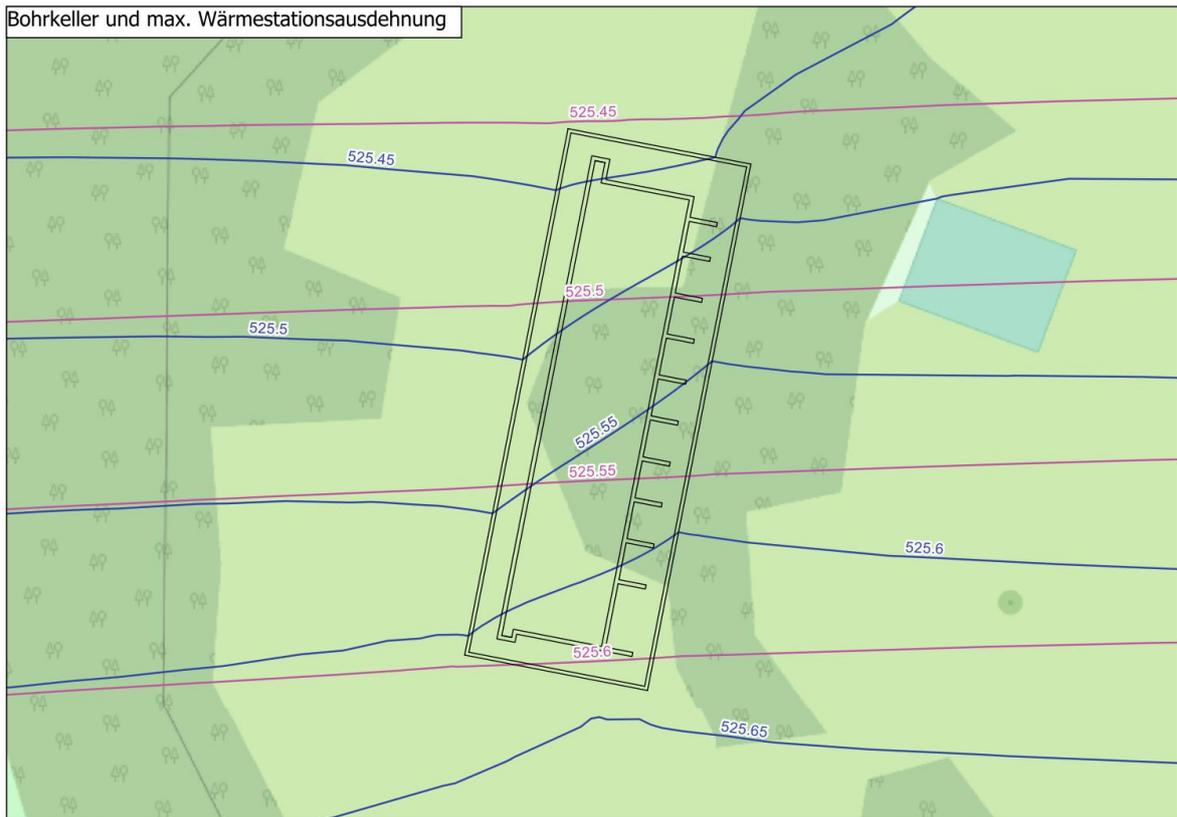


Abb. 12 und Abb. 13 (Anlagen 3a und 3b) zeigen die unbeeinflusste Grundwassersituation, sowie die, wie sie sich durch die Einbindung der beiden Gebäude in das quartäre Grundwasser und maximaler Ausdehnung der Wärmestation im stationären Modellzustand einstellt. Deutlich erkennbar sind wieder die Aufstaubereiche in Zustrom und die Absenkungsbereiche im Abstrom der Gebäude.

Um die hydraulischen Änderungen in diesem Fall durch die Gebäude der Geothermie Michaelibad zu ermitteln und zu veranschaulichen wurde der Differenzenplan in Abb. 14 (Anlage 4a) erstellt. Bei Mittelwasserverhältnissen und maximaler Ausdehnung der Wärmestation ergeben sich daraus folgende Aufstau- und Absenkbeiträge.

Tabelle 2: Max. Aufstau / Absenkung bei Mittelwasser und max. Ausdehnung Wärmestation

	Max. Aufstau	Max. Absenkung
Wärmestation	0,057 m	-0,055 m
Bohrkeller	0,042 m	-0,025 m

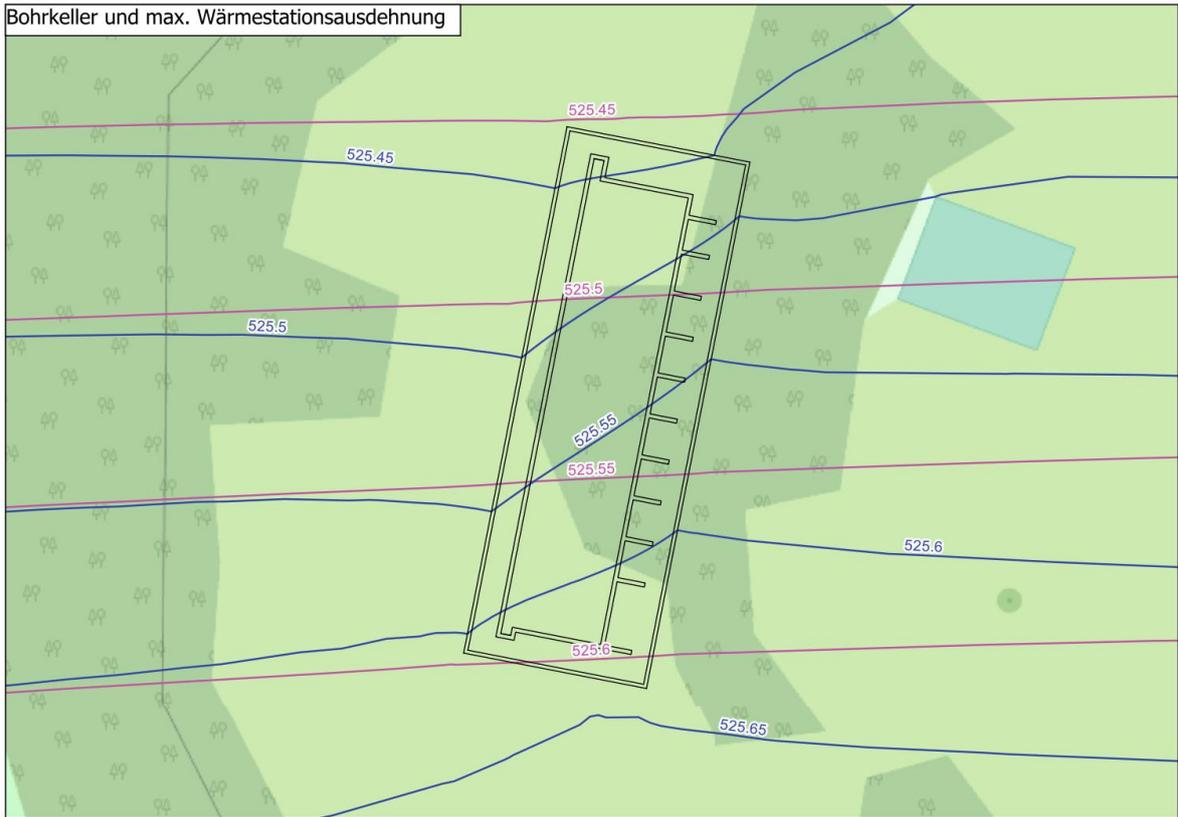


Abb. 12: Bohrkellerbauwerk – Grundwassergleichen Mittelwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; Wärmestation maximale Ausdehnung

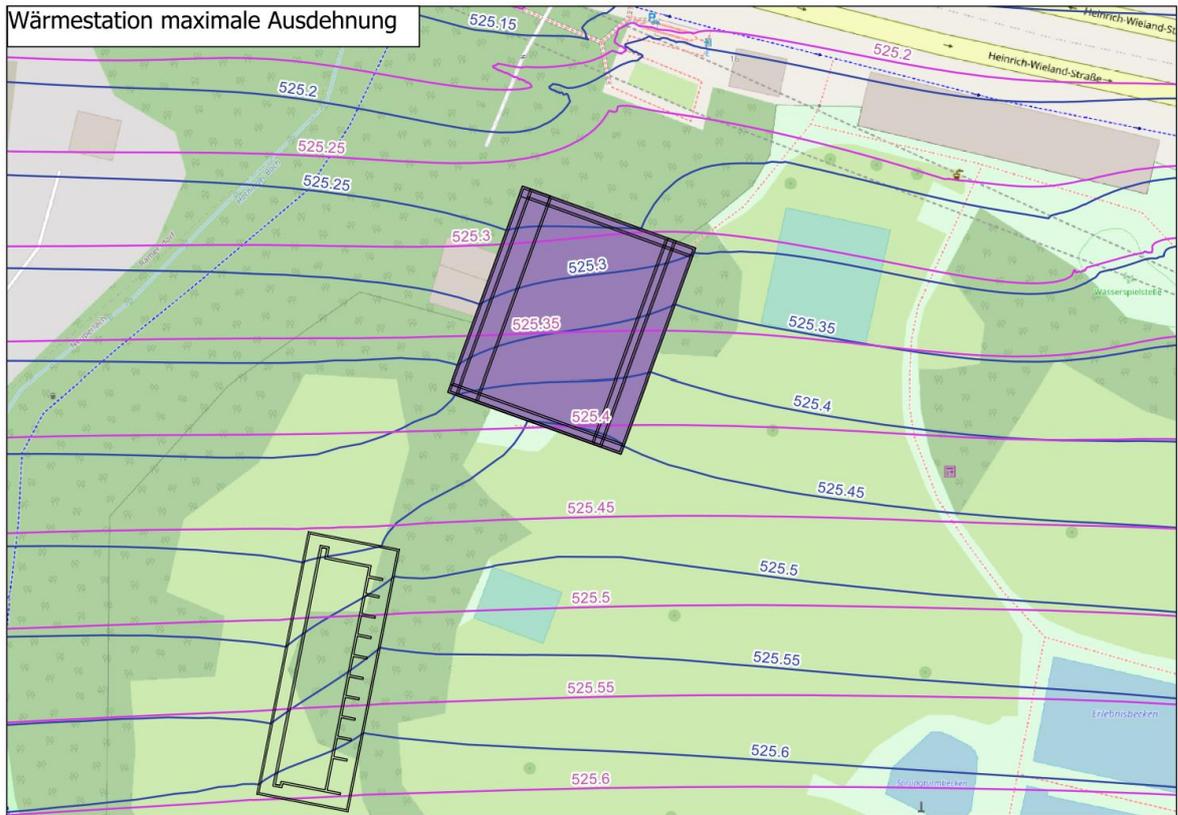


Abb. 13: Wärmestation - Grundwassergleichen Mittelwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; maximale Ausdehnung

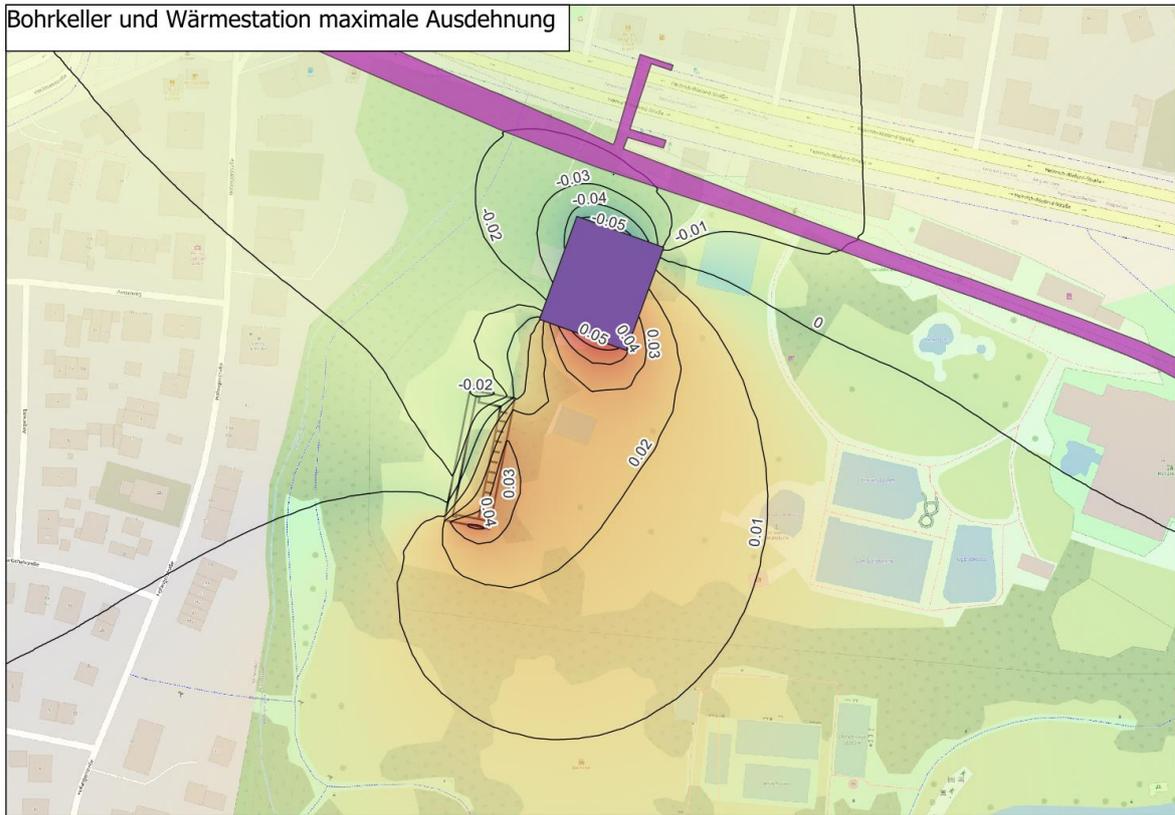


Abb. 14: Differenzenplan Grundwasserspiegel – Hydraulische Auswirkung durch Gebäude Geothermie Michaelibad bei Mittelwasser; Wärmestation maximale Ausdehnung

Bei Mittelwasserverhältnissen ergeben sich somit gemäß hydraulischem Grundwassermodell an den geplanten Gebäuden nur geringe Aufstaueträge von bis zu ca. 5 cm. Durch die Änderung der Ausdehnung der Wärmestation ergeben sich lediglich Grundwasserspiegeländerungen im Millimeterbereich.

Gemäß Modell ist somit unter vorliegenden Bedingungen für beide Gebäude keine Dükeranlage notwendig.

4.2 Hydraulische Ergebnisse Modellfall 2 – Hochwasser

Bauwerk Wärmestation mit, gemäß Planung, minimal möglicher Ausdehnung

Wie im Mittelwasserfall reagiert das berechnete hydraulische Modellsystem auch im Hochwasserfall stabil. Der Modellwasserspiegel lässt sich wiederum stationär ohne Aufschaukelungsvorgänge berechnen.

Die Abb. 15 und Abb. 16 (Anlagen 3c und 3d) zeigen die unbeeinflusste Grundwassersituation, sowie die, wie sie sich durch die Einbindung der beiden Gebäude in das quartäre Grundwasser unter Hochwasserverhältnissen und minimaler Ausdehnung der Wärmestation im stationären Modellzustand einstellt. Wieder deutlich erkennbar sind die Aufstaubereiche in Zustrom und die Absenkungsbereiche im Abstrom der Gebäude.

Um die hydraulischen Änderungen durch die Gebäude der Geothermie Michaelibad bei Hochwasser zu ermitteln und zu veranschaulichen wurde der Differenzenplan in Abb. 17

(Anlage 4b) erstellt. Unter Hochwasserverhältnissen und minimaler Ausdehnung der Wärmestation ergeben sich daraus folgende Aufstau- und Absenkbeträge.

Tabelle 3: Max. Aufstau / Absenkung bei Hochwasser und min. Ausdehnung Wärmestation

	Max. Aufstau	Max. Absenkung
Wärmestation	0,068 m	-0,074 m
Bohrkeller	0,058 m	-0,041 m

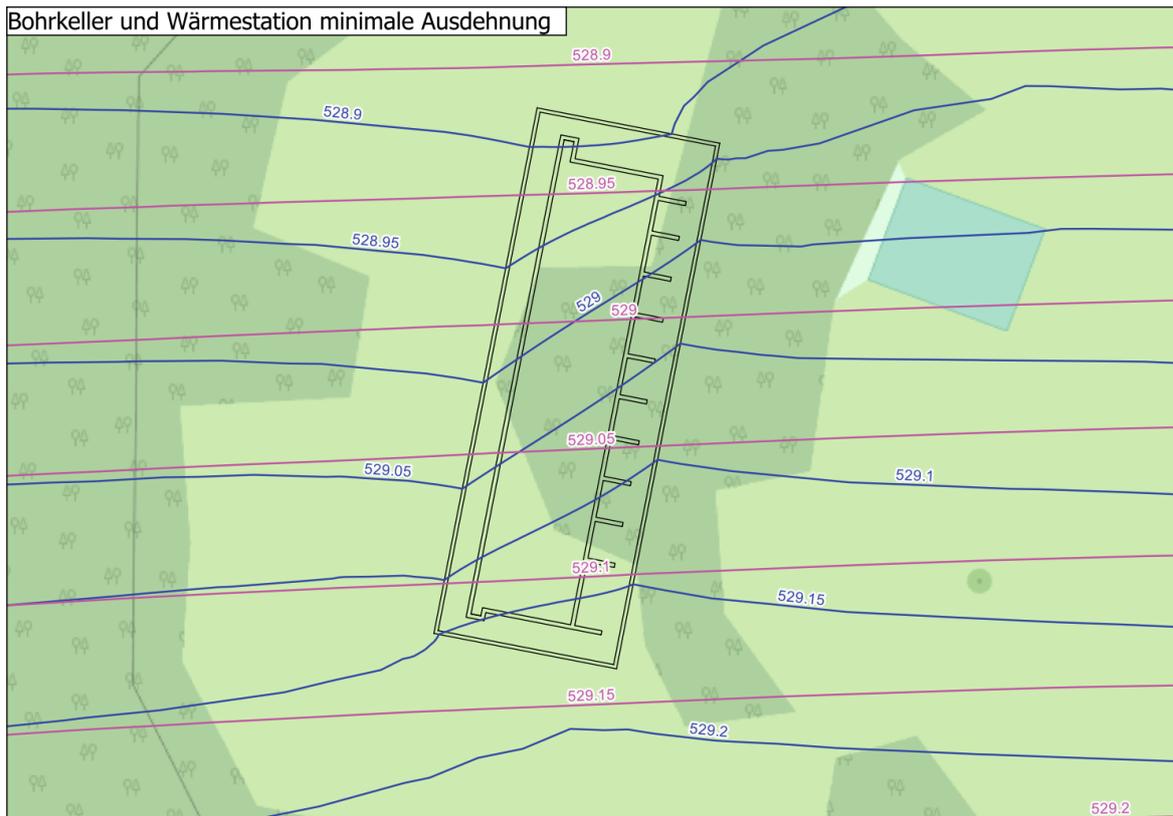


Abb. 15: Bohrkellerbauwerk – Grundwassergleichen Hochwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; Wärmestation minimale Ausdehnung

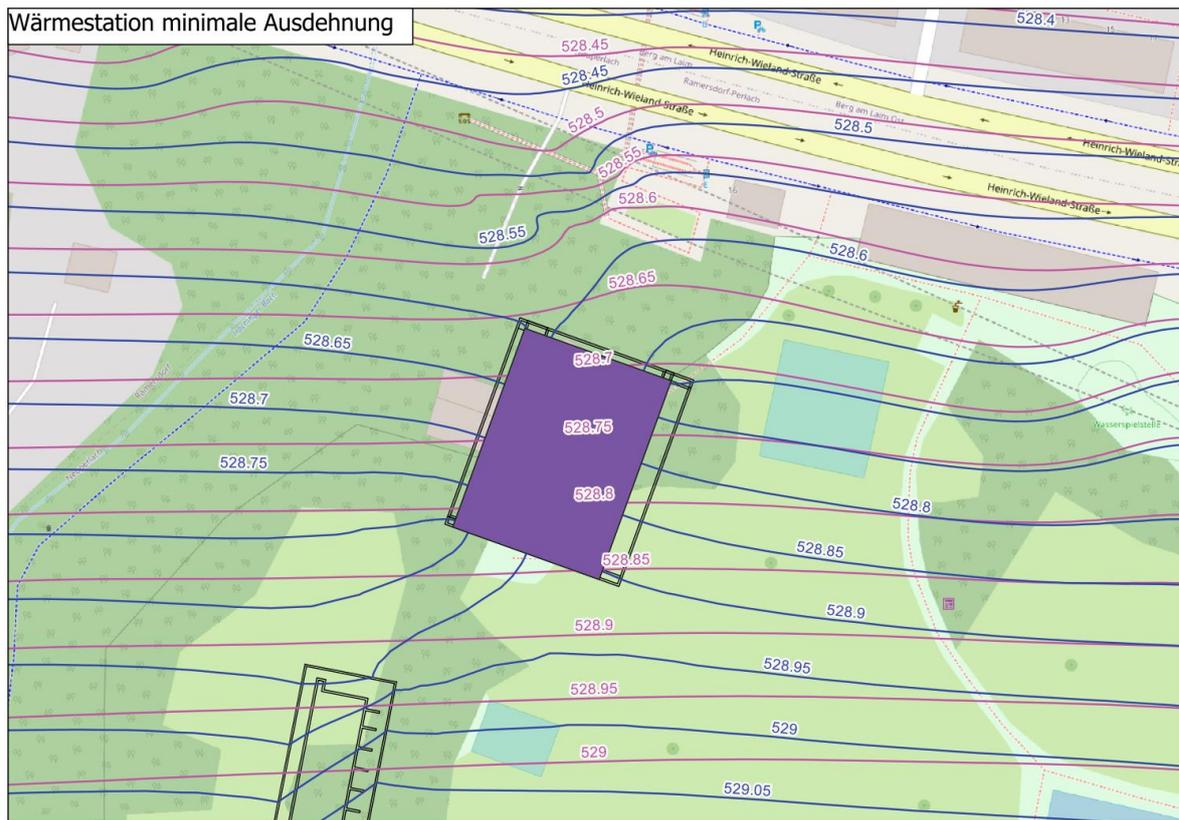


Abb. 16: Wärmestation - Grundwassergleichen Hochwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; minimale Ausdehnung

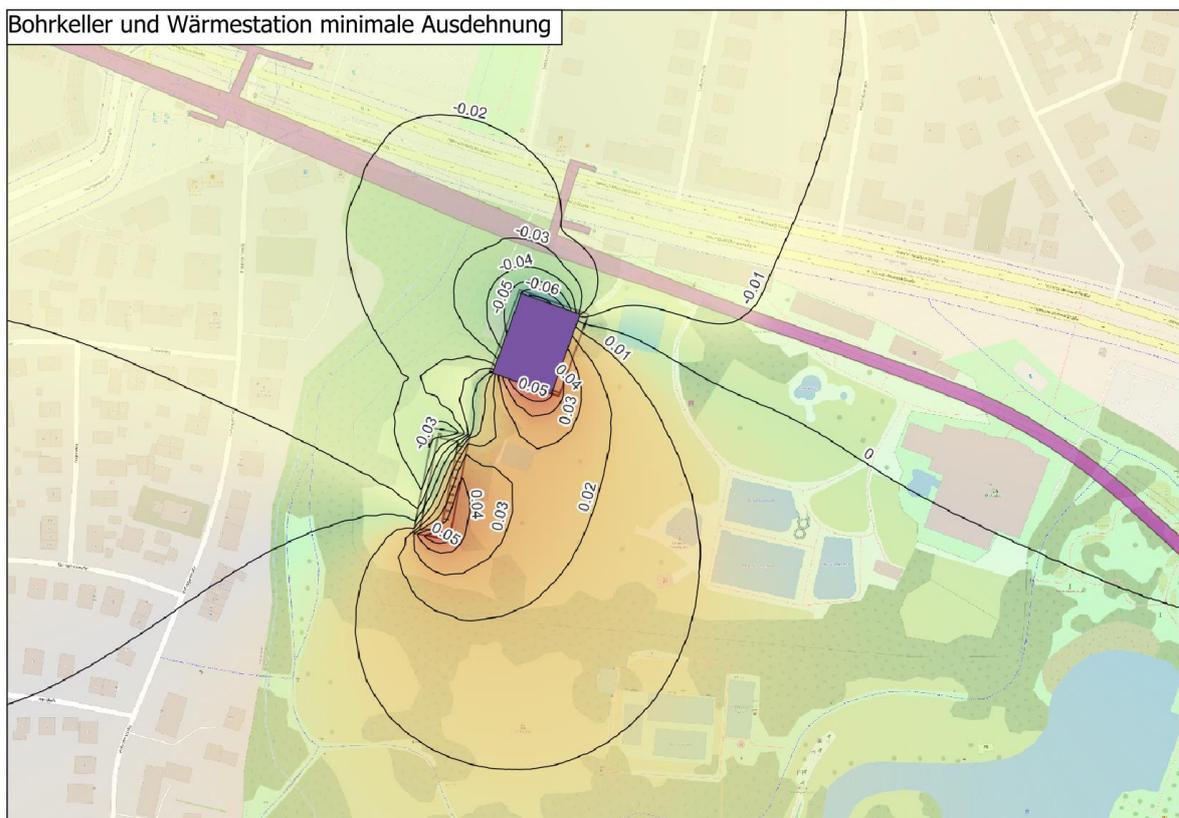


Abb. 17: Differenzenplan Grundwasserspiegel – Hydraulische Auswirkung durch Gebäude Geothermie Michaelibad bei Hochwasser; Wärmestation minimale Ausdehnung

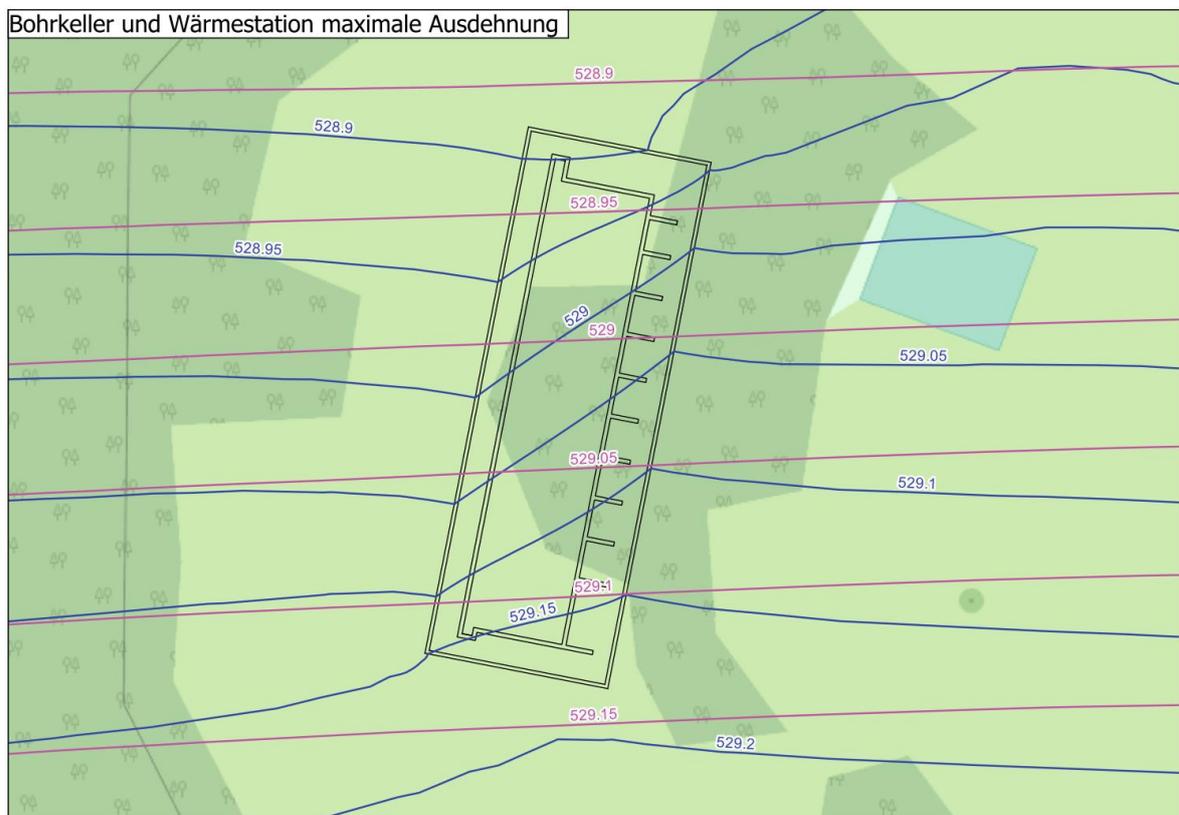
Bauwerk Wärmestation mit, gemäß Planung, maximal möglicher Ausdehnung

Abb. 18 und Abb. 19 (Anlagen 3c und 3d) zeigen die unbeeinflusste Grundwassersituation unter Hochwasserverhältnissen, sowie die, wie sie sich durch die Einbindung der beiden Gebäude in das quartäre Grundwasser und maximaler Ausdehnung der Wärmestation im stationären Modellzustand einstellt. Deutlich erkennbar sind wieder die Aufstaubereiche in Zustrom und die Absenkungsbereiche im Abstrom der Gebäude.

Um die hydraulischen Änderungen in diesem Fall durch die Gebäude der Geothermie Michaelibad zu ermitteln und zu veranschaulichen wurde der Differenzenplan in Abb. 20 (Anlage 4b) erstellt. Unter Hochwasserverhältnissen und maximaler Ausdehnung der Wärmestation ergeben sich daraus folgende Aufstau- und Absenkbeträge.

Tabelle 4: Max. Aufstau / Absenkung bei Hochwasser und max. Ausdehnung Wärmestation

	Max. Aufstau	Max. Absenkung
Wärmestation	0,081 m	-0,081 m
Bohrkeller	0,060 m	-0,037 m

Bauwerk Wärmestation mit, gemäß Planung, maximal möglicher Ausdehnung**Abb. 18: Bohrkellerbauwerk – Grundwassergleichen Hochwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; Wärmestation maximale Ausdehnung**

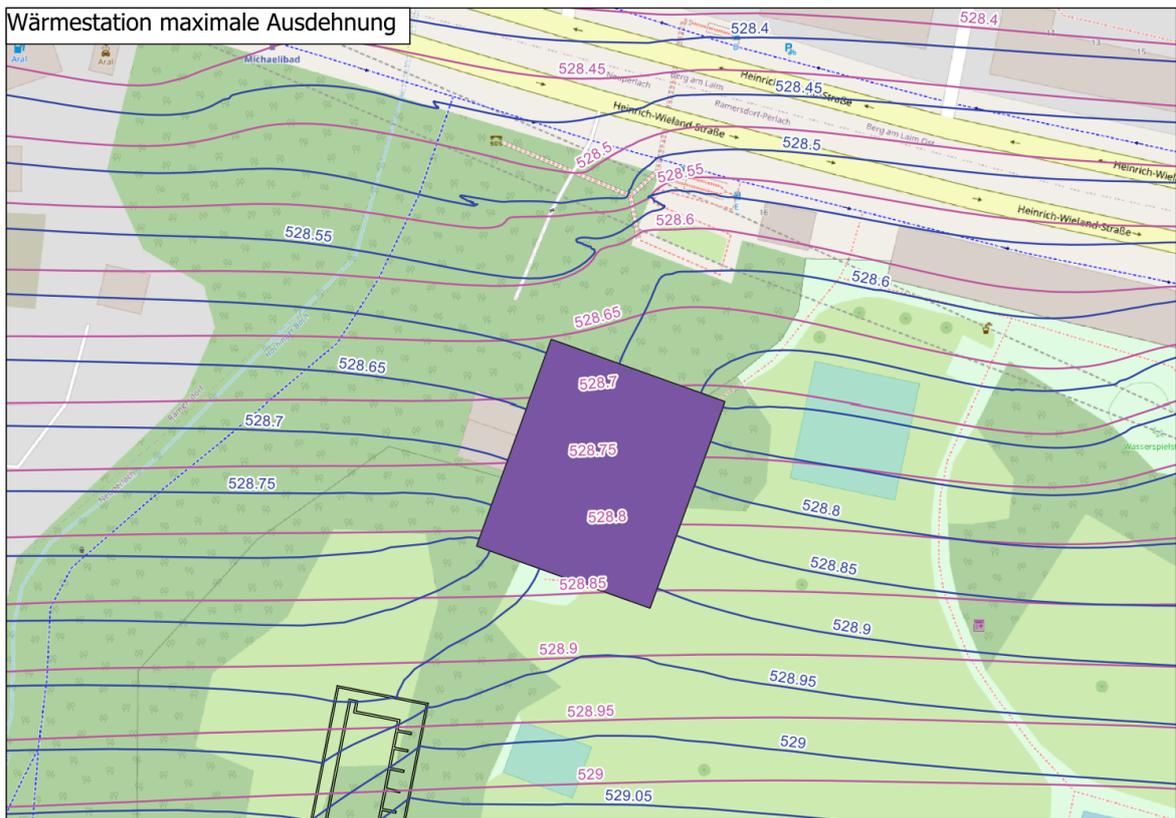


Abb. 19: Wärmestation - Grundwassergleichen Hochwasser ohne (lila) und mit (blau) einbindendem Gebäude; maximale Ausdehnung

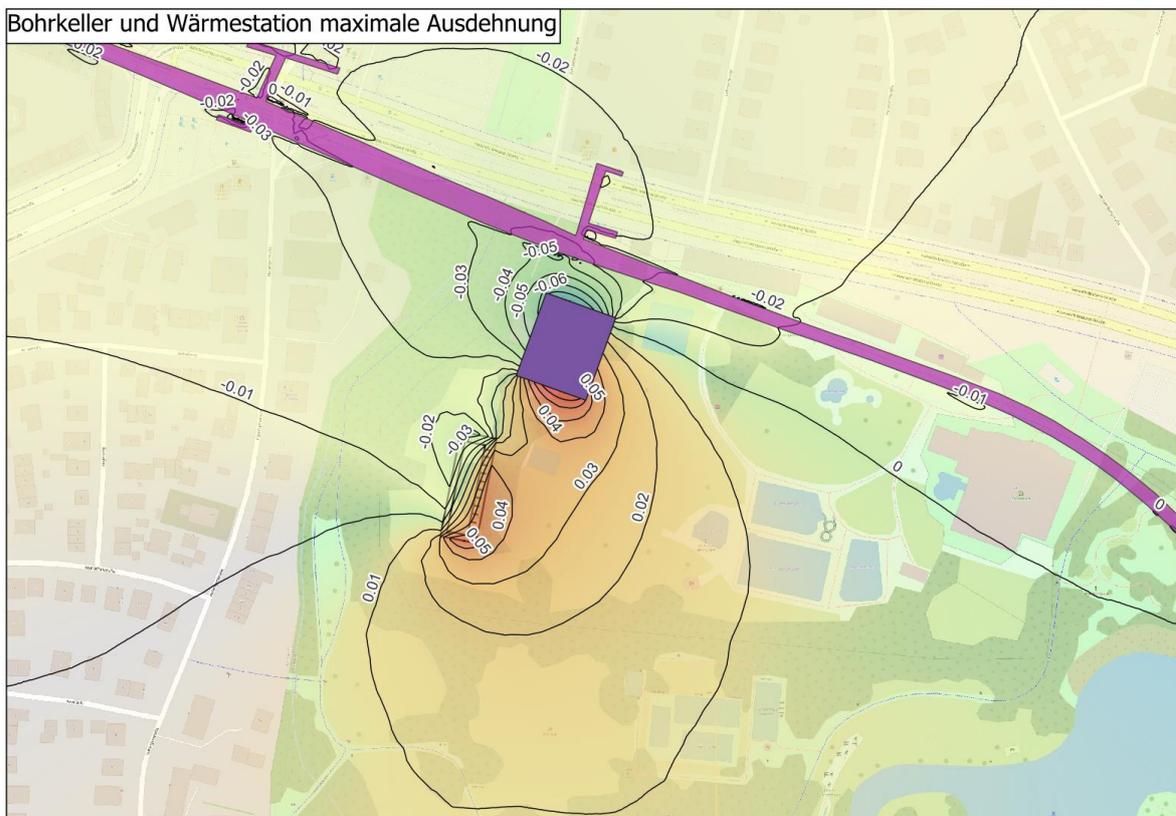


Abb. 20: Differenzenplan Grundwasserspiegel – Hydraulische Auswirkung durch Gebäude Geothermie Michaelibad bei Hochwasser; Wärmestation maximale Ausdehnung

Bei Hochwasserverhältnissen ergeben sich somit gemäß hydraulischem Grundwassermodell an den geplanten Gebäuden ebenfalls nur geringe Aufstaueträge von bis zu ca. 8 cm. Durch die Änderung der Größe der Wärmestation ergeben sich wie unter Mittelwasserverhältnissen auch bei Hochwasser lediglich Grundwasserspiegeländerungen bis zu ca. 1,4 cm.

Gemäß Modell ist somit unter vorliegenden Bedingungen für beide Gebäude auch bei Hochwasser keine Dükeranlage notwendig.

4.3 Bewertung Einfluss auf umliegende Bebauung

Von Nordwesten nach Südosten verläuft unter dem Freibadgelände die U-Bahnlinie der U5 mit der U-Bahnstation Michaelibad direkt im Norden zum geplanten Standort der Wärmestation. Weiter grenzen nördlich der Heinrich-Wieland-Straße und im Westen entlang der Hofangerstraße, im geringen Abstand von teilweise nur 80 m, Wohnbebauungen an. Die Bestandsgebäude entlang der Heinrich-Wieland-Straße im nördlichen Teil des Freibadgeländes haben keine größere Ausdehnung im Untergrund.

Gemäß hydraulischem Grundwassermodell kommt es an keinem der umliegenden Gebäude zu einem Grundwasseranstieg durch das Einbinden der Gebäude der Geothermie Michaelibad in das quartäre Grundwasser. Für die bebauten Bereiche prognostiziert das Modell leichte Wasserspiegelabsenkungen durch die abschirmende Wirkung des Bohrkellers bzw. der Wärmestation.

Eine negative Beeinflussung von bestehenden Bauwerken durch das Bohrkellerbauwerk und die Wärmestation ist unter den angesetzten Parametern somit gemäß Modell nicht anzunehmen.

5 Fazit

Aktuell befinden sich Geothermieranlagen zur Wärmeerzeugung der Stadt München in der Planung. Insbesondere zur Versorgung des Münchener Nord-Ostens wird eine weitere Anlage geplant und soll Ende 2029 im Michaelibad in Betrieb genommen werden.

Mit der Errichtung des Geothermieranlage zur Wärmeerzeugung am Michaelibad werden die Wärmestation im Nordwesten und ein Bohrkellerbauwerk im Südwesten errichtet. Beide Bauwerke weisen eine erhebliche Ausdehnung in den Untergrund und Grundwasserkörper auf und sind durch unterirdische Sparten / Rohrleitungen miteinander verbunden.

Wegen der tiefen Einbindung der geplanten Bauwerke in den quartären Untergrund, Umspundung und der Einbindung in das bzw. Absperrung des quartären Grundwassers wurde geprüft, inwieweit die Neubauten eine Veränderung im Grundwasserregime (Wasserspiegel, Fließrichtung) bewirken.

Um hierzu eine Aussage treffen zu können wurde ein dreidimensionales, hydraulisch-thermodynamisches Grundwassermodell für Mittel- und Hochwasserverhältnisse aufgebaut und berechnet.

Als Ausgangssituation zur Berechnung der hydraulischen Vorgänge wurde das Modell auf den Grundwassergleichenplan der GePo-Stichtagsmessung (TUM) vom April 2014 (etwa mittlere Grundwasserspiegel) kalibriert. Das kalibrierte Modell wurde anschließend mit den höchsten Hochwasserspiegeln (HW40) verifiziert, um die Aussagefähigkeit hinsichtlich Wasserspiegeländerungen zu prüfen.

Gemäß Planungsstand März 2023 wurden die beiden Gebäude der Geothermie Michaelibad, mit minimaler bzw. maximaler Ausdehnung der Wärmestation, mit folgenden Tiefen in das Grundwassermodell eingebunden:

UK WU-Beton/Spundwand Bohrkeller: 516,45 m ü. NN

UK Wärmestation: Spundwand bis Modell-TOK Bereich Wärmest. ca. 516,5 m ü. NN

Bei Mittelwasserverhältnissen ergeben sich gemäß hydraulischem Grundwassermodell an den geplanten Gebäuden der Geothermie Michaelibad nur geringe Aufstaubeträge von bis zu ca. 5 cm. Durch die Änderung der Ausdehnung der Wärmestation ergeben sich lediglich Grundwasserspiegeländerungen im Millimeterbereich.

Bei Hochwasserverhältnissen ergeben sich gemäß hydraulischem Grundwassermodell an den geplanten Gebäuden ebenfalls nur geringe Aufstaubeträge von bis zu ca. 8 cm. Durch die Änderung der Größe der Wärmestation ergeben sich wie unter Mittelwasserverhältnissen auch bei Hochwasser lediglich Grundwasserspiegeländerungen bis zu ca. 1,4 cm.

Gemäß Modell ist somit unter vorliegenden Bedingungen für beide Gebäude auch bei Hochwasser keine Dükeranlage notwendig.

Von Nordwesten nach Südosten verläuft unter dem Freibadgelände die U-Bahnlinie der U5 mit der U-Bahnstation Michaelibad direkt im Norden zum geplanten Standort der Wärmestation. Weiter grenzen nördlich der Heinrich-Wieland-Straße und im Westen entlang der Hofangerstraße, im geringen Abstand von teilweise nur 80 m, Wohnbebauungen an. Die Bestandsgebäude entlang der Heinrich-Wieland-Straße im nördlichen Teil des Freibadgeländes haben keine größere Ausdehnung im Untergrund.

Gemäß hydraulischem Grundwassermodell kommt es an keinem der umliegenden Gebäude, durch das Einbinden der Gebäude der Geothermie Michaelibad in das quartäre Grundwasser, zu einem Grundwasseranstieg. Für die bebauten Bereiche prognostiziert das Modell leichte Wasserspiegelabsenkungen durch die abschirmende Wirkung des Bohrkellers bzw. der Wärmestation.

Eine negative Beeinflussung von bestehenden Bauwerken durch das Bohrkellerbauwerk und die Wärmestation ist unter den angesetzten Parametern somit gemäß Modell nicht anzunehmen.

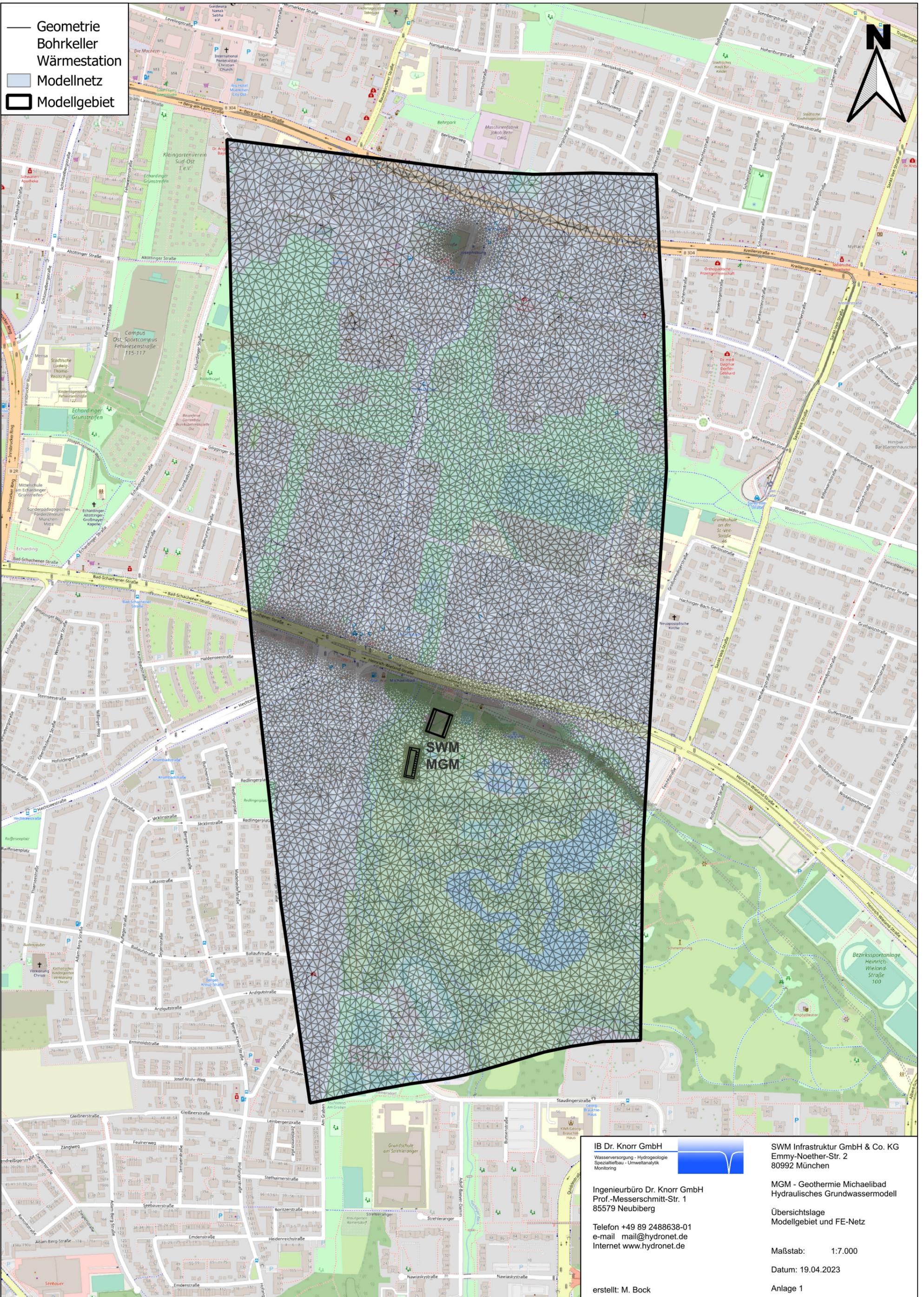
Ing.-Büro Dr. Knorr GmbH

Neubiberg, den 26.04.2023



Dr. B. Knorr

- Geometrie
- Bohrkeller
- Wärmestation
- Modellnetz
- Modellgebiet



IB Dr. Knorr GmbH
 Wasserversorgung - Hydrogeologie
 Spezialtiefbau - Umweltanalytik
 Monitoring



SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG
 Emmy-Noether-Str. 2
 80992 München

Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
 Prof.-Messerschmitt-Str. 1
 85579 Neubiberg

MGM - Geothermie Michaelbad
 Hydraulisches Grundwassermodell

Telefon +49 89 2488638-01
 e-mail mail@hydronet.de
 Internet www.hydronet.de

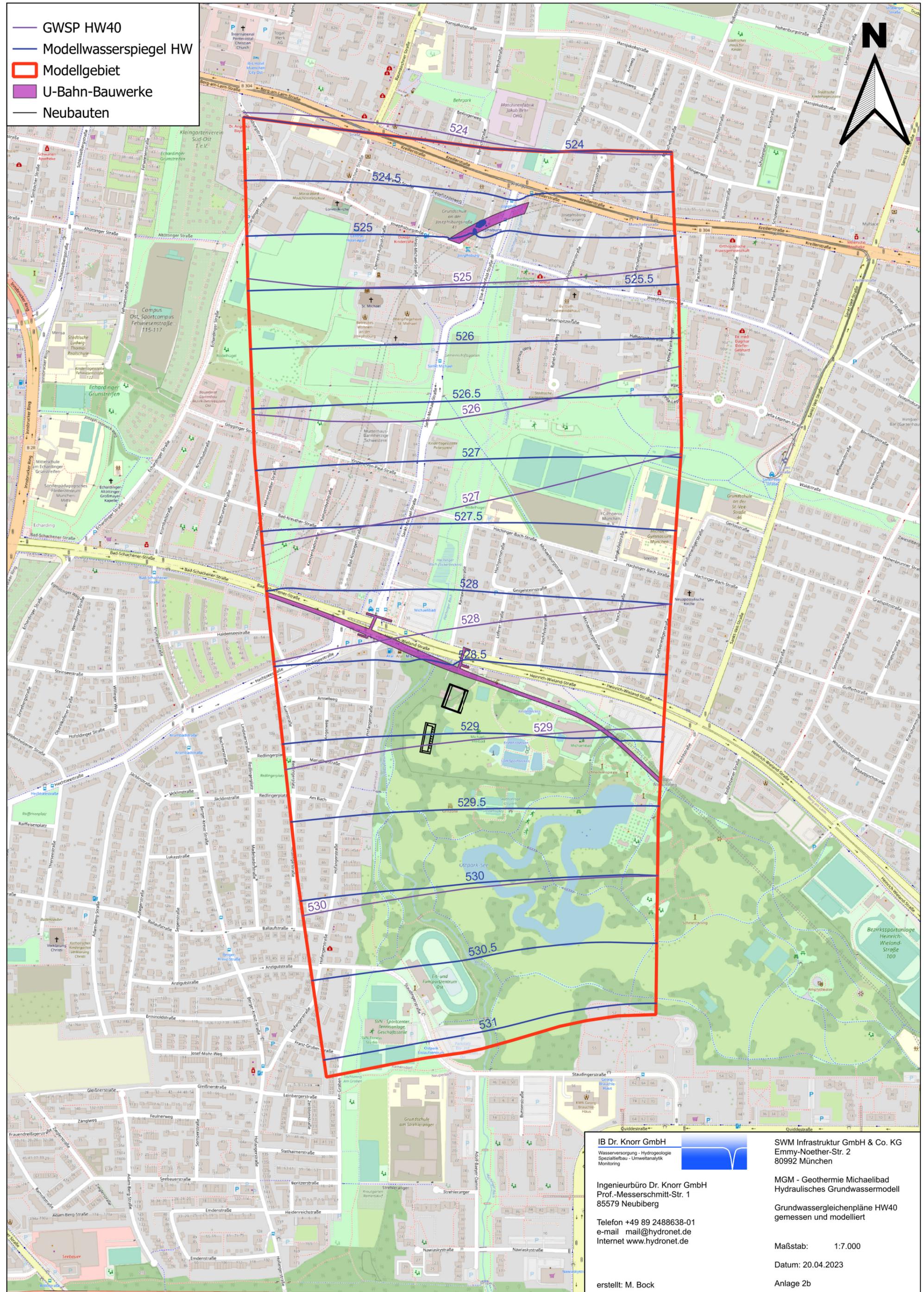
Übersichtslage
 Modellgebiet und FE-Netz

Maßstab: 1:7.000
 Datum: 19.04.2023

erstellt: M. Bock

Anlage 1

- GWSP HW40
- Modellwasserspiegel HW
- Modellgebiet
- U-Bahn-Bauwerke
- Neubauten



IB Dr. Knorr GmbH
 Wasserversorgung - Hydrogeologie
 Spezialtiefbau - Umweltanalytik
 Monitoring

Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
 Prof.-Messerschmitt-Str. 1
 85579 Neubiberg

Telefon +49 89 2488638-01
 e-mail mail@hydronet.de
 Internet www.hydronet.de

SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG
 Emmy-Noether-Str. 2
 80992 München

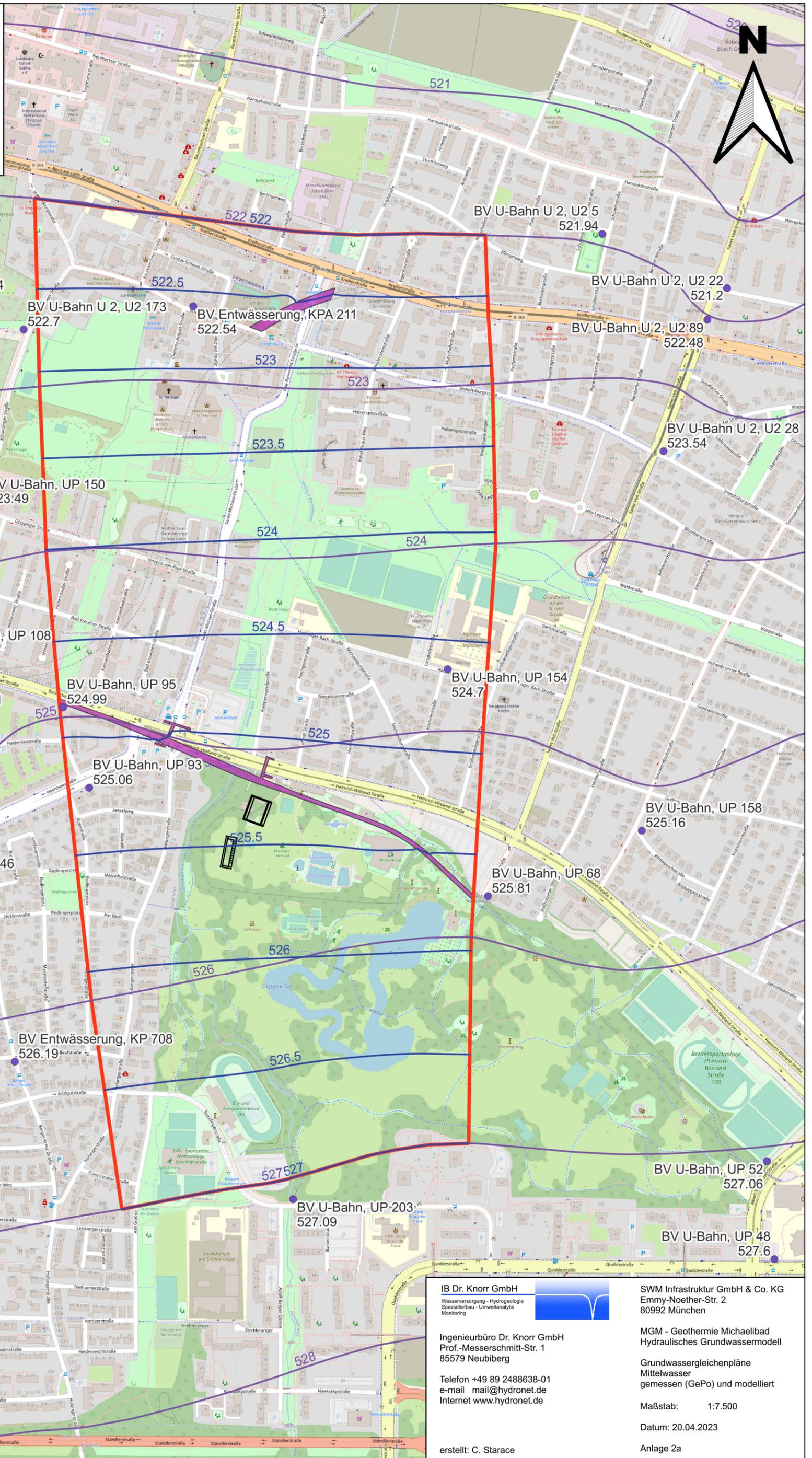
MGM - Geothermie Michaelbad
 Hydraulisches Grundwassermodell

Grundwassergleichpläne HW40
 gemessen und modelliert

Maßstab: 1:7.000
 Datum: 20.04.2023
 Anlage 2b

erstellt: M. Bock

- ▭ Modellgebiet
- ▭ U-Bahn-Bauwerke
- ▭ Neubauten
- Modellwasserspiegel MW
- GW-Spiegel GePo
- GePo Stützpunkte



IB Dr. Knorr GmbH
 Wasserversorgung - Hydrogeologie
 Spezialtiefbau - Umweltanalytik
 Monitoring

Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
 Prof.-Messerschmitt-Str. 1
 85579 Neubiberg

Telefon +49 89 2488638-01
 e-mail mail@hydronet.de
 Internet www.hydronet.de

SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG
 Emmy-Noether-Str. 2
 80992 München

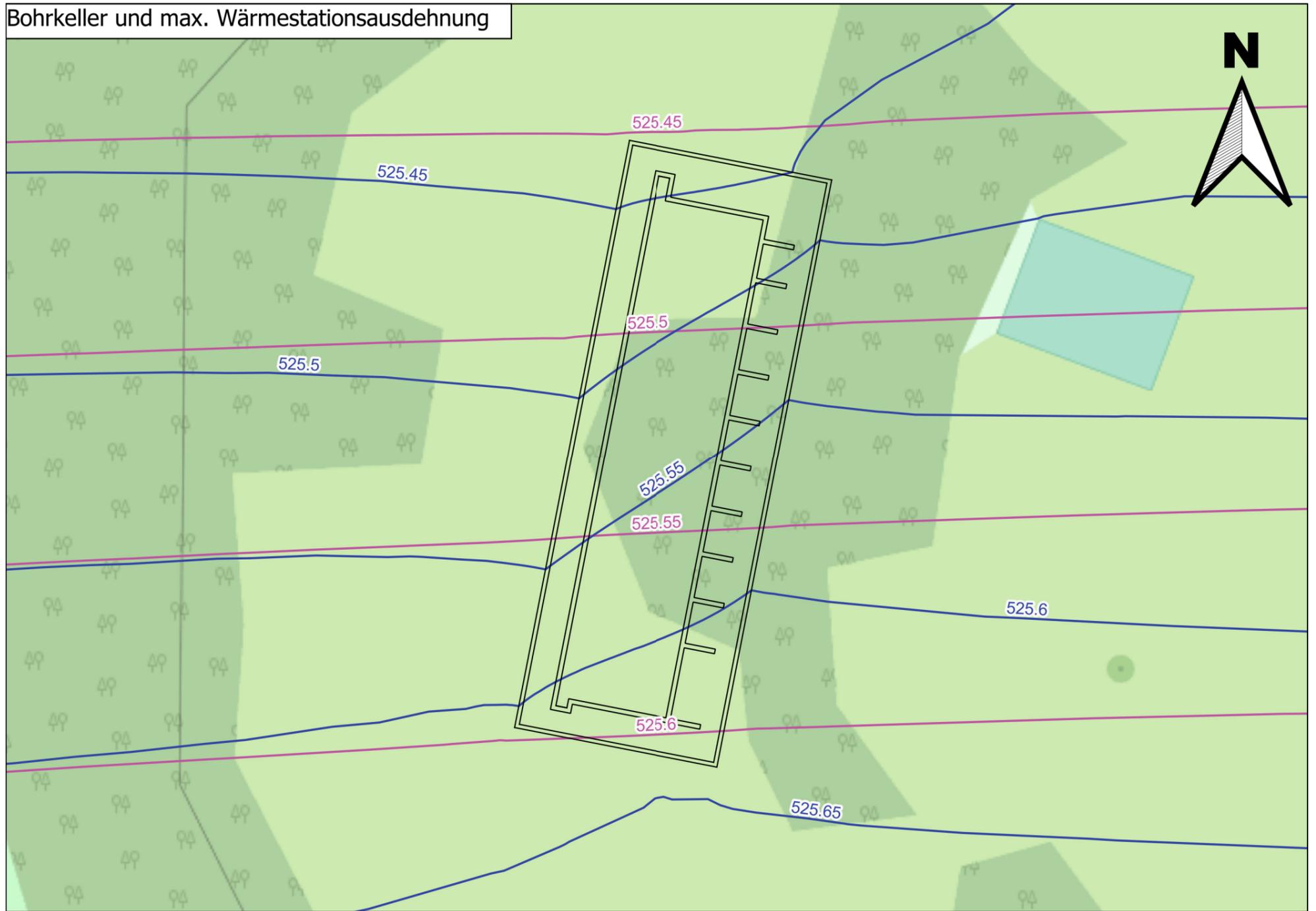
MGM - Geothermie Michaeliabod
 Hydraulisches Grundwassermodell

Grundwassergleichenpläne
 Mittelwasser
 gemessen (GePo) und modelliert

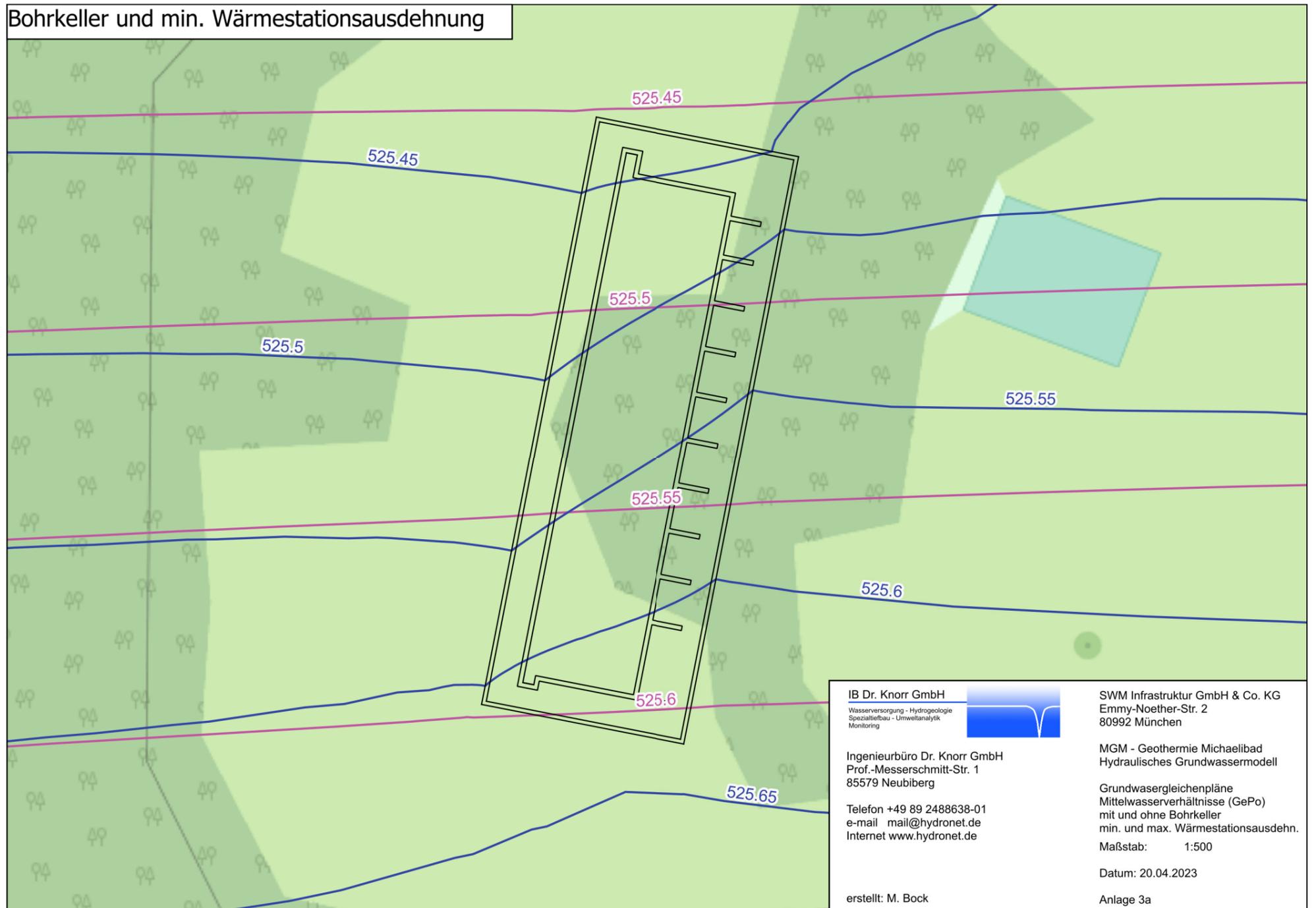
Maßstab: 1:7.500
 Datum: 20.04.2023
 Anlage 2a

erstellt: C. Starace

Bohrkeller und max. Wärmestationsausdehnung



Bohrkeller und min. Wärmestationsausdehnung



IB Dr. Knorr GmbH
Wasserversorgung - Hydrogeologie
Spezialtiefbau - Umweltanalytik
Monitoring



Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
Prof.-Messerschmitt-Str. 1
85579 Neubiberg

Telefon +49 89 2488638-01
e-mail mail@hydronet.de
Internet www.hydronet.de

erstellt: M. Bock

SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG
Emmy-Noether-Str. 2
80992 München

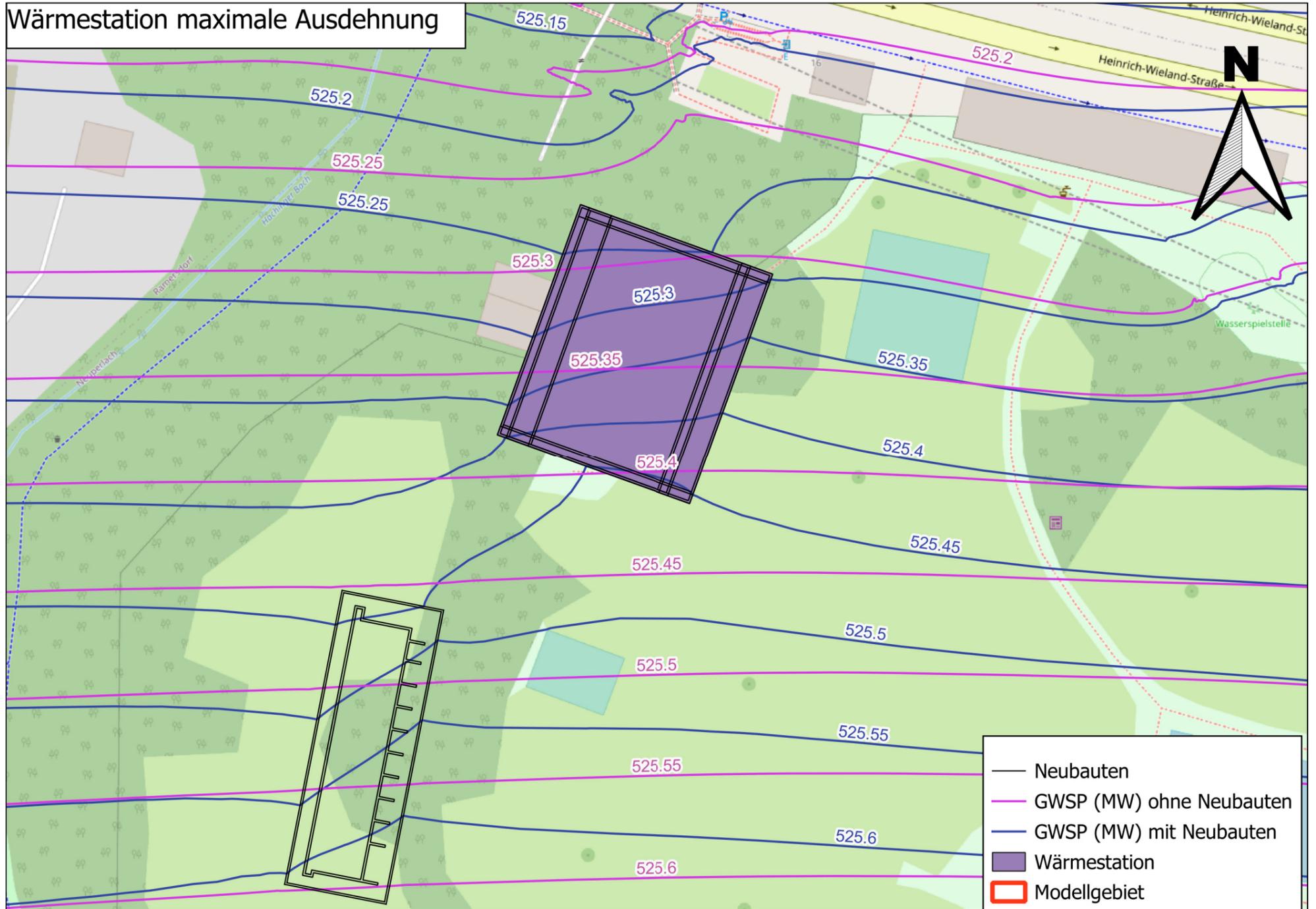
MGM - Geothermie Michaeliab
Hydraulisches Grundwassermodell

Grundwassergleichenpläne
Mittelwasserverhältnisse (GePo)
mit und ohne Bohrkeller
min. und max. Wärmestationsausdehn.
Maßstab: 1:500

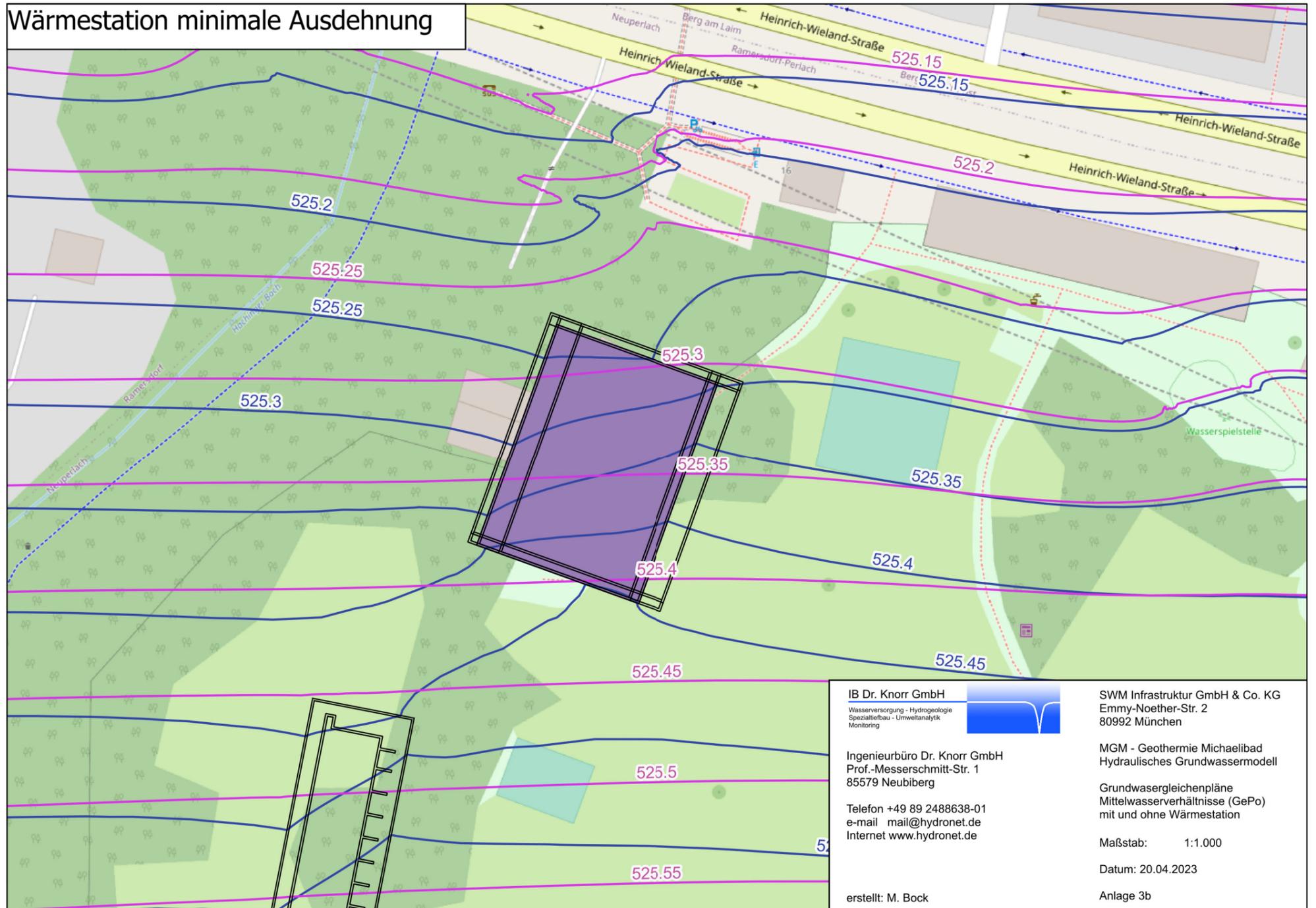
Datum: 20.04.2023

Anlage 3a

Wärmestation maximale Ausdehnung

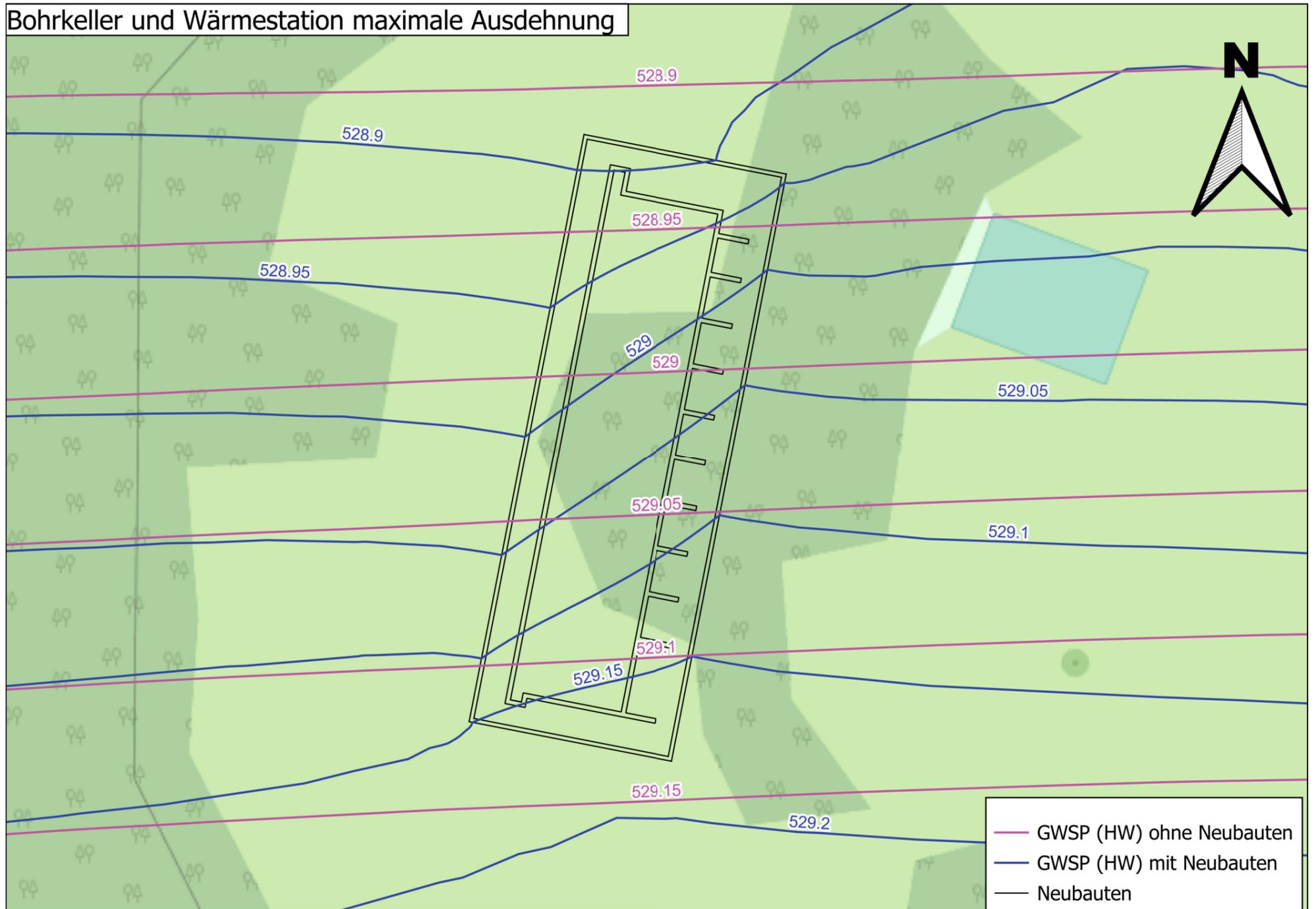


Wärmestation minimale Ausdehnung

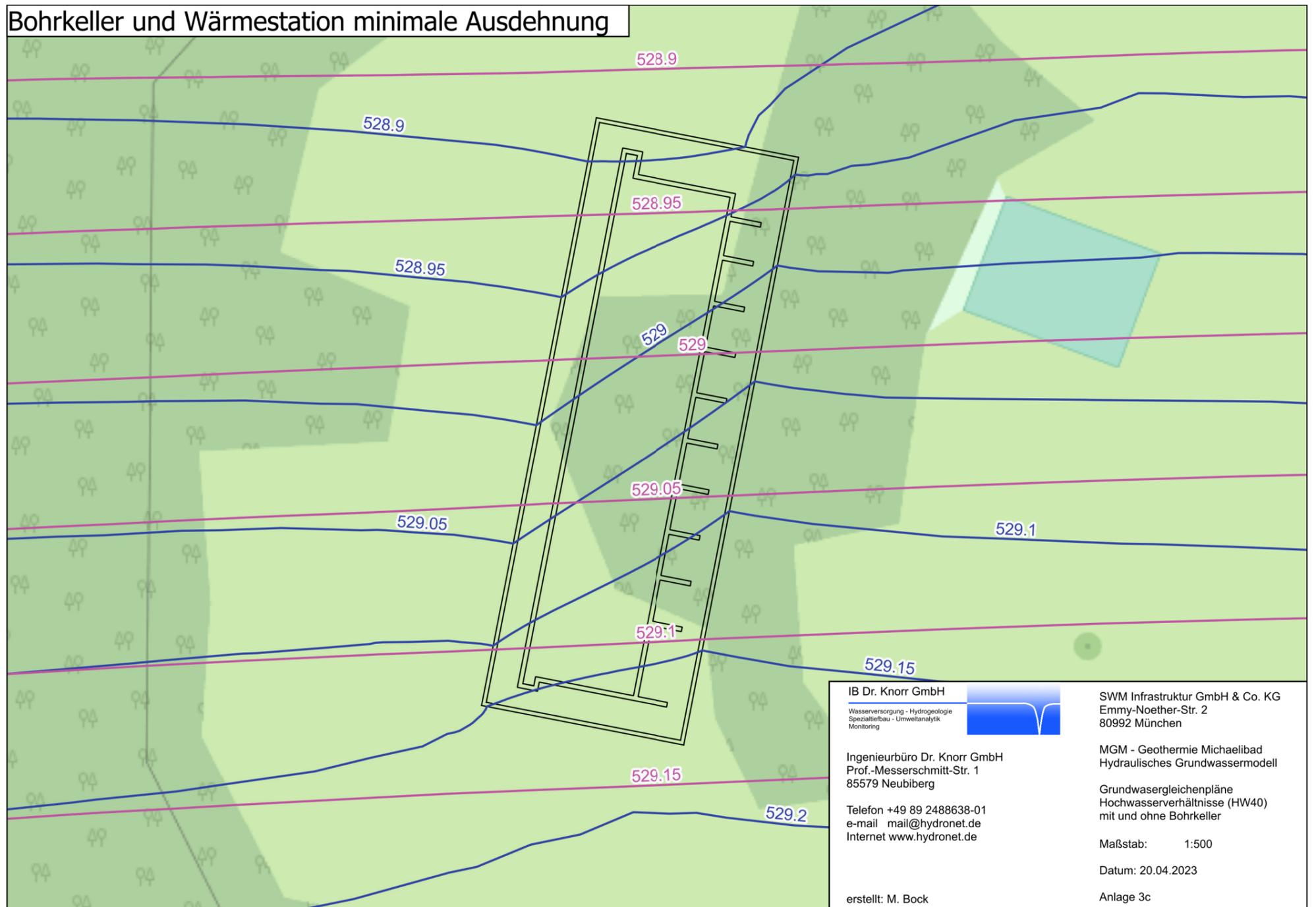


<p>IB Dr. Knorr GmbH <small>Wasserversorgung - Hydrogeologie Spezialtiefbau - Umweltanalytik Monitoring</small></p>		<p>SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG Emmy-Noether-Str. 2 80992 München</p>
<p>Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH Prof.-Messerschmitt-Str. 1 85579 Neubiberg</p>		<p>MGM - Geothermie Michaeliab Hydraulisches Grundwassermodell</p>
<p>Telefon +49 89 2488638-01 e-mail mail@hydronet.de Internet www.hydronet.de</p>		<p>Grundwassergleichpläne Mittelwasserverhältnisse (GePo) mit und ohne Wärmestation</p>
<p>erstellt: M. Bock</p>		<p>Maßstab: 1:1.000 Datum: 20.04.2023 Anlage 3b</p>

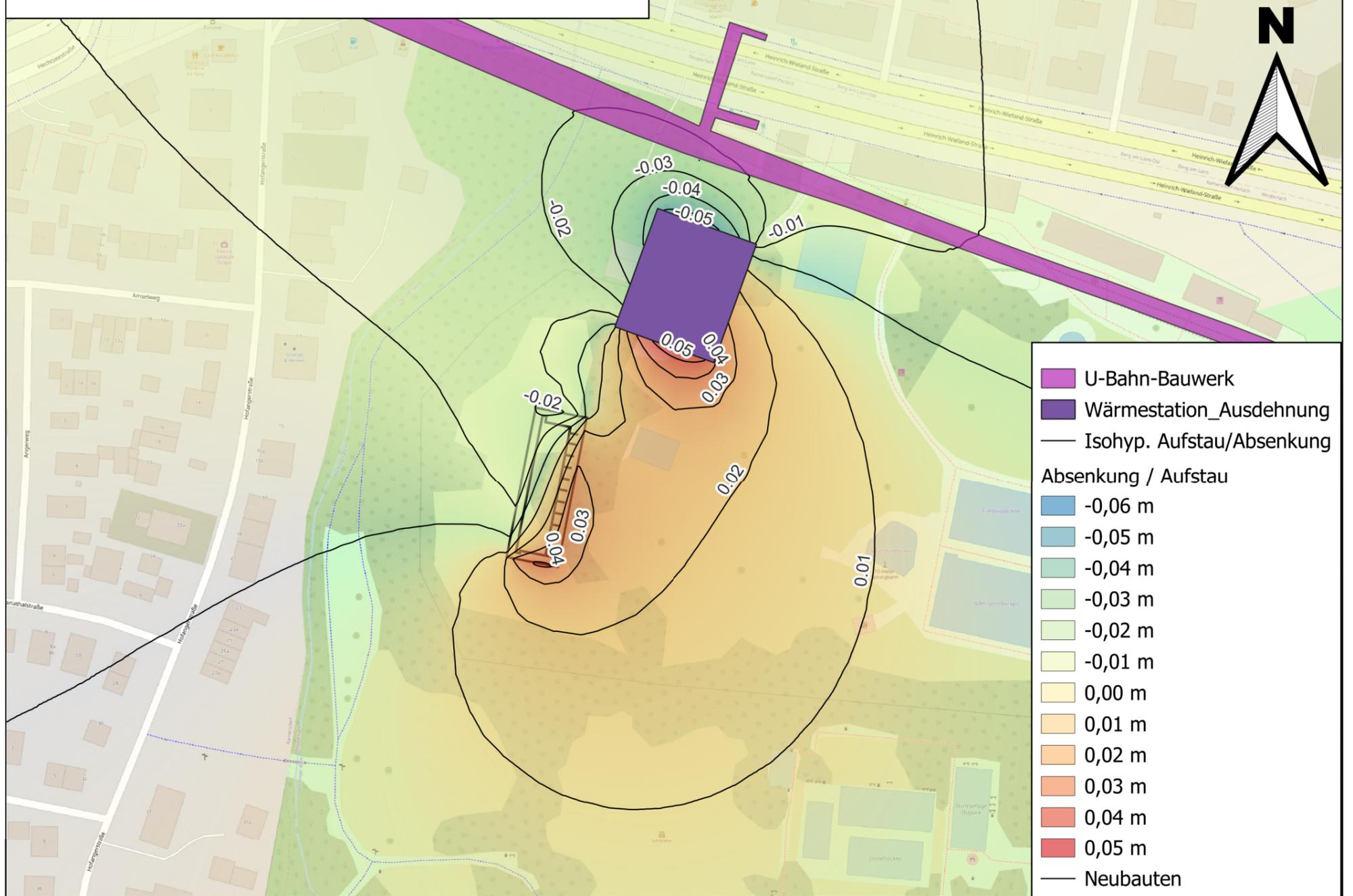
Bohrkeller und Wärmestation maximale Ausdehnung



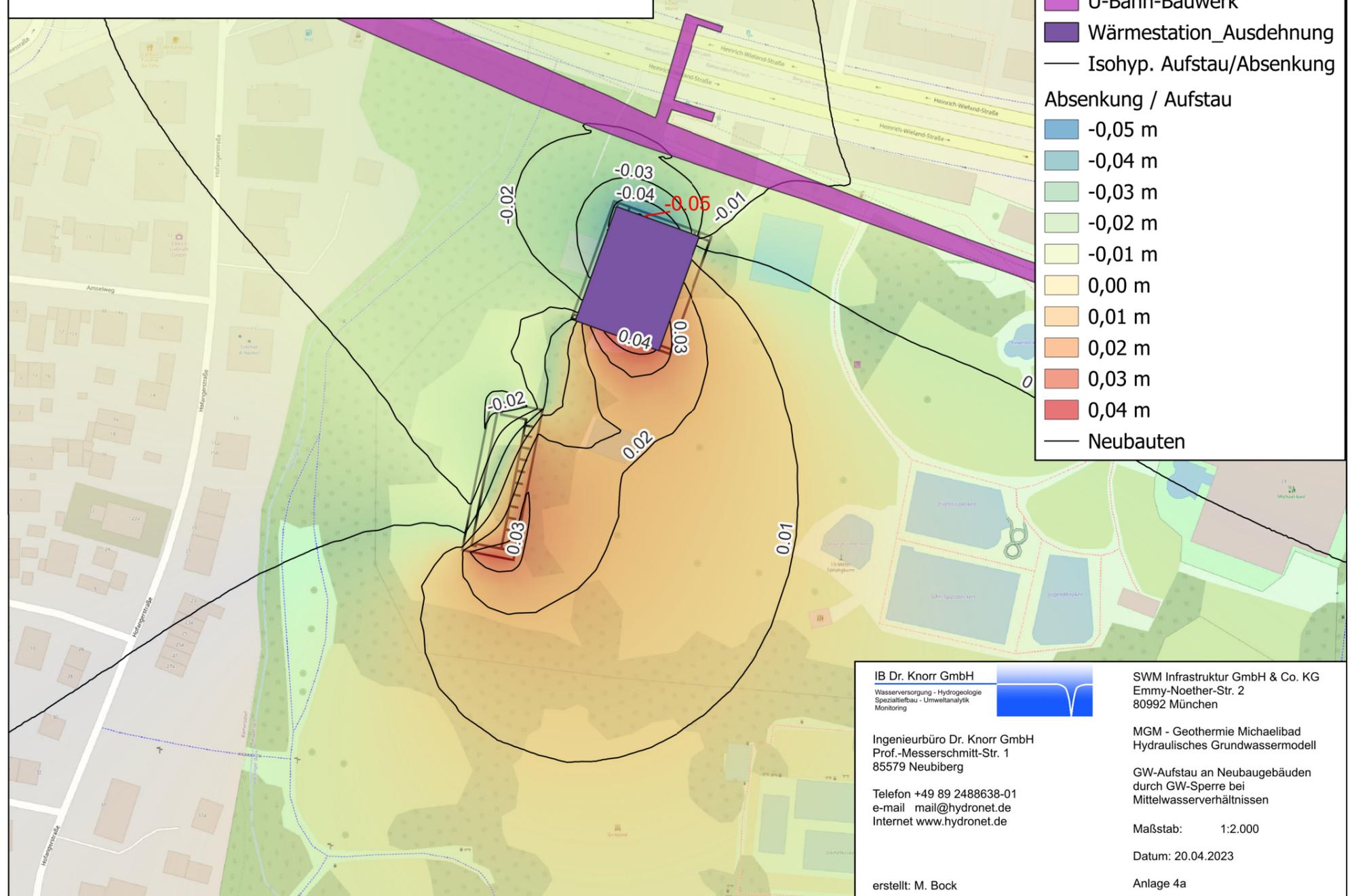
Bohrkeller und Wärmestation minimale Ausdehnung



Bohrkeller und Wärmestation maximale Ausdehnung



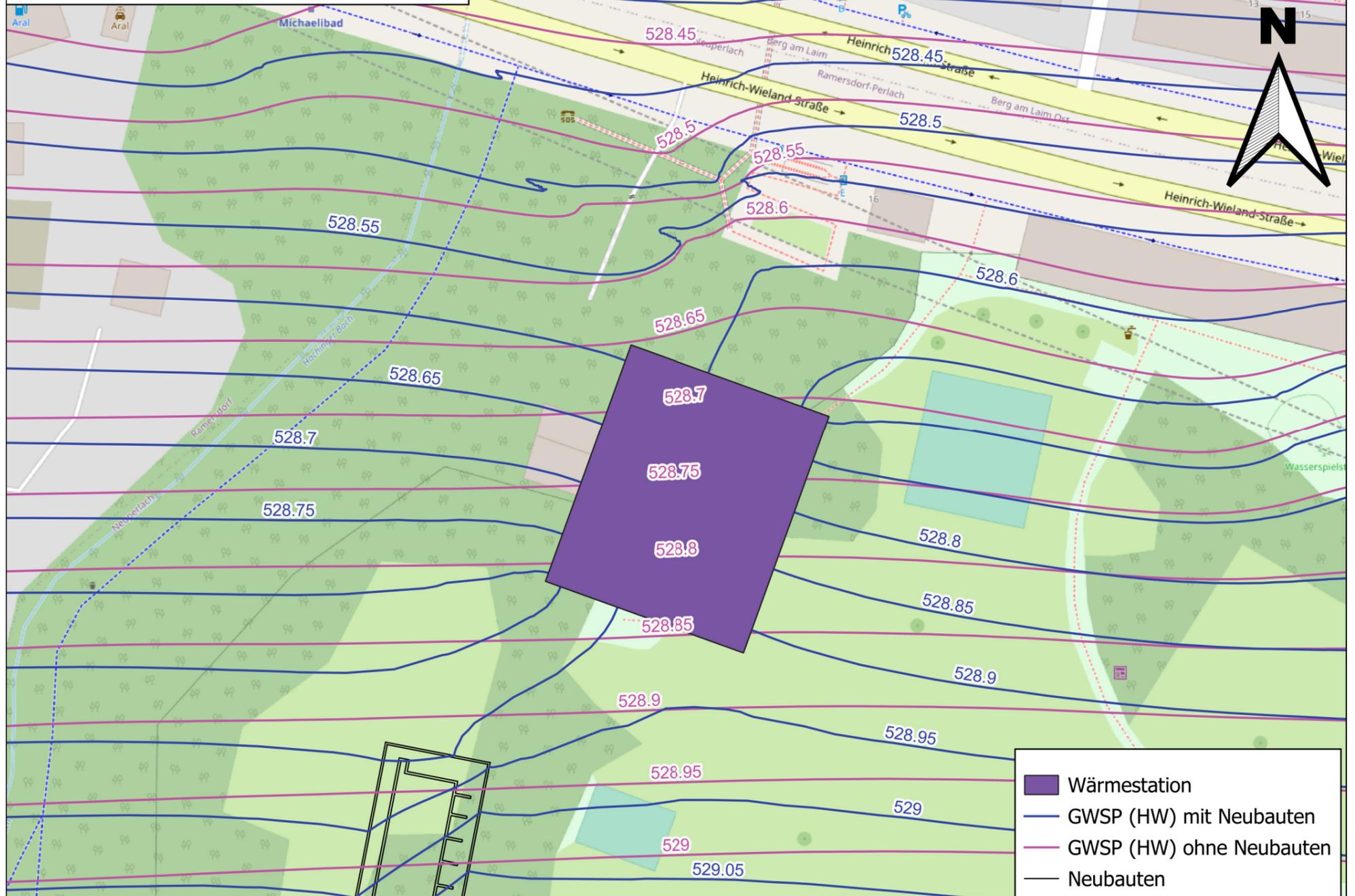
Bohrkeller und Wärmestation minimale Ausdehnung



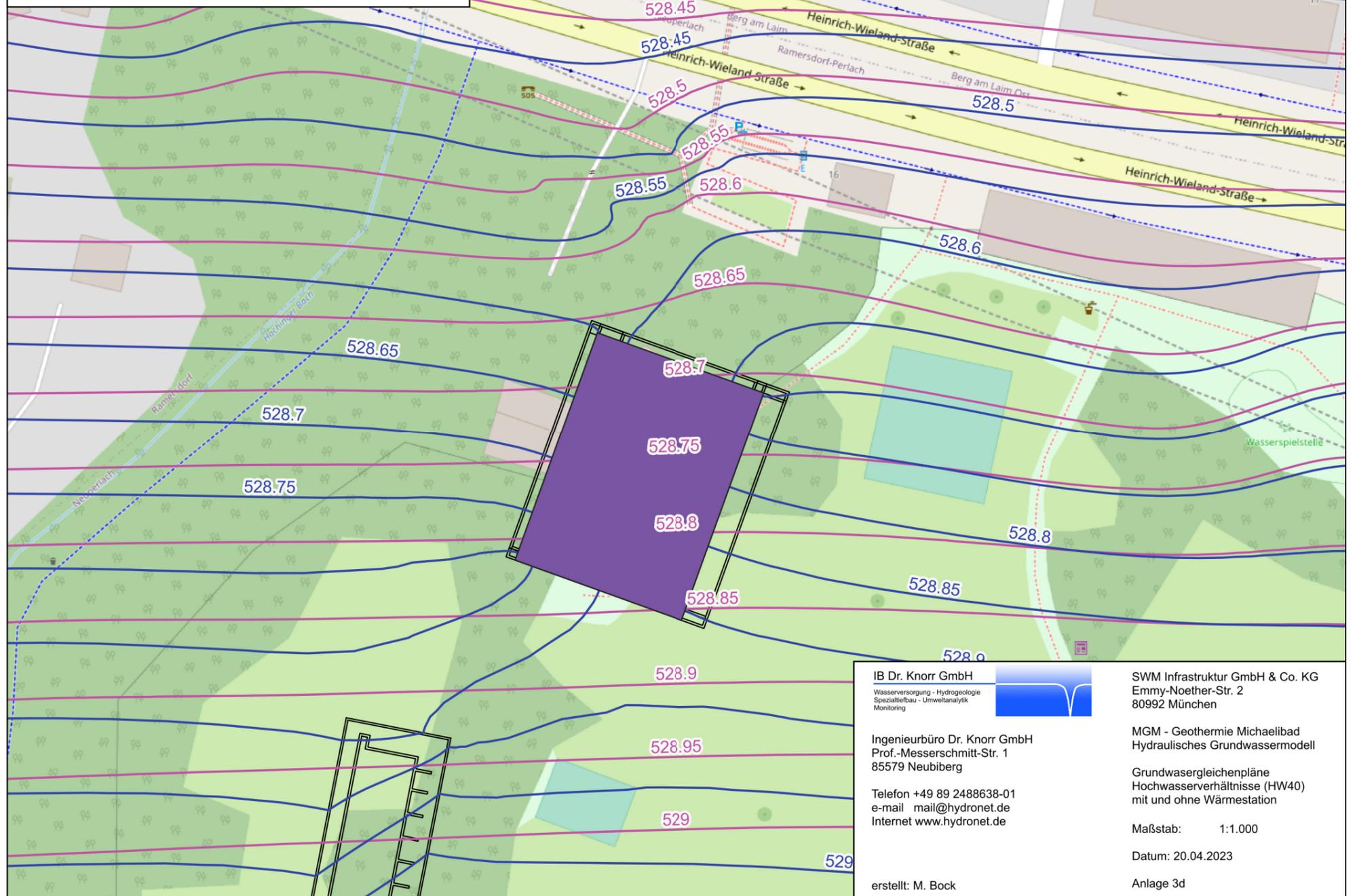
<p>IB Dr. Knorr GmbH Wasserversorgung - Hydrogeologie Spezialtiefbau - Umweltanalytik Monitoring</p> <p>Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH Prof.-Messerschmitt-Str. 1 85579 Neubiberg</p> <p>Telefon +49 89 2488638-01 e-mail mail@hydronet.de Internet www.hydronet.de</p>		<p>SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG Emmy-Noether-Str. 2 80992 München</p> <p>MGM - Geothermie Michaeliabod Hydraulisches Grundwassermodell</p> <p>GW-Aufstau an Neubaugebäuden durch GW-Sperre bei Mittelwasserverhältnissen</p> <p>Maßstab: 1:2.000 Datum: 20.04.2023 Anlage 4a</p>
--	--	--

erstellt: M. Bock

Wärmestation maximale Ausdehnung

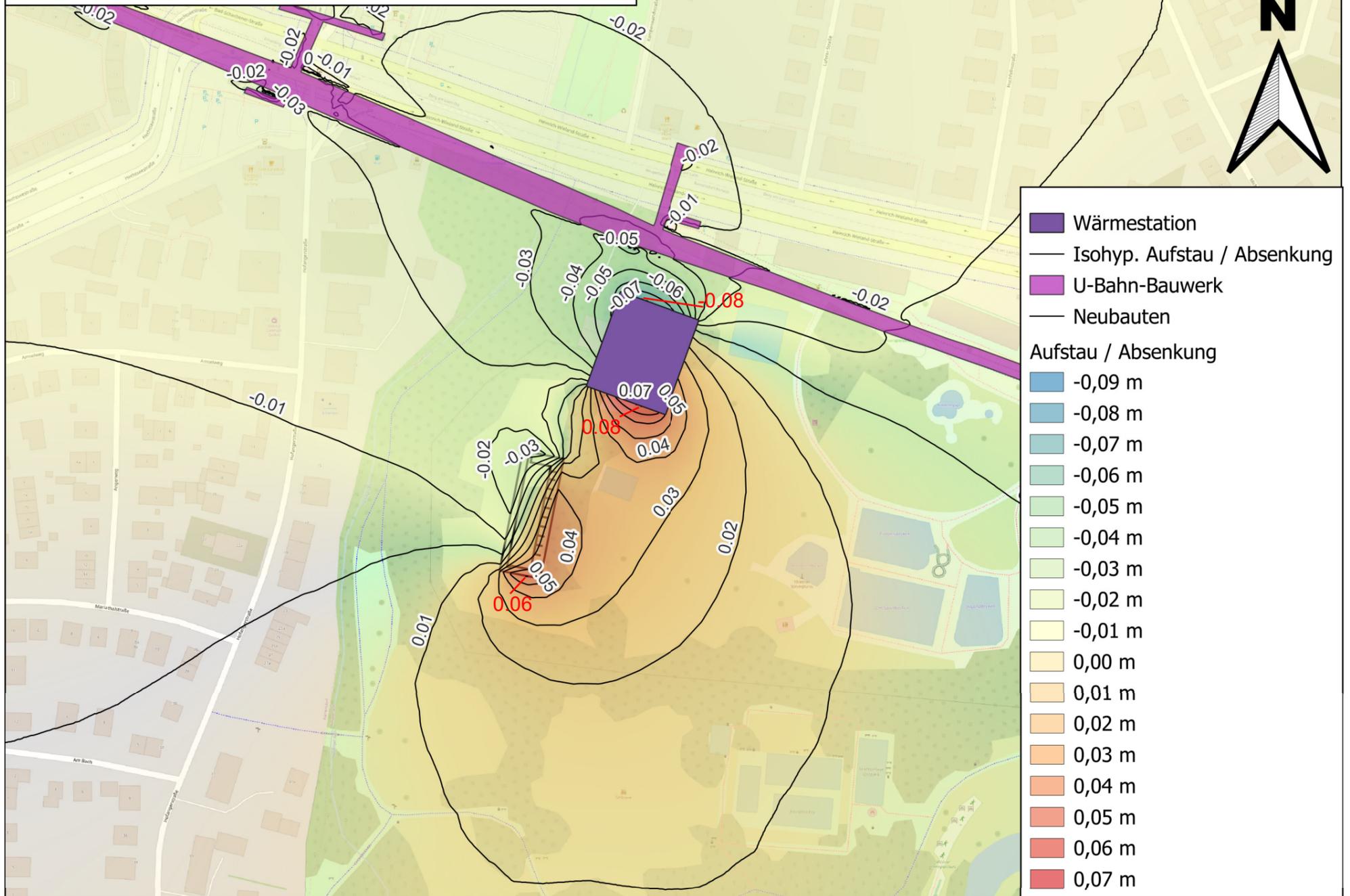


Wärmestation minimale Ausdehnung

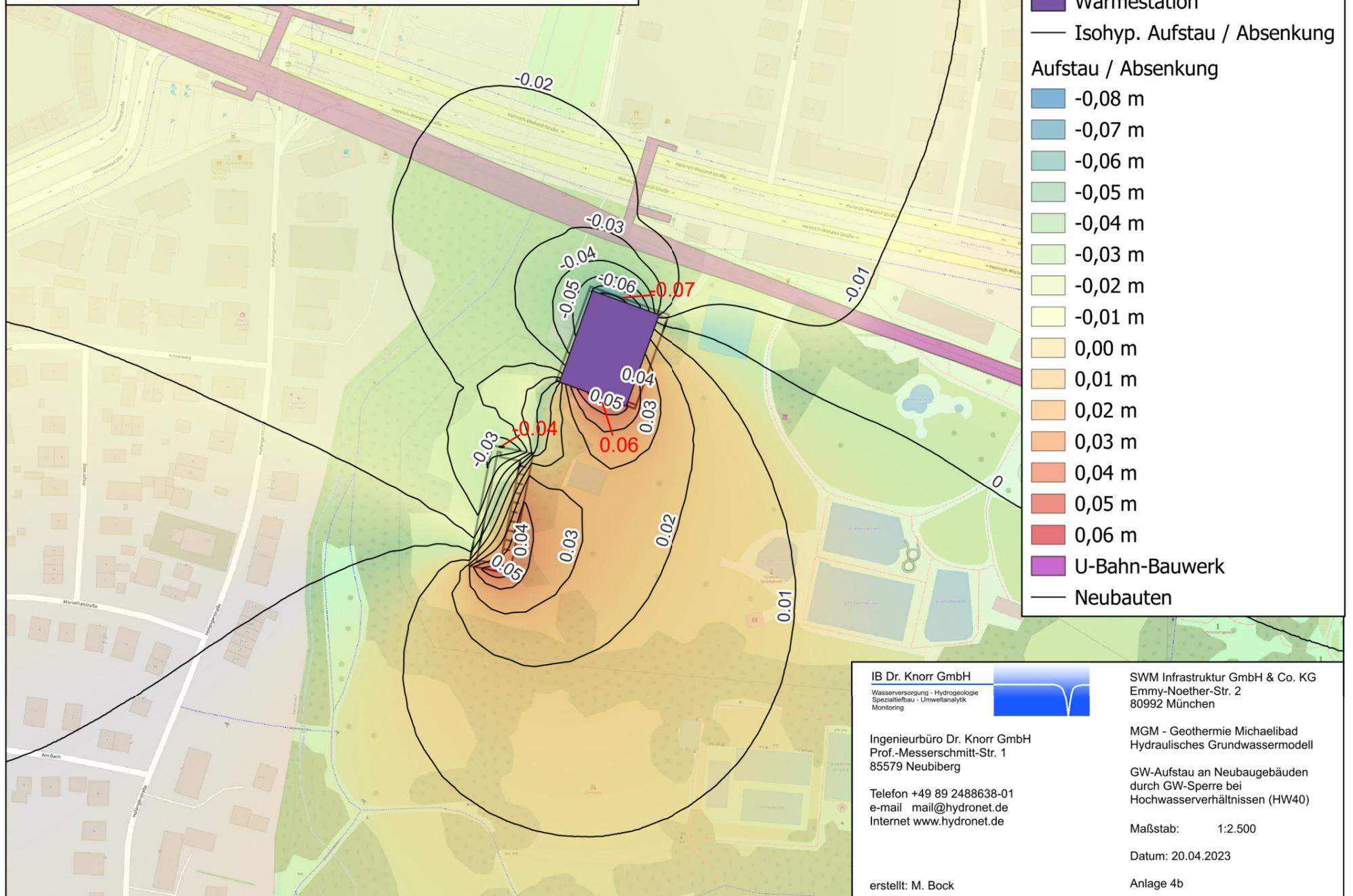


<p>IB Dr. Knorr GmbH Wasserversorgung - Hydrogeologie Spezialtiefbau - Umweltanalytik Monitoring</p>		<p>SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG Emmy-Noether-Str. 2 80992 München</p>
<p>Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH Prof.-Messerschmitt-Str. 1 85579 Neubiberg</p>		<p>MGM - Geothermie Michaeliab Hydraulisches Grundwassermodell</p>
<p>Telefon +49 89 2488638-01 e-mail mail@hydronet.de Internet www.hydronet.de</p>		<p>Grundwassergleichenpläne Hochwasserverhältnisse (HW40) mit und ohne Wärmestation</p>
<p>erstellt: M. Bock</p>		<p>Maßstab: 1:1.000 Datum: 20.04.2023 Anlage 3d</p>

Bohrkeller und Wärmestation maximale Ausdehnung



Bohrkeller und Wärmestation minimale Ausdehnung



IB Dr. Knorr GmbH
 Wasserversorgung - Hydrogeologie
 Spezialtiefbau - Umweltanalytik
 Monitoring



Ingenieurbüro Dr. Knorr GmbH
 Prof.-Messerschmitt-Str. 1
 85579 Neubiberg

Telefon +49 89 2488638-01
 e-mail mail@hydronet.de
 Internet www.hydronet.de

erstellt: M. Bock

SWM Infrastruktur GmbH & Co. KG
 Emmy-Noether-Str. 2
 80992 München

MGM - Geothermie Michaeliab
 Hydraulisches Grundwassermodell

GW-Aufstau an Neubaugebäuden
 durch GW-Sperre bei
 Hochwasserverhältnissen (HW40)

Maßstab: 1:2.500

Datum: 20.04.2023

Anlage 4b