

UNTERLAGE 8

Gutachten, Untersuchungen und Genehmigungen

Unterlage	Bezeichnung
8.1	Boden
8.2	Grundwasser
8.2 8.3	Kampfmittel und Altlastensanierung
8.3 8.4	Landschaftspflegerischer Begleitplan
8.4 8.5	Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag
8.5 8.6	Schalltechnische Untersuchungen
8.6 8.7	Entwässerung
8.7 8.8	Verkehrsuntersuchung
8.8 8.9	Brandschutz
8.9 8.10	Trassierung
8.10 8.11	Fahrleitungsanlage

UNTERLAGE 8.1

Boden

Unterlage	Bezeichnung
8.1.1	Geotechnischer Bericht Voruntersuchungen
8.1.2	Machbarkeitsstudie zur Geothermie

UNTERLAGE 8.1.1

Geotechnischer Bericht Voruntersuchungen

Unterlage	Bezeichnung
	Zusammenfassung Geotechnischer Bericht Voruntersuchungen Geotechnischer Bericht Voruntersuchungen
	Anlage 1: Geologie und Grundwassergleichen
	Anlage 2: Geologische Schnitte, Umweltatlas
	Anlage 3: Ingenieurgeologische Karte
	Anlage 4: Geologische Bohrdaten
	Anlage 5: Geländehöhen 2009, Umweltatlas
	Anlage 6: Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW), Umweltatlas
	Anlage 7: Zu erwartender mittlerer höchster Grundwasser- stand (zeMHGW), Umweltatlas
	Anlage 8: Wasserdurchlässigkeit Kf der Böden 2010, Umwelt- atlas

Schreiben vom 17.06.2020

PS 18/16

Zusammenfassung Geot. Bericht - Voruntersuchungen

BFADL – Neubau
Straßenbahnbetriebshof Adlershof

Geotechnischer Bericht – Voruntersuchungen

Das Projektgebiet befindet sich in direkter Nachbarschaft des Grundstückes am Studio 16 in Berlin Adlershof, für welches unserem Büro bereits umfangreiche Kenntnisse im Hinblick auf die geologischen- und hydrogeologischen Baugrundverhältnisse durch die erfolgreiche Bearbeitung des Bauvorhabens „Solon AG“ in allen Leistungsphasen der HOAI vorliegen.

Gemäß den Archivdaten aus dem Geoportal Berlin ist das hier betrachtete Baufeld geologisch dem Warschau-Berliner-Urstromtal zuzuordnen. Auf Grundlage der Ergebnisse der Voruntersuchungen sowie unserer Erfahrungswerte stehen auf dem Grundstück unterhalb der künstlichen Auffüllungen ab einer Tiefe von ca. 2,50 m unter GOK tragfähige Talsande an.

Gemäß der Grundwassergleichenkarte aus dem Jahr 2017 liegt der durch die Entnahmebrunnen des Wasserwerkes Johannisthal beeinflusste Grundwasserstand (GW) auf dem Grundstück im Mittel bei ca. 32,50 m NHN und somit ca. 2,50 m unterhalb der gemittelten GOK von ca. 35,00 m NHN.

Erfahrungsgemäß ist für die mittelsandigen Ablagerungen der Talsande von durchlässigen bis stark durchlässigen Böden (Durchlässigkeitsbeiwerte k_f von ca. 10^{-5} m/s bis ca. 10^{-3} m/s) auszugehen. Die oberflächennah anstehenden Talsande mit mittleren Durchlässigkeitsbeiwerten k_f von ca. 10^{-4} m/s sind grundlegend hinreichend für die Versickerung von Regenwasser geeignet.

In Abhängigkeit der Verunreinigungen sind die anstehenden Auffüllungen nur bedingt für den Wiedereinbau geeignet. Nach entsprechender Aufbereitung und ggf. erforderlicher Reinigung können die Auffüllungen teilweise für einen Wiedereinbau verwendet werden.

Beratung ■
Entwurf ■
Planung ■
Bauüberwachung ■

**GuD Planungsgesellschaft
für Ingenieurbau mbH**



GuD Planungsgesellschaft mbH • Wilhelm-Kabus-Str. 9 • 10829 Berlin

BERATENDE INGENIEURE

Wilhelm-Kabus-Str. 9 • 10829 Berlin
Tel.: +49 (0)30 832148-0
Fax: +49 (0)30 832148-99
e-mail: berlin@gudplanung.de
www.gudplanung.de

**Entwurf, Projektierung und
Konstruktion im Ingenieurbau**

Ingenieurbauwerke, Baugruben,
Tunnel- und Wasserbauten,
Hochbauten, Bestandssanierung,
Beweis- und Qualitätssicherung

Geotechnischer Bericht Voruntersuchungen

[Index C]

PS 18/16

BAUVORHABEN: BFADL – Neubau Straßenbahnbetriebshof Adlershof
Köpenicker Straße 1
12489 Berlin

AUFTRAGGEBER: Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR
Holzmarktstraße 15-17
10119 Berlin

FACHPLANER: GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH
Wilhelm-Kabus-Str. 9
10829 Berlin

PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. Oskar-H. Pekoll

BEARBEITER: Dipl.-Ing. Alexander Borns, Yang Xu M.Sc.

Berlin, 17.06.2020 [Index C], 29.11.2019 [Index B], 12.07.2019 [Index A], 14.02.2019 [Index 0]
Dieses Dokument umfasst 29 Seiten und 8 Anlagen

K:\PS18-16 ADLER\5 Gutachten_Bauteilkatalog\5.1 Intern\Baugrundgutachten\200617_Adler_Geot.-Bericht_Voruntersuchungen - Index C.docx

Handelsregister:
HRB 73 852
Berlin-Charlottenburg

Commerzbank AG
BIC: DRESDEFF100
IBAN: DE83 1008 0000 0400 7992 00

Geschäftsführender
Gesellschafter:
Dipl.-Ing. Oskar-H. Pekoll

ISO 9001



■ D-10829 Berlin • Wilhelm-Kabus-Straße 9
Tel. +49 (0)30 832148-0 Fax +49 (0)30 832148-99
■ D-20537 Hamburg • Wendenstraße 279
Tel. +49 (0)40 248278920 Fax +49 (0)40 2482789-29
■ A-1090 Wien • Ruffgasse 9/25
Tel. +43 (0)1 319151919 Fax +43 (0)1 3191522

Seitennummerierung

Die Seitennummerierung erfolgt fortlaufend.

Nachträgliche Ergänzungen (Einschubseiten) werden durch Abtrennen mit einem Punkt hinter der Seitennummer fortlaufend nummeriert, z. B.: Seite 15.1, 15.2 usw. sind die Einschubseiten 1 und 2 hinter Seite 15.

Austauschseiten werden mit einem Buchstabenindex versehen (von a fortlaufend im Alphabet), z. B.: Seite 15a ersetzt Seite 15, Seite 15b ersetzt Seite 15a usw.

Mit der ersten Änderung bekommt das Dokument den Index A. Der aktuelle Index ist dem Deckblatt zu entnehmen.

Das Revisionsverzeichnis gibt zu jeder Änderung einen Überblick über die geänderten, neu ein- oder angefügten und ungültigen Seiten. Dabei erhält die erste Seite des Revisionsverzeichnisses des Index A die Nummerierung R-A.1. Die zweite Seite des Revisionsverzeichnisses des Index B hat die Nummerierung R-B.2 usw.

Mit jedem neuen Index wird ein Vorwort eingefügt, in welchem die Änderungen ergänzend zum Revisionsverzeichnis textlich beschrieben sind. Die erste Seite des Vorwortes zum Index A erhält die Nummerierung V-A.1. Die zweite Seite des Vorwortes zum Index B bekommt die Nummerierung V-B.2 usw.

**Revisionsverzeichnis**

Index	Seiten	Ersteller	Datum	Unterschrift Ersteller	Projektleiter	Datum	Unterschrift Projektleiter
	a) geänderte Seiten b) neu ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten						
C	a) geänderte Seiten Deckblatt, Seiten 6b, 7b, 9a, 11b, 14a, 16a b) neu ein- oder angefügte Seiten R-C.1, V-C.1 c) ungültige Seiten -	Borns	17.06.2020	<i>A. Borns</i>	Pekoll	17.06.2020	<i>Oliver Pekoll</i>



Revisionsverzeichnis

Index	Seiten	Ersteller	Datum	Unterschrift Ersteller	Projektleiter	Datum	Unterschrift Projektleiter
	a) geänderte Seiten b) neu ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten						
B	a) geänderte Seiten Deckblatt, Seiten 3 bis 5 b) neu ein- oder angefügte Seiten R-B.1, V-B.1 c) ungültige Seiten -	Borns	29.11.2019	<i>A. Borns</i>	Pekoll	29.11.2019	<i>Oliver Pekoll</i>



Revisionsverzeichnis

Index	Seiten	Ersteller	Datum	Unterschrift Ersteller	Projektleiter	Datum	Unterschrift Projektleiter
	a) geänderte Seiten b) neu ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten						
A	a) geänderte Seiten Deckblatt, Seiten 6 und 7, Seite 11 b) neu ein- oder angefügte Seiten R-A.1, V-A.1 c) ungültige Seiten -	Borns	12.07.2019	<i>A. Borns</i>	Pekoll	12.07.2019	<i>Oliver Pekoll</i>



Revisionsverzeichnis

Index	Seiten	Ersteller	Datum	Unterschrift Ersteller	Projektleiter	Datum	Unterschrift Projektleiter
	a) geänderte Seiten b) neu ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten						
0	Geotechnischer Bericht - Voruntersuchungen	Borns	14.02.2019	<i>A. Borns</i>	Pekoll	14.02.2019	<i>Oliver Pekoll</i>



Vorwort zum Index C

Mit dem Index C wurde die Unterlage im Zuge des Prüfumlaufes bei der BVG redaktionell überarbeitet.

Dem Revisionsverzeichnis für den Index C können sämtliche geänderte, neu ein- oder angefügte sowie ungültige Seiten der Fortschreibung des Index C entnommen werden.



Vorwort zum Index B

Mit dem Index B wurde die Quelle der Abbildungen angepasst.

Dem Revisionsverzeichnis für den Index B können sämtliche geänderte, neu ein- oder angefügte sowie ungültige Seiten der Fortschreibung des Index B entnommen werden.



Vorwort zum Index A

Mit dem Index A wurde diese Unterlage gemäß derzeitigem Planungsstand hinsichtlich des Entfalls der Tiefgarage überarbeitet.

Außerdem wurden kleinere redaktionelle Überarbeitungen vorgenommen.

Dem Revisionsverzeichnis für den Index A können sämtliche geänderte, neu ein- oder angefügte sowie ungültige Seiten der Fortschreibung des Index A entnommen werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Unterlagen	2
3	Beschreibung des Bauvorhabens	5
3.1	Grundstück.....	5
3.2	Geplante Bebauung	6
3.3	Geotechnische Kategorie	7
4	Ergebnisse Voruntersuchungen	8
4.1	Baugrundverhältnisse.....	8
4.1.1	Geologie	8
4.1.2	Baugrundsichtung	11
4.1.3	Bodenmechanische Kennwerte	13
4.1.4	Bodendynamische Kennwerte	13
4.2	Grundwasserverhältnisse.....	14
4.2.1	Hydrogeologie.....	14
4.2.2	Örtliche Besonderheiten	15
4.2.3	Grundwasserspiegel im Grundstücksbereich	16
4.2.4	Wasserdurchlässigkeit und Filtervermögen.....	16
4.2.5	Versickerungsfähigkeit.....	17
5	Ergänzende bautechnische Hinweise	18
	Anlagenverzeichnis	19

1 Veranlassung

Die GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH wurde durch den Bauherren

Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR

Holzmarktstraße 15-17

10119 Berlin

damit beauftragt, für den geplanten Straßenbahnbetriebshof des Grundstücks Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin-Adlershof einen Geotechnischen Bericht - Voruntersuchungen zu erarbeiten.

Die Themen der Altlasten sowie der Kampfmittel- und Baufeldfreimachung werden bereits in einem gesonderten Bericht [U2.1] behandelt und werden hier nicht genauer dargestellt.

Die Ergebnisse der Voruntersuchungen sind lediglich vorläufige Angaben auf Grundlage von Erfahrungswerten und im Zuge der Hauptuntersuchungen zu verifizieren.

2 Unterlagen

U1 Gesetze, Vorschriften, Richtlinien und Regelwerke

- [U1.1] DIN EN 1997-2:2010-10, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung
- [U1.2] DIN EN ISO 22476-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (ISO 22476-1:2012 + Cor. 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 22476-1:2012 + AC:2013. Oktober 2013
- [U1.3] DIN EN ISO 22475-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2006. Januar 2007
- [U1.4] DIN 4030-2: Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben. Juni 2008
- [U1.5] DIN 50929-2: Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Teil 2: Installationsteile innerhalb von Gebäuden
- [U1.6] DIN EN ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016); Deutsche Fassung EN ISO 17892-4:2016. April 2017
- [U1.7] DIN EN ISO 17892-5: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 5: Ödometerversuch mit stufenweiser Belastung (ISO 17892-5:2017); Deutsche Fassung EN ISO 17892-5:2017. August 2017
- [U1.8] DIN 18137-3: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Scherfestigkeit – Teil 3: Direkter Scherversuch. September 2002
- [U1.9] DIN 4023:2006-02, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
- [U1.10] DIN EN ISO 14688-1:2018-05, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung

- [U1.11] DIN EN ISO 14688-2: 2018-05, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifikation von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierung
- [U1.12] DIN EN ISO 17892-1:2015-03, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts
- [U1.13] DIN EN ISO 17892-2:2015-03, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens
- [U1.14] DIN EN ISO 17892-12:2018-10, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen
- [U1.15] DIN 4030-1:2008-06; Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte
- [U1.16] DIN 18126:1996-11, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- [U1.17] DIN EN ISO 17892-3:2016-07 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 3: Bestimmung der Korndichte
- [U1.18] DIN 18196:2011-05, Erd- und Grundbau – Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke
- [U1.19] DIN 4020:2010-12; Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

U2 Gutachten, Berichte, Fachliteratur und Stellungnahmen

- [U2.1] Ingenieurleistungen zur Baufeldvorbereitung in den Fachbereichen Altlasten, Entsorgung, Analytik, Kampfmittelräumung, Rückbau und Erdbau, Projekt: ehemaliger Kohlebahnhof Adlershof. Ingenieurbüro Döring GmbH, 18.09.2018
- [U2.2] Schreiben der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Landesgrundwasserdienst vom 17.10.2006 (Zeichen V III E 322)
- [U2.3] Sonntag, A. 2005: Karte der an der Oberfläche anstehenden Bildungen mit Darstellung ausgewählter Geotope und geologischer Objekte – Landkreis Uckermark mit Beiheft, (4) – Kleinmachnow/Potsdam (Geoportal-Berlin)

- [U2.4] Limberg, A. & Sonntag A. (2013): Beiheft zur Geologischen Übersichtskarte 1 : 100 000, Berlin. – 30 S., Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin in Zusammenarb. m. d. Landesamt f. Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Brandenburg und d. Landesvermessung und Geobasisdateninformation Brandenburg (Geoportal-Berlin)
- [U2.5] Limberg, A.; Thierbach, J. (2002): Hydrostratigrafie von Berlin - Korrelation mit dem Norddeutschen Gliederungsschema. - Brandenburgische Geowiss. Beitr., 9, 1/2, S. 65 - 68; Kleinmachnow (Geoportal-Berlin)
- [U2.6] Stadtplan (Übersichtskarte 1:50.000); Geoportal berlin (FIS-Broker); 29.11.2019

U3 Architektenplanung

- [U3.1] Lageplan der geplanten Bebauungen 1:500, 04.09.2018

3 Beschreibung des Bauvorhabens

3.1 Grundstück

Das Grundstück befindet sich in der Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin-Adlershof im Berliner Stadtbezirk Treptow-Köpenick und wird von der Köpenicker Straße begrenzt. Die östliche Grenze bildet der Bahndamm mit der S-Bahn- und die Bundesstraße 96a. Im Norden und Westen des Grundstücks befindet sich ein Wohn- und Gewerbegebiet. Die derzeitigen Geländehöhen betragen zwischen etwa 34 bis 35 m NHN. Das Gelände liegt größtenteils als Sandfläche brach. Auf dem Gelände stehen einzelne Bäume / Baumgruppen.



Abbildung 3-1: Lageplan des Grundstücks (Geoportal-berlin, [U2.6])

Die Fläche wurde von 1894 bis 1959 als Güter- und Rangierbahnhof Berlin-Adlershof genutzt. Von ca. 1950 bis 1990 gehörte das Gelände der Deutschen Reichsbahn. Ab ca. 1950 wurde das Gelände durch die Deutsche Reichsbahn und später auch bereichsweise durch die NVA als Kohlebahnhof bzw. Umschlagplatz für Kohle und Baustoffe genutzt [U2.1].

Gemäß der Unterlage [U2.1] wurde eine aktuelle Auskunft aus dem Bodenbelastungskataster Berlin durch das Umweltamt des Bezirks Treptow-Köpenick am 09.02.2018 erteilt. Die Fläche des ehemaligen Kohlebahnhofs Adlershof wurde am 08.02.1993 unter der Nummer „7680+“ in das Bodenbelastungskataster Berlin aufgenommen, eine kleine Teilfläche im Nordwesten gehört zur Nummer „7782+“.

Das Untersuchungsgelände befindet sich nicht in einem Wasserschutzgebiet.

3.2 Geplante Bebauung

Die BVG plant auf dem ca. 52.000 m² großen Grundstück die Errichtung eines modernen Straßenbahnbetriebshofes. Im Osten soll eine Abstellfläche für Schienenfahrzeuge entstehen. Gemäß derzeitigem Planungsstand ist eine Tiefgarage nicht vorgesehen. Im Westen ist ein Gebäude mit Lagerflächen und Werkstätten im Erdgeschoss und sozialen Einrichtungen sowie Verwaltungsbüros im Obergeschoss geplant. Nördlich der Abstellfläche befindet sich die Einsatzleitung mit der Weichensteuerung. Das Nebengebäude mit dem Gleichrichterwerk befindet sich nördlich der Werkstatthalle. Auf der Freifläche nördlich der Einsatzleitung und südlich der Abstellfläche sollen Wasserspeicher entstehen, die einen großen Teil des auf der Fläche anfallenden Regenwassers zurückhalten und langsam ableiten. Der Speicher soll auch als Löschteich und zur Reinigung der Straßenbahnen dienen. Ein Großteil der Restfläche wird befestigt bzw. sind darauf Gleistrassen vorgesehen.

Der Tabelle 3-1 sind die geplanten Bauwerksflächen sowie die zugehörigen Baugrubentiefen gemäß dem aktuellen Planungsstand aufgeführt (vgl. [U3.1]).

Tabelle 3-1: Angaben der Bauwerke

Bauwerke	Bauwerksfläche [m ²]	vorläufige Gründungsebene [m u. GOK]
Gebäude West	6.200	2,4
Gebäude Ost	14.600	1,5
Wasserspeicher	4.300	5,0

Nach aktuellem Kenntnisstand ist geplant die Erdwärme auf dem Grundstück für Heizung und Kühlung der Bauwerke bzw. der Räumlichkeiten zu nutzen. Erweiterte Untersuchungen hinsichtlich der thermischen Nutzung des Baugrundes werden jedoch gesondert beschrieben und durchgeführt.

3.3 Geotechnische Kategorie

Die Hallenbauwerke werden nach aktuellem Kenntnisstand flach gegründet. Der Aushub für die Hallenbauwerke erfolgt voraussichtlich im Schutze einer geböschten oder mittels Trägerbohlwand gesicherten konventionellen Baugrube ohne Wasserhaltung.

Der geplante Wasserspeicher ist auf Grund des Aushubniveaus und der Einbindung in das Grundwasser voraussichtlich ebenfalls im Schutze einer Trogbaugrube und einer Restwasserhaltung herzustellen. Auf Grund der Einbindung in das Grundwasser ist ggf. auch hier eine Auftriebssicherung durch Rückverankerungen erforderlich. Die Baugrubenwand wird unter Berücksichtigung des Aushubniveaus und der Abmessungen der geplanten Baugrube wahrscheinlich als Spundwand hergestellt. Die Dichtsohle als horizontale Baugrubenumschließung wird voraussichtlich als Düsenstrahlsohle konzipiert.

Genauere Planungslösungen werden im Zuge der Baugrubenplanung erarbeitet und sind im Zuge der Hauptuntersuchungen für den Geotechnischen Bericht zu berücksichtigen.

Gemäß dem aktuellen Planungsstand ist das Bauvorhaben aufgrund der oben genannten Spezialtiefbaumaßnahmen voraussichtlich der geotechnischen Kategorie 2 zuzuordnen.

4 Ergebnisse Voruntersuchungen

4.1 Baugrundverhältnisse

4.1.1 Geologie

Großräumig gesehen ist das Projektgebiet Teil der Jungmoränenlandschaft der Norddeutsch-Polnischen Senke.

Im Brandenburger Stadium drang der erste Eisvorstoß der Weichsel-Eiszeit bis ca. 30 km südlich von Berlin. In diesem Zuge wurden durch eine mächtige Gletschergrundmoräne Ablagerungen geschaffen, welche im Bereich des heutigen Berlins als Geschiebemergel oder -lehm angetroffen werden. Da sich das Eis etappenweise zurückzog, lagerten sich durch kleinere Vorstöße immer wieder weitere Endmoräne-Staffeln ab. Gleichzeitig flossen Schmelzwässer in dem breiten Berlin-Warschauer-Urstromtal ab, wodurch es zur Ablagerung mächtiger Sande kam. Das Urstromtal kerbte sich in die umgebenden Grundmoränenplatten ein. Somit wurde die für Berlin und Brandenburg typische Landschaftsform der Hochflächen und Niederungen geschaffen.

Das Projektgebiet befindet sich gemäß den Archivdaten aus dem Geoportal Berlin (vgl. Anlage 1.1 bis 1.4) im Warschau-Berliner-Urstromtal. Der Abbildung 4-1 ist die Geologisch-morphologische Gliederung von Brandenburg und Berlin zu entnehmen.

Die Geländeoberkante liegt gemäß Anlage 1.5 im Mittel bei ca. 35 m NHN.

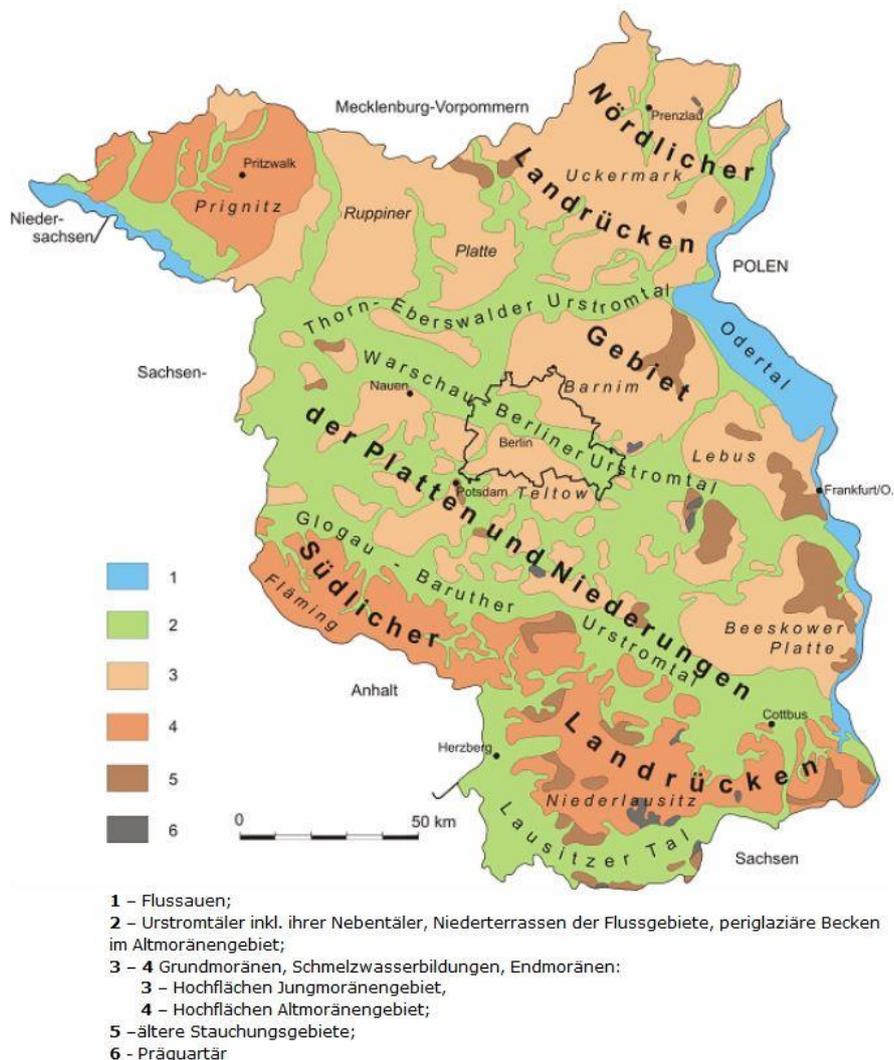
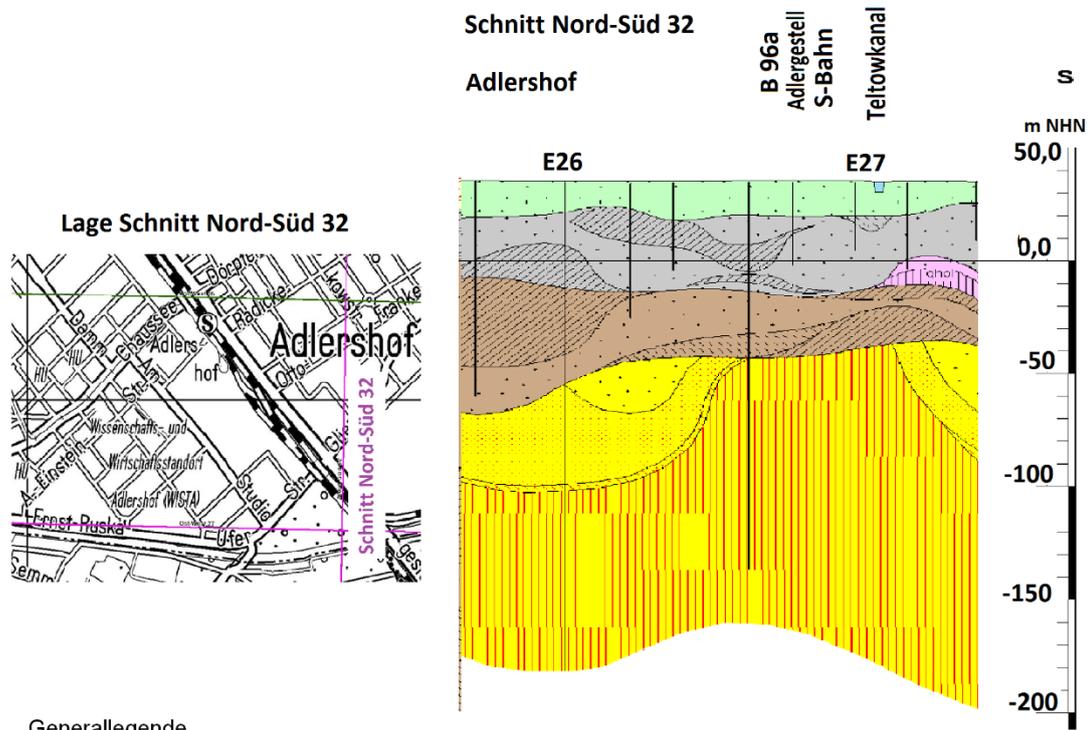


Abbildung 4-1: Geologisch-morphologische Gliederung von Brandenburg und Berlin [U2.3]

Der Abbildung 4-2 kann der Geologische Schichtenaufbau aus dem geologischen Schnitt (Nord-Süd 32 – siehe Anlage 1.2) in der Nähe des Grundstückes entnommen werden.

Gemäß den Archivdaten aus dem Geoportal Berlin (vgl. Anlage 1.1 bis 1.4) besteht der oberflächennahe Schichtenaufbau des Grundstückes bis zu einer Tiefe von maximal ca. 20 m unter der Geländeoberkante (GOK) aus quartären Ablagerungen von Talsanden der Weichsel-Kaltzeit mit teilweise kiesigen Bestandteilen. Gemäß der Geologischen Skizze (vgl. Anlage 1.1) können oberflächlich bereichsweise auch quartäre See- und Moorablagerungen aus Mudde, Torf und Schluffen aus dem holozän geringer Mächtigkeiten von unter zwei Metern vorkommen.



Generallegende

Quartär

Weichsel-Kaltzeit qw

Talsand, z.T. kiesig

Saale-Kaltzeit qs

Schmelzwassersand, z.T. kiesig

Geschiebemergel

Beckenschluff, -ton

Holstein-Warmzeit qhol

Sand, z.T. kiesig (fluviatil)

Ton, Mudde, Schluff

Elster-Kaltzeit qe

Schmelzwassersand, z.T. kiesig

Geschiebemergel

Beckenschluff, -ton

Tertiär

Miozän tmi

Quarzsand

Oberoligozän / Cottbuser Folge toICO

Feinsand mit Glimmer

Schluff, Ton

Mitteloligozän / Rupel-Folge toIR

Ton (Rupelton)

geologische Grenze

geologische Grenze unsicher

Scholle

Bohrung in Berlin / Brandenburg

Abbildung 4-2: Auszug geologischer Schnitt Nord-Süd 32 für Projektgebiet (vgl. Anlage 1.2)

Auf Grund der Ablagerungsgeschichte ist innerhalb der Talsande mit dem Vorhandensein von Steinen und regellos verteilten Blöcken zu rechnen. In den Abflussrinnen der Urstromtäler und deren Seitentälern (Spree, etc.) trifft man häufig organische Ablagerungen (Torf, Mudde, etc.) des Holozäns an.

Darunter sind gemäß den geologischen Schnitten (vgl. Anlage 1.2) Saale-kaltzeitliche und Elster-kaltzeitliche Ablagerungen von Schmelzwassersanden mit Geschiebemergelinschaltungen und vereinzelt Beckenschluffbereichen bis in eine Tiefe von ca. 80 m unter GOK anzutreffen.

Im Liegenden finden sich ab 80 m unter GOK tertiäre Ablagerungen aus Quarzsanden des Miozäns, Feinsanden mit Glimmer, Schluffen und Tonen des Oberoligozäns und Tonen des Mitteloligozäns wieder.

4.1.2 Baugrundsichtung

Die geologischen Bohrarchivdaten der Altaufschlüsse aus dem Geoportal-Berlin (siehe Anlage 1.4) bestätigen den grundsätzlichen oberflächennahen Schichtenaufbau auf dem Grundstück. Gemäß der Unterlage [U2.1] sowie den Altaufschlussbohrungen (siehe Anlage 1.4) ist auf dem Grundstück teilweise mit anthropogenen Auffüllungen bis ca. 2,5 m unter GOK zu rechnen. Unter den Auffüllungen liegen Fein- und Mittelsande. Innerhalb dieses Schichtpaketes wurden auch bereichsweise dünne Schichten von Mudden, Torfen und Schluffen erkundet, von deren nähere Beschreibung jedoch vorerst auf Grund der geringen Einflussnahme hinsichtlich der bodenmechanischen Baugrundeigenschaften abgesehen wird. Sofern im Zuge der Hauptuntersuchungen dickere Schichten dieser Art festgestellt werden, ist der Einfluss dieser Schichten hinsichtlich der Baugrundeigenschaften genauer zu betrachten.

Ramm- bzw. Drucksondierungen, die Aussagen über die Lagerungsverhältnisse der Sande gestatten, liegen bisher nicht vor.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Voruntersuchungen lässt sich der Baugrund auf dem Grundstück im voraussichtlich beeinflussten Tiefenbereich in folgende Bodenschichten gliedern:

- Schicht A Anthropogene Auffüllungen
- Schicht B Talsande

Gemäß DIN 4020 sind Aufschlüsse in Boden und Fels als Stichprobe zu bewerten. Demnach lassen sie für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt.

Schicht A – Anthropogene Auffüllung

Bei den Altaufschlussbohrungen gemäß den geologischen Bohrarchivdaten (vgl. Anlage 1.4) und bei den direkten Aufschlüssen mittels Baggerschürfen im Zuge der Untersuchungen zur Baufeldfreimachung [U2.1] wurden anthropogene Auffüllungen angetroffen.

Die Auffüllungen sind überwiegend sandig ausgebildet und mit variierenden Bauschuttresten (Bauschutt, Ziegelbruch) sowie Kies- und Steinbeimengungen durchsetzt.

Die Mächtigkeit der Schicht A variiert stark und ist auf Grund der durchgeführten Beräumungsmaßnahmen (vgl. [U2.1]) mit einer Dicke von bis zu ca. 2,5 m unter GOK anzunehmen. Die Mächtigkeit der Auffüllungen ist im Zuge der Hauptuntersuchungen des geotechnischen Berichtes genauer zu untersuchen.

Grundsätzlich ist erfahrungsgemäß nicht auszuschließen, dass die Auffüllung zwischen den Bohrpunkten auch noch größere Mächtigkeiten erreichen kann. Kompakte Bauschuttreste wurden mit den Bohrungen nicht erbohrt, jedoch können Bauwerksreste und Hindernisse im Untergrund der Vornutzung des Geländes nicht ausgeschlossen werden.

Erfahrungsgemäß kann im Bereich der Auffüllungen von einer lockeren bis maximal mitteldichten Lagerung ausgegangen werden.

Schicht II – Sande und Kiese

Im Untersuchungsbereich liegen unter den Auffüllungen Talsande aus der Weichsel-Kaltzeit, die aus Sanden aller Kornfraktionen (fein, mittel, grob) gebildet sind. Innerhalb dieses Schichtpaketes wurden teilweise auch schluffige Beimengungen bzw. auch dünne bindige Schichten / Schluffstreifen sowie vereinzelt Torfe und Mudden erkundet (vgl. Anlage 1.4).

Erfahrungsgemäß kann im Bereich der Talsande von einer oberflächlich lockeren, im überlagerten Bereich von einer lockeren bis mitteldichten und in größeren Tiefen von einer dichten Lagerung ausgegangen werden.

4.1.3 Bodenmechanische Kennwerte

Auf Grundlage von Erfahrungswerten aus Projekten in vergleichbaren Baugrundverhältnissen in Berlin können vorerst bodenmechanische Kennwerte gemäß Tabelle 4-1 angenommen werden.

Tabelle 4-1: Bodenmechanische Kennwerte (charakteristische Werte)

Bodenschicht	Feuchtwichte [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb [kN/m ³]	Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Steifemodul [MN/m ²]	
					E _{s,k}	E _{sw,k}
sandige Auffüllungen	17-18	9-10	30-32	0	-	-
Talsande						
locker gelagert	17,5	9,5	31	0	10 x \sqrt{t}	3 x E _{s,k}
mitteldicht gelagert	18,0	10,0	32,5	0	20 x \sqrt{t}	
dicht gelagert	18,5	10,5	35	0	30 x \sqrt{t}	

T – Tiefe ab Geländeoberkante (Ursprungsgelände)

Es – Steifemodul für Erstbelastung

Esw – Steifemodul für Wiederbelastung

4.1.4 Bodendynamische Kennwerte

In Anlehnung an Eurocode 8 – DIN EN 1998-1/NA ist das Projektgebiet keiner Erdbebenzone zuzuordnen.

4.2 Grundwasserverhältnisse

4.2.1 Hydrogeologie

Das betrachtete Grundstück liegt im Bereich des Warschau-Berliner Urstromtals (vgl. Abschnitt 4.1.1). Die hydrostratigrafischen Einheiten sind in dem schematischen Hydrogeologischen Nord-Süd-Schnitt gemäß Abbildung 4-3 dargestellt. Gemäß Limberg & Thierbach [U2.5] werden in Berlin mehrere hydrostratigrafische Einheiten zu fünf übergeordneten, hydraulisch unterschiedlichen Grundwasserleitern zusammengefasst.

Der weichsel-kaltzeitliche bis holozäne Grundwasserleiter ist gemäß [U2.5] im Urstromtal großflächig ausgebildet und meist mit dem liegenden saale-kaltzeitlichen Grundwasserleiter, welcher den Hauptgrundwasserleiter in Berlin darstellt, kurzgeschlossen (vgl. Abbildung 4-3).

Hier im Bereich des Urstromtales ist mit ungespannten Grundwasserverhältnissen zu rechnen, sodass die Grundwasserdruckhöhe der Grundwasseroberfläche entspricht.

Auf eine Beschreibung der tieferliegenden Grundwasserleiter wird an dieser Stelle verzichtet, da deren Einflüsse für die geplanten Baumaßnahmen nur eine untergeordnete Rolle spielen. Besonderheiten für die geothermische Nutzung werden in ergänzenden Berichten erfasst.

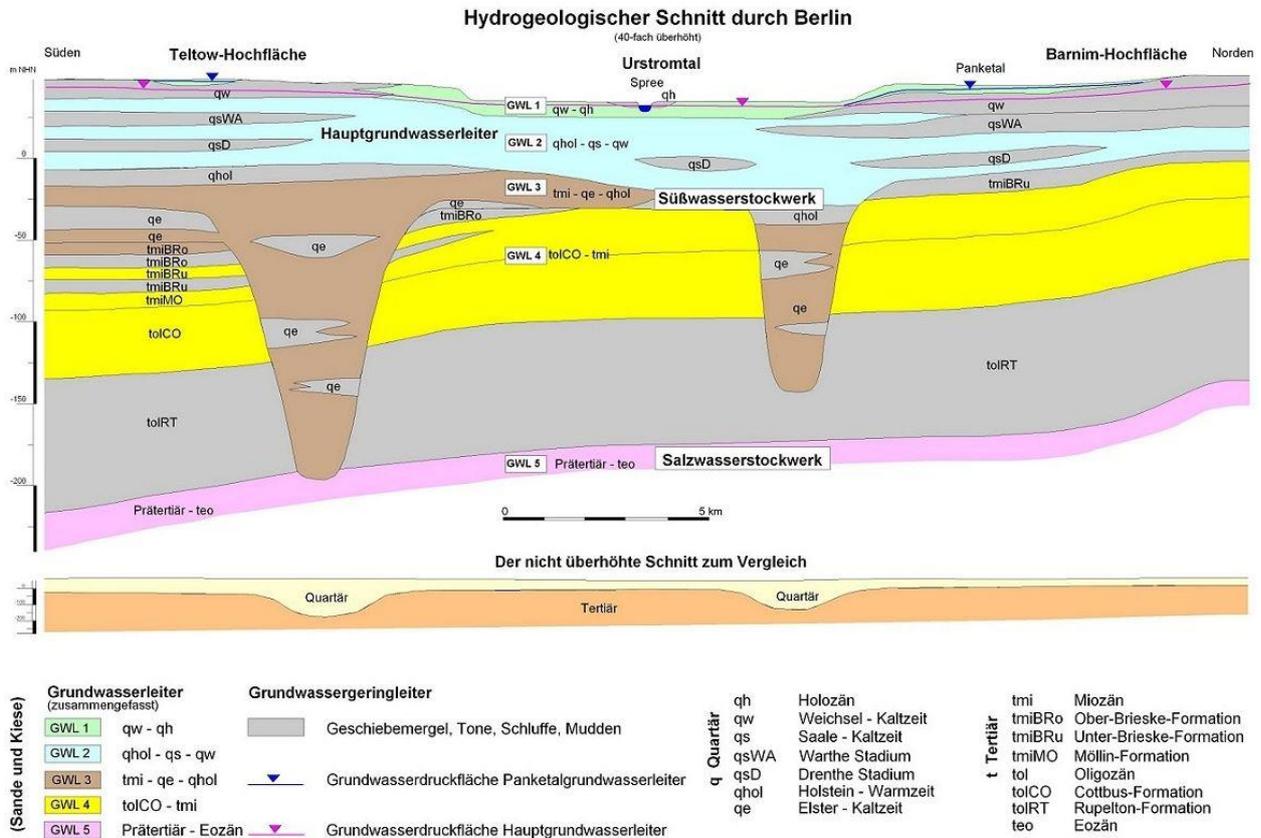


Abbildung 4-3: Hydrogeologischer Schnitt durch Berlin [U 2.4]

4.2.2 Örtliche Besonderheiten

Das Untersuchungsgebiet liegt nach Anlage 1.1 im Einflussbereich der Entnahmehäuser des Wasserwerkes Johannisthal, in welchem jedoch aktuell lediglich eine Wasserhaltung betrieben wird. Die Entfernung zu den Brunnengalerien beträgt gemäß Auskunft der Senatsverwaltung [U2.2] ca. 1350 m. Bei Wiederinbetriebnahme des Wasserwerkes Johannisthal ist ein Sunk und bei Stilllegung ein Anstieg des Grundwasserspiegels im Bereich des betrachteten Grundstückes möglich.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich weiterhin inmitten eines Gebietes, welches von den offenen Gewässern (Spree, Dahme, Teltowkanal, Britzer-Zweigkanal) wie eine Insel umschlossen wird (vgl. [U2.2]).

Das Grundstück befindet sich nicht in einem Wasserschutzgebiet.

Die Grundwasserstände sowie die Grundwasserfließrichtung stehen somit wahrscheinlich in hydraulischer Beziehung zum umliegenden Spree- / Kanal-Flusssystem mit seinen Schleusenanlagen und werden durch die Grundwasserentnahme des Wasserwerkes Johannisthal beeinflusst.

Gemäß [U2.1] sind im Nahbereich des Grundstückes vorwiegend Fließrichtungen in nordwestlicher bis nördlicher Richtung nachweisbar. Vereinzelt wurden auch südliche Fließrichtungen festgestellt, die ggf. auf eventuelle Hochwasser in den umgebenden Flüssen und Kanälen zurückzuführen sind. Auf Grund des geringen GrundwasserOberflächengefälles in dem Gebiet ist mit geringen Fließgeschwindigkeiten zu rechnen.

4.2.3 Grundwasserspiegel im Grundstücksbereich

Gemäß der Grundwassergleichen aus dem Jahr 2017 (siehe Anlage 1.1) liegt der beeinflusste Grundwasserstand (GW) auf dem Grundstück im Mittel bei ca. 32,50 m NHN und somit ca. 2,50 m unterhalb der gemittelten GOK von ca. 35,00 m NHN. Dieser Wert ist nach aktuellem Kenntnisstand bauzeitlich zu erwarten.

Der zu erwartende höchste Grundwasserstand (zeHGW) liegt auf dem Grundstück gemäß Anlage 1.6 bei im Mittel ca. 33,30 m NHN. Dieser Wert ist als Bemessungswasserstand für Bauwerksabdichtungen heranzuziehen.

Der zu erwartende mittlere höchste Grundwasserstand (zeMHGW) liegt auf dem Grundstück gemäß Anlage 1.7 bei im Mittel ca. 32,90 m NHN. Dieser Wert ist als Bemessungswert für Niederschlagswasserversickerungsanlagen heranzuziehen.

Vor und während der Baumaßnahmen sind die Grundwasserspiegel auf dem Grundstück zu überprüfen. Bei wesentlichen Abweichungen sind diese hinsichtlich der geplanten Baumaßnahmen durch den geotechnischen Sachverständigen zu bewerten.

4.2.4 Wasserdurchlässigkeit und Filtervermögen

Erfahrungsgemäß ist für die mittelsandigen Ablagerungen der Talsande von durchlässigen bis stark durchlässigen Böden mit Durchlässigkeitsbeiwerten k_f von ca. 10^{-5} m/s bis ca. 10^{-3} m/s im gesättigten Zustand auszugehen.

Gemäß den Informationen des Geoportals Berlin sind im Bereich des Grundstückes Böden mit Durchlässigkeitsbeiwerten von über $3,5 \times 10^{-5}$ m/s und geringem Filtervermögen zu erwarten (vgl. Anlage 1.8).

Auf Grund der teilflächig bereits durchgeführten Bodenaustausch- und Bodenaufbereitungsmaßnahmen gemäß [U2.1] sowie der erwarteten lockeren Lagerung ist im Bereich der oberflächig anstehenden anthropogenen Auffüllungen eher mit stark durchlässigen Böden mit Durchlässigkeitsbeiwerten k_f von bis zu 10^{-3} m/s zu rechnen.

Im Mittel wird voraussichtlich ein Durchlässigkeitsbeiwert k_f von 10^{-4} m/s repräsentativ für die oberflächennahen Bodenschichten sein.

Genauere Angaben können erst nach Auswertung der Geotechnischen Erkundungen im Rahmen der Hauptuntersuchungen des Geotechnischen Berichtes gemacht werden.

4.2.5 Versickerungsfähigkeit

Grundsätzlich kann die Versickerungsfähigkeit des Bodens anhand des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f des Bodens beurteilt werden. Außerdem muss die wasseraufnehmende Schicht eine genügende Mächtigkeit und ein ausreichendes Schluckvermögen besitzen.

Hinsichtlich der Mächtigkeit der wasseraufnehmenden Schicht gibt es auf dem Grundstück keine Bedenken, da auf Grund des geologischen Schichtenaufbaus keine durchgehenden, oberflächennahen, stauenden Schichten zu erwarten sind.

Die oberflächennah anstehenden Böden mit mittleren Durchlässigkeitsbeiwerten k_f von ca. 10^{-4} m/s sind stofflich grundlegend hinreichend für die Versickerung von Regenwasser geeignet.

Die Annahmen sind im Zuge der Hauptuntersuchungen des geotechnischen Berichtes zu verifizieren.

5 Ergänzende bautechnische Hinweise

- Die hier getroffenen Aussagen zum Baugrund basieren auf Erfahrungswerten und sind im Zuge der Hauptuntersuchungen des geotechnischen Berichtes zu verifizieren.
- Die ergänzend geplanten Geotechnischen Erkundungen im Zuge der Hauptuntersuchungen können dem gesonderten Erkundungskonzept entnommen werden.
- Der Schichtenaufbau im Untersuchungsgebiet ist grundsätzlich als geeignet für geothermische Nutzungen einzustufen, genauere Untersuchungen werden gesondert durchgeführt.
- Die anstehenden oberflächennahen Böden sind für die Versickerung von Niederschlagswasser voraussichtlich hinreichend geeignet.

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Archivdaten Geoportal Berlin

- Anlage 1.1: Geologie und Grundwassergleichen, Auszug aus Grundwassergleichen 2017 (Umweltatlas), Geoportal Berlin, 1_GuD_BG_GW_EG_001_00_V; GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH, 15.11.2018
- Anlage 1.2: Geologische Schnitte (Umweltatlas); Geoportal Berlin, PDF erstellt am 13.02.2019; Geologischer Schnitt Nord-Süd 32 (01.12.2010), Geologischer Schnitt Ost-West 27 (15.11.2016)
- Anlage 1.3: Ingenieurgeologische Karte (Umweltatlas); Geoportal Berlin, PDF erstellt am 13.02.2019
- Anlage 1.4 Geologische Bohrdaten; Geoportal Berlin, PDF erstellt am 26.10.2018
- Anlage 1.5 Geländehöhen 2009 (Umweltatlas); Geoportal Berlin, PDF erstellt am 26.10.2018
- Anlage 1.6 Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW) (Umweltatlas); Geoportal Berlin, PDF erstellt am 13.02.2019
- Anlage 1.7 Zu erwartender mittlerer höchster Grundwasserstand (zeMHGW) (Umweltatlas); Geoportal Berlin, PDF erstellt am 13.02.2019
- Anlage 1.8 Wasserdurchlässigkeit Kf der Böden 2010 (Umweltatlas); Geoportal Berlin, PDF erstellt am 13.02.2019

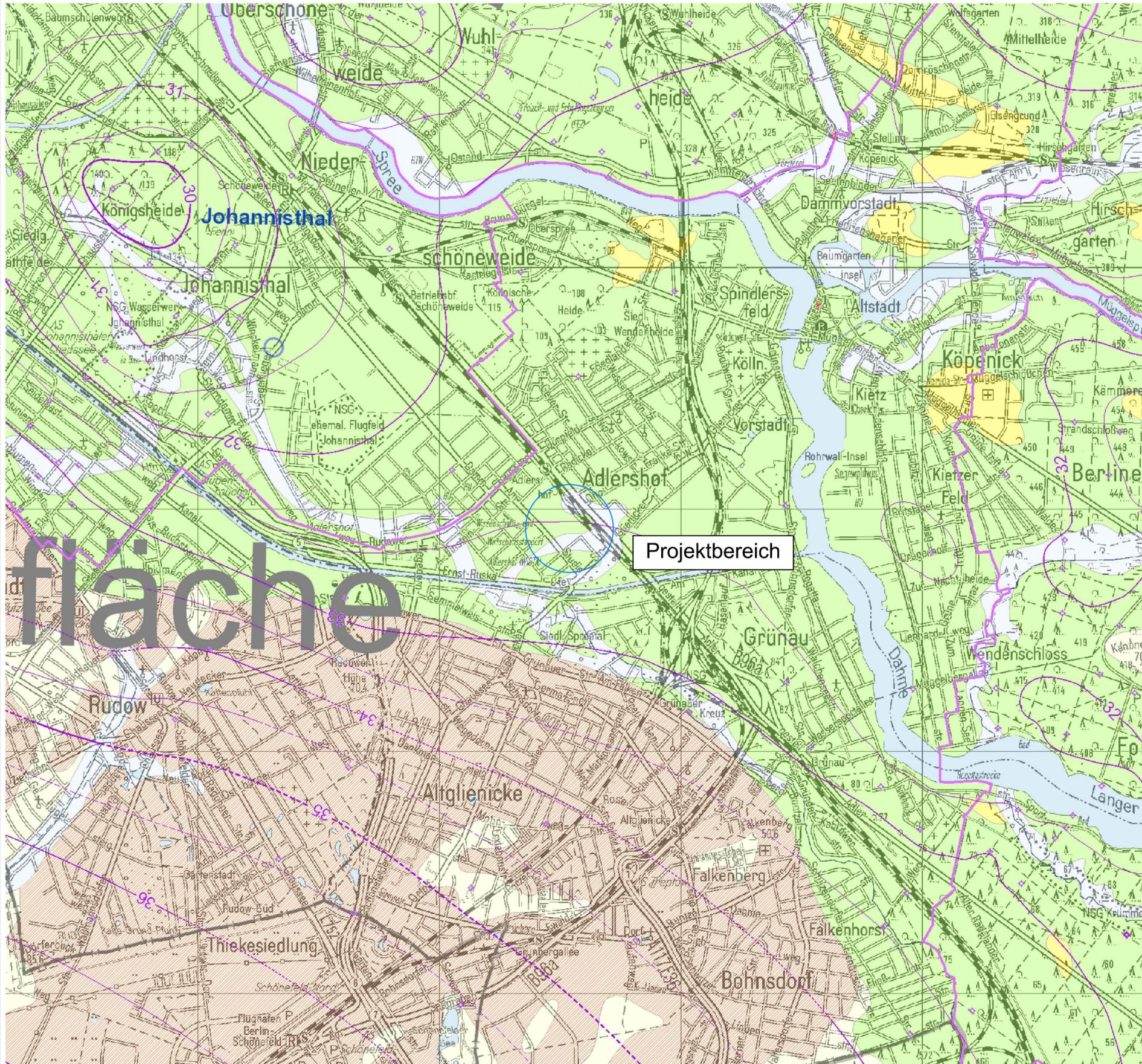


Anlage 1: Archivdaten Geoportal Berlin



Anlage 1.1: Grundwassergleichen u. Geologie

Grundwassergleichen 2017 (Umweltatlas) - Geoportal Berlin



Legende

Grundwassergleichen (Halbmeteräquidistanz) in Meter über Normalhöhennull (NHN):

- Hauptgrundwasserleiter*
- in Bereichen mit ungespanntem Grundwasser
- in Bereichen mit gespanntem Grundwasser
- Gebiet in dem der Hauptgrundwasserleiter nicht oder nur in isolierten, wenige Meter mächtigen Vorkommen ausgebildet ist.
- * Der stadtwert vorkommende Hauptgrundwasserleiter wird überwiegend aus Sanden und Kiesen der Saale-Kaltzeit aufgebaut. Im Urstromtal liegt die Grundwasseroberfläche weitgehend ungespannt vor, während sie auf den Hochflächen unter dem Geschiebemergel gespannt sein kann.
- Panketalgrundwasserleiter**
- Verbreitung des Panketalgrundwasserleiters in Berlin
- ** Im Panketal befinden sich über dem Geschiebemergel der Barnim-Hochfläche Sande der Weichsel-Kaltzeit und des Holozäns, die hier einen zusammenhängenden eigenständigen Grundwasserleiter mit ungespannter Grundwasseroberfläche bilden. Die im Panketal verbreiteten Geschiebemergelheiten können mit grundwasserführenden Sanden überdeckt sein.
- Grundwassermessstelle im Hauptgrundwasserleiter
- Grundwassermessstelle im Panketalgrundwasserleiter
- Pegel an Oberflächengewässern
- Wasserwerk in Betrieb
- Wasserwerk außer Betrieb (im Wasserwerk Johannisthal wird zurzeit nur Wasserhaltung betrieben)
- aktive Brunnengalerie in Berlin
- Wasserschutzgebietsgrenze (Details siehe Karte 2.11 im Digitalen Umweltatlas Berlin)

Geologie

- Wasser
 - Mudde, Torf See- und Moorablagerung
 - Fein- bis Mittelsand Dünenbildung
 - Talsand Bildung der Urstromtäler und Nebentäler
 - Geschiebemergel, -mergel* Bildung der Hochflächen
 - Schmelzwassersand
 - Ton bis Schluff (Rupelton)** Marine Bildung
- Holozän

Quartär

Weichsel-Kaltzeit

Platzzeit

Tertiär

Unterpliozän

Hinweise:
 Die Darstellung der Geologie erfolgt bis maximal 5 Meter Tiefe.
 Bei mehreren Schichten wird zur Vereinfachung nur die maßgebliche Schicht dargestellt.
 Die Darstellung auf der Karte entbindet nicht von der Pflicht projektbezogener Untersuchungen.
 * Hier kann sich oberflächennahes Grundwasser ausbilden (so genanntes Schichtenwasser).
 ** Das kleine Rupeltonvorkommen befindet sich nördlich von Waidmannslust.

Alle Maße örtlich prüfen		Plannummer	Index	Status
ohne Maßstab	XXX m üNHN Baunull	1 GuD BG GW EG 001	00	V
Datum	Name	Geologie und Grundwassergleichen		
15.11.2018	Gez. EM			
15.11.2018	Gere. ABo			
15.11.2018	Gepr. OP			
Plangröße	A2		Stand	15.11.2018
Projektphase	Grundlagenermittlung		Projektnummer	PS18/16
Projekt	Neuer Betriebsbahnhof - Adlershof Köpenicker Straße 1, 12489 Berlin			

GuD

Planungsgesellschaft
für Ingenieurbau mbH

WILHELM-KABUS-STRASSE 9 - 10829 BERLIN - TEL.(030) 83 21 48-0 - FAX.(030) 83 21 48-99
e-mail: berlin@gudplanung.de www.gudplanung.de

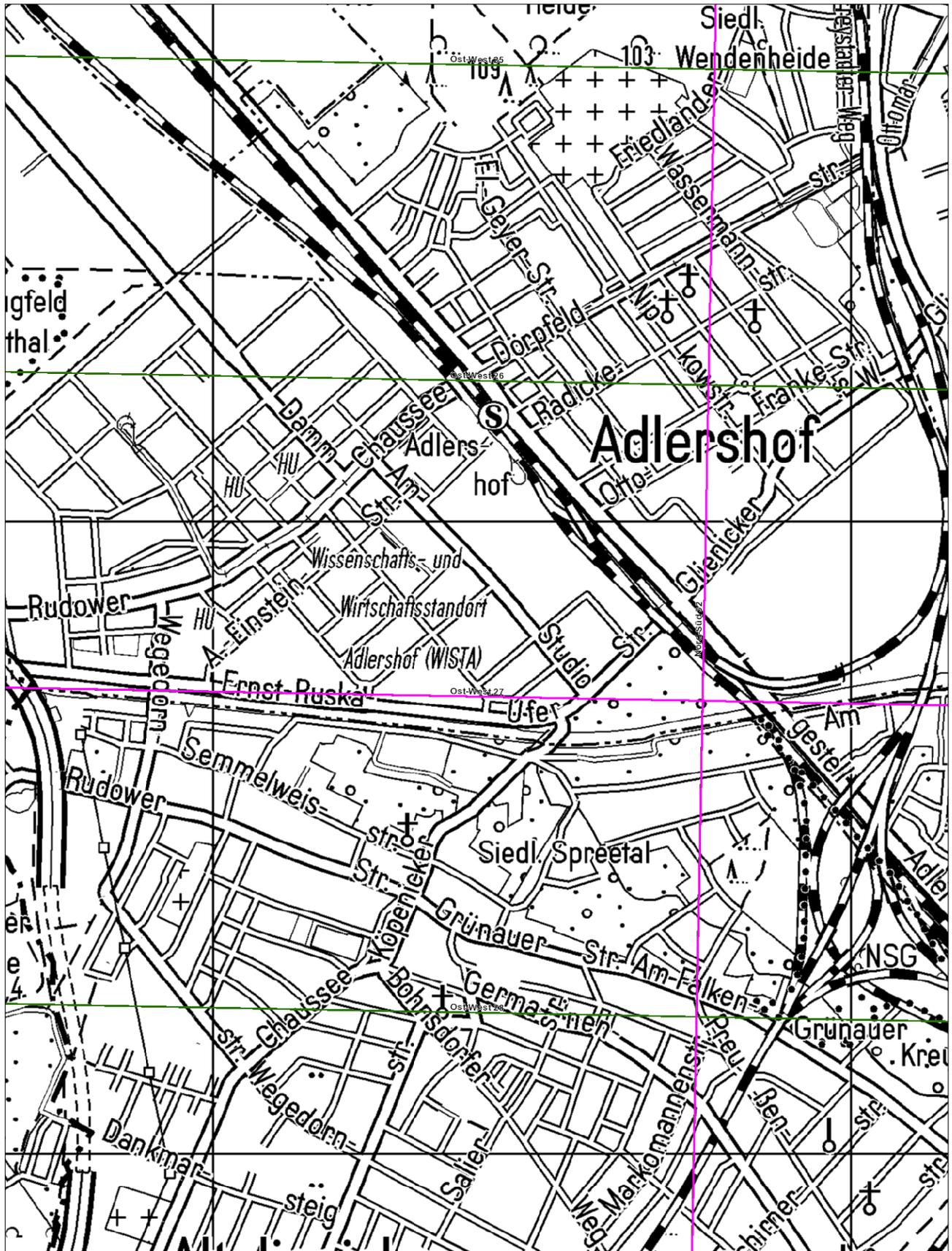
Dateipfad: J:\PST-16 ADLER\1 Adlershof\Übersichtsplan.dwg
 Bearbeiter: em Druckdatum: 13.02.2019 Uhrzeit: 3:23
 CTR: J:\PST\Stil\gud_em.cb
 SOFICAD '19 US (LMS TECH) ISO full bleed A2 (894,00 x 420,00 mm)





Anlage 1.2: Geologische Schnitte

Geologische Schnitte (Umweltatlas)



Geologische Schnitte

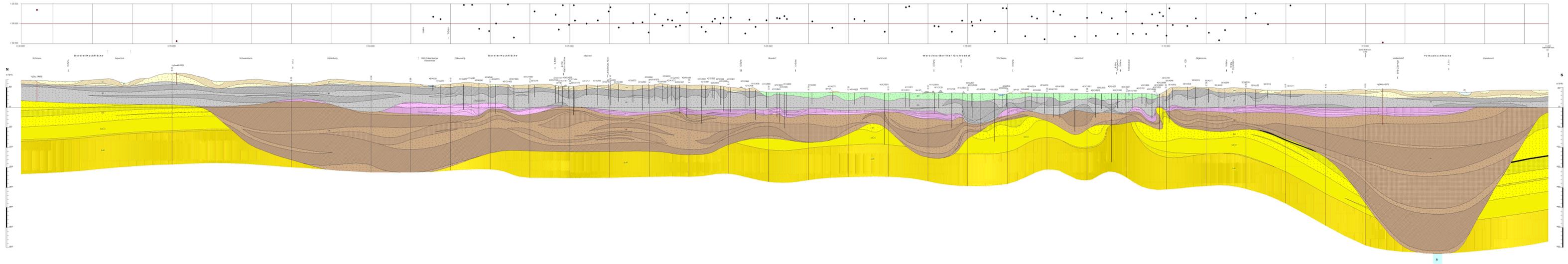
 Ost-West und Nord-Süd

 Panketal

Die Generallegende finden Sie unterhalb jedes geologischen Schnittes in der Abbildung der Sachdatenanzeige.

Geologischer Schnitt durch Berlin Nord-Süd 32 (10-fach überhöht)

Lageplan



Das nicht überhöhte Profil zum Vergleich



Generallegende

Quartär

- Mikozän qh
- Auflage
- Torf, Moos, Schluff
- Weichseljungesal bis Helosee qw-gh
- Quarsand
- Weichsel-Kalzit qk
- Talrand z.T. Kiesig
- Schwebmassen z.T. Kiesig
- Geschletemergel, lehm

- Eisen-Werra qe
- Sand z.T. organisch durchsetzt
- Mulde, Schluff
- Saale-Kalzit qk
- Schwebmassen z.T. Kiesig
- Geschletemergel
- Beckenschluff, -silt

- Nahleis-Werra qhd
- Sand z.T. Kiesig (Bunzl.)
- Ton, Moos, Schluff
- Eisen-Kalzit qk
- Schwebmassen z.T. Kiesig
- Geschletemergel
- Beckenschluff, -silt

Tertiär

- Miocen tmi
- Quarzsand
- Bräunleinschluff, -silt
- Bräunleinschluff
- Oberoligozän / Curbauer Folge tmiCO
- Fertland mit Gestein
- Schluff, Ton

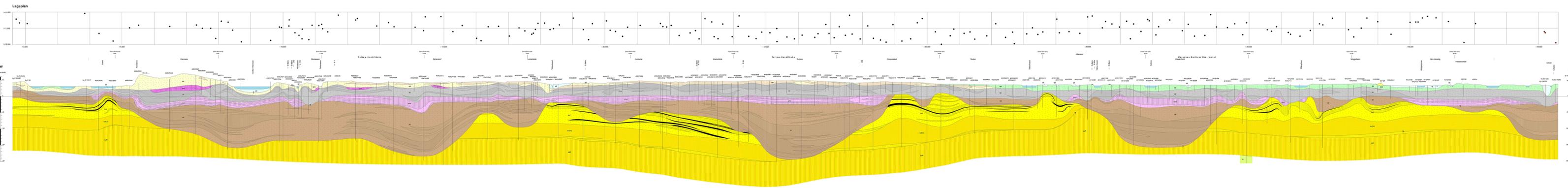
- Mitteloligozän / Regel-Folge tmiR
- Ton (Ripellen)
- Sand (Beckensand)
- Unteroligozän tmiU
- Ton z.T. Sand
- Eozän tmi
- Sand, Schluff, Ton
- Palaiozän tpa
- Sand z.T. schluffig

Prätertiär

- Kreide kr
- Jura j
- Trias / Keuper k

- geologische Grenze
- geologische Grenze unsicher
- Schicht
- Störung in Berlin/Brandenburg

Geologischer Schnitt durch Berlin Ost-West 27 (10-fach überhöht)



Das nicht überhöhte Profil zum Vergleich



Generallegende

Quartär	Eisen-Rheinland-Gruppe	Muschel-Rheinland-Gruppe	Tertiär	Wenigau-Gruppe (Rupel-Folge)	Paläozoikum
Auffüllung	Sand & T. organisch durchsetzt	Sand & T. lehmig (Zurstedt)	Wälsde-Stein	Quarzsand	Keokuk-Gr.
Topf-Holstein-Schuf.	Wälsde-Schuf.	Topf-Holstein-Schuf.	Quarzsand	Sand (Rupelstein)	geologische Grenze unklar
Wendischglück-Schuf. (W-G)	Sand & T. lehmig	Wendischglück-Schuf.	Flintkiese	Sand (Bismarkstein)	Sachsen
Wendisch-Kalbe-Schuf.	Schmelwasser, L. T. lehmig	Wendisch-Kalbe-Schuf.	Flintkiese / Gestein	Lehmig-sandig	Sachsen
Takow, L. T. lehmig	Geschichtsmergel	Schmelwasser, L. T. lehmig	Flintkiese / Gestein	Topf, L. T. Sand	Sachsen
Schmelwasser, L. T. lehmig	Sand & T. lehmig	Schmelwasser, L. T. lehmig	Flintkiese / Gestein	Keokuk-Gr.	Sachsen
Geschichtsmergel, selt.	Sand & T. lehmig	Sand & T. lehmig	Schluff, Ton	Sand, Schluff, Ton	Preuss. Meißner-Gr.



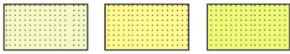


Anlage 1.3: Ingenieurgeologische Karte

Schichtbezeichnung und Mächtigkeit der oberen Schicht

< 2 m 2 - 5 m 5 - 10 m

 humoser Sand, Torf und Mudde
Holozän (qh//H m, H n, F)

 Dünen sand
Weichsel-Kaltzeit bis Holozän (qw-qh//d)

 Talsand
Weichsel-Kaltzeit (qw/S/ut)

 Schmelzwassersand der Hochflächen
Weichsel-Kaltzeit (qw/S/gf)

 Geschiebelehm / -mergel
Saale- bis Weichsel-Kaltzeit (qs-qw//M g)

 Aufschüttungen mit einer Mächtigkeit > 5 m
(qh//y)

 ehemalige Wasserläufe, Gräben oder Stadtbefestigungen

 ausgewählte Bauwerke mit einer Gründungstiefe > 10 m

 Hinweisnummer auf eine vorhandene oder geplante Tiefgründung (siehe Erläuterung)

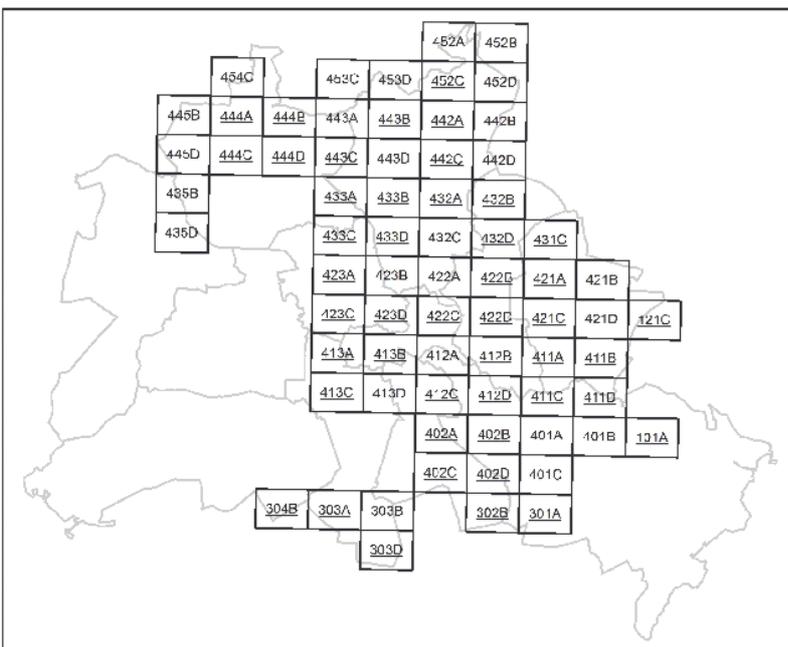
 Gewässer

Bohrpunkte und Bohrtiefe

 0 - <= 5 m

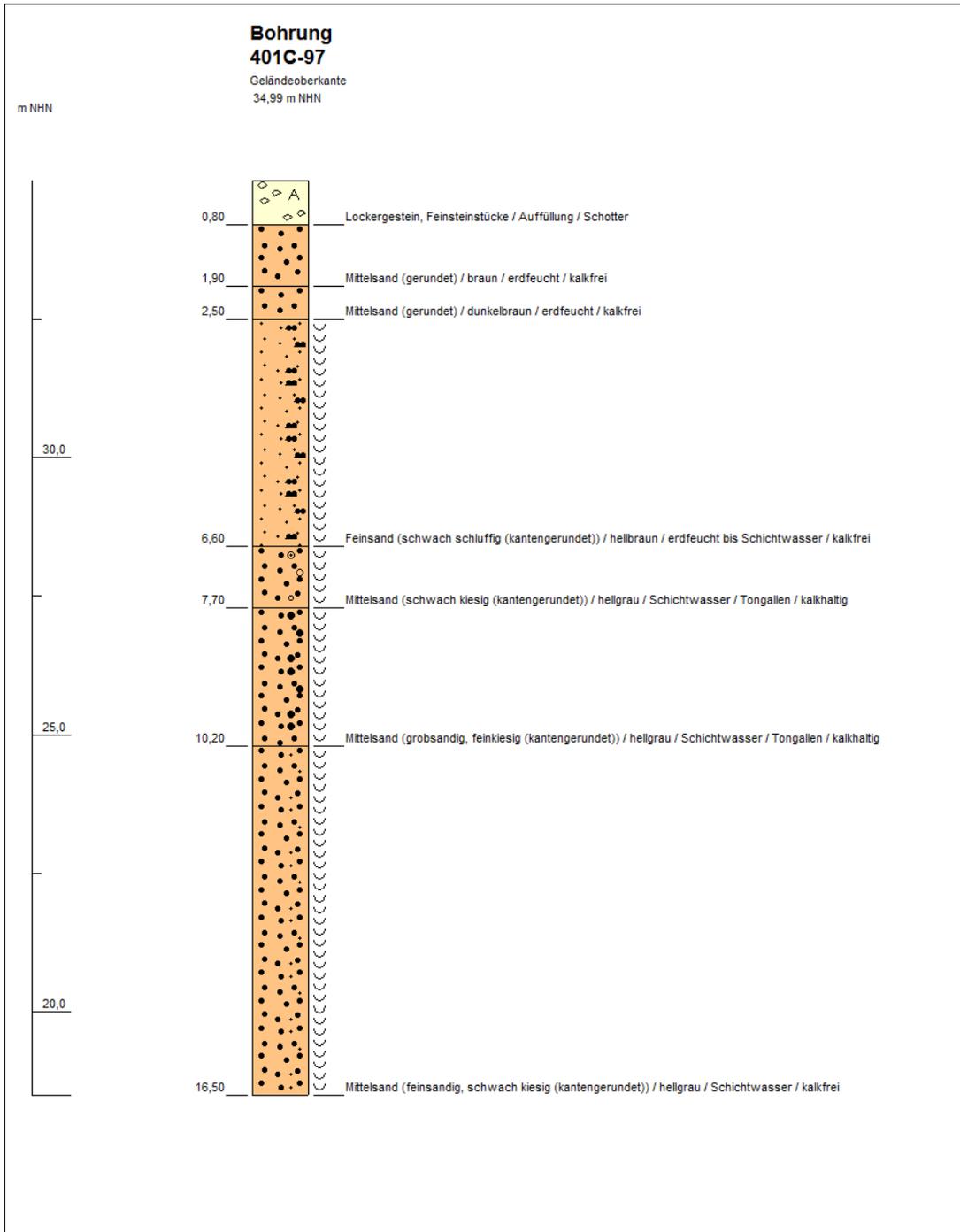
 > 5 - <= 10 m

 > 10 m

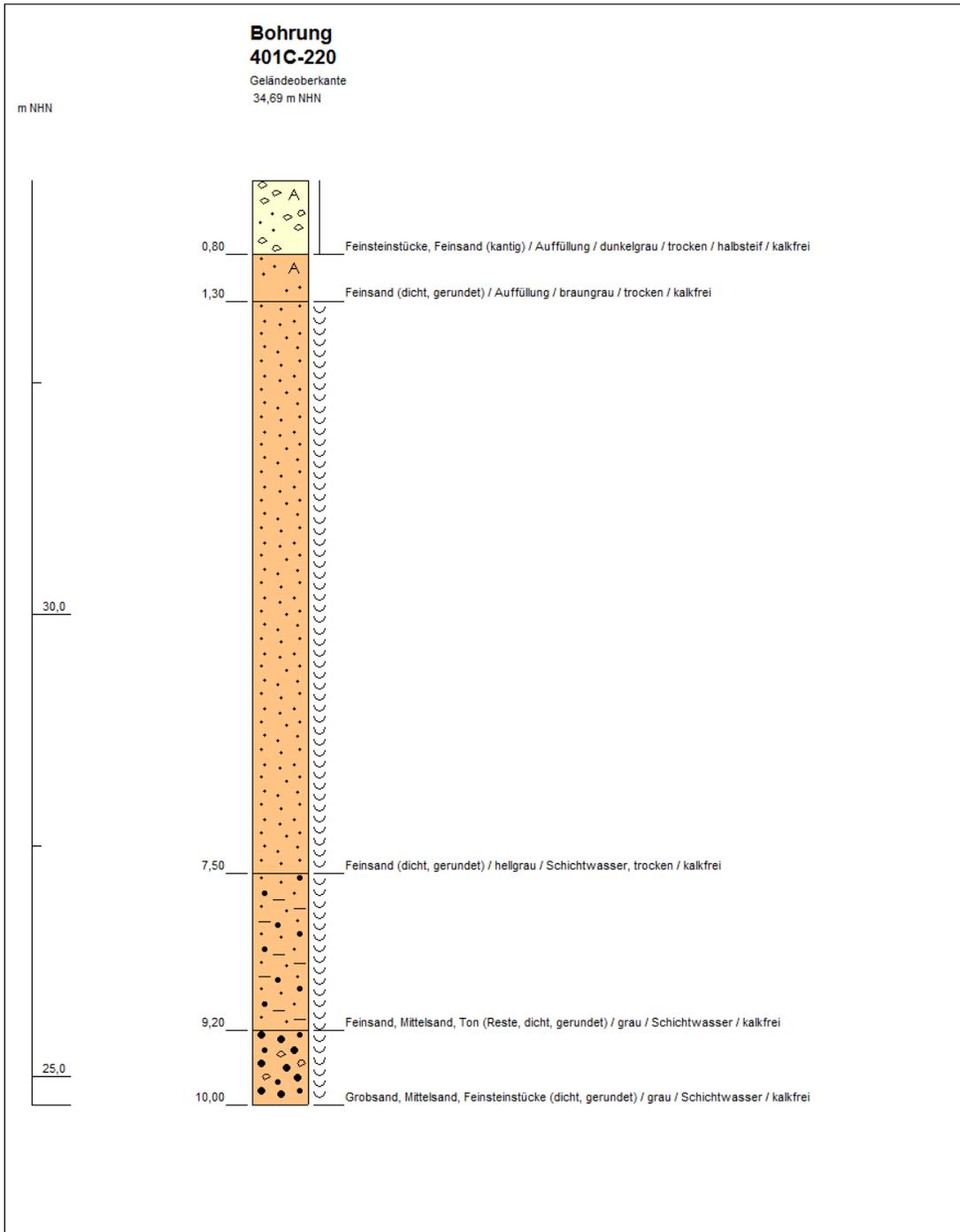




Anlage 1.4: Geologische Bohrdaten

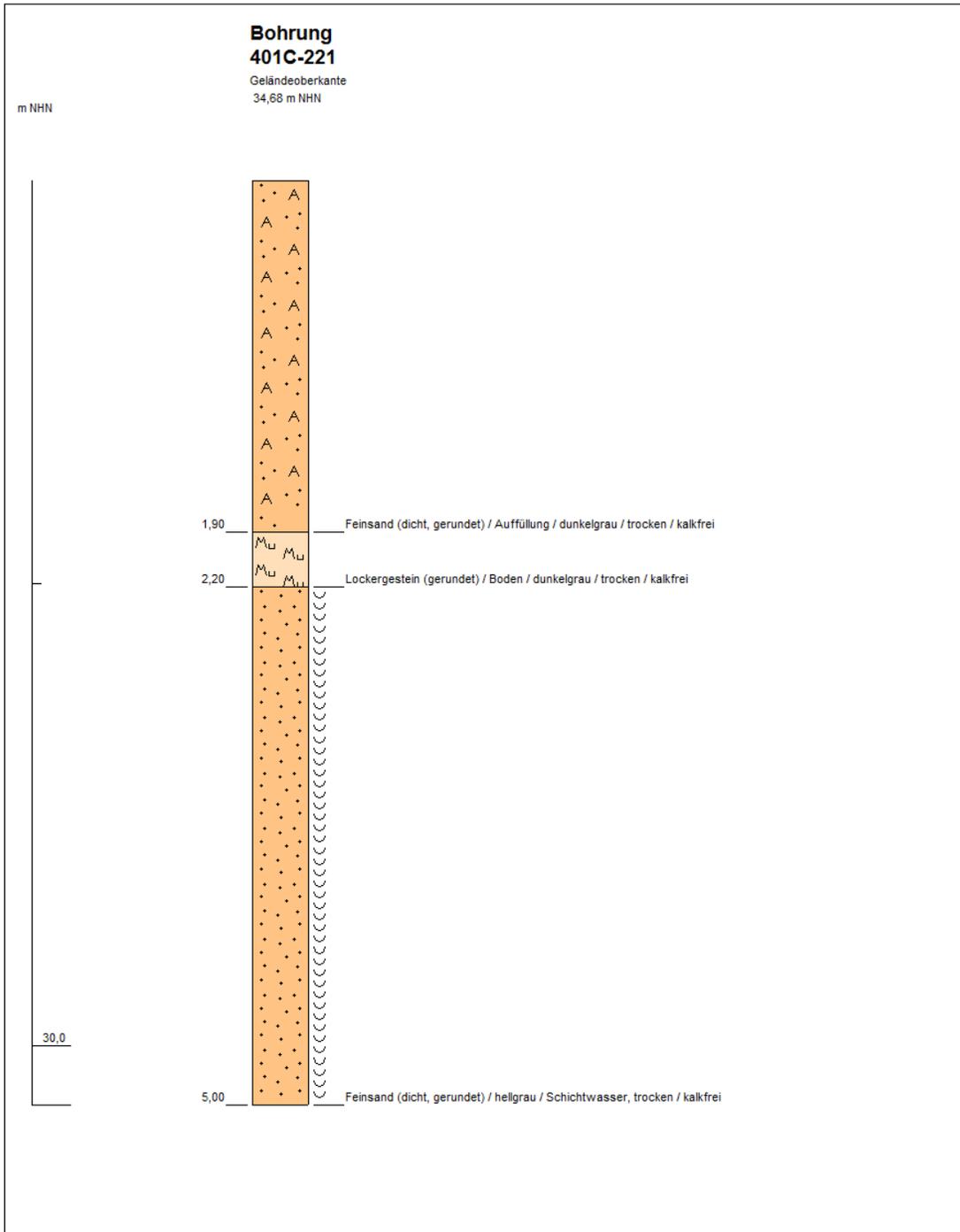


Bezirk: Treptow-Köpenick		
Ortsteil:		
Lage:	Rechtswert (UTM 33N): 401151,3	
	Hochwert (UTM 33N): 5809958,7	
Bohrbeginn: 30.07.1975	Bohrende: 30.07.1975	
Bohrverfahren: unbekanntes Bohrverfahren		

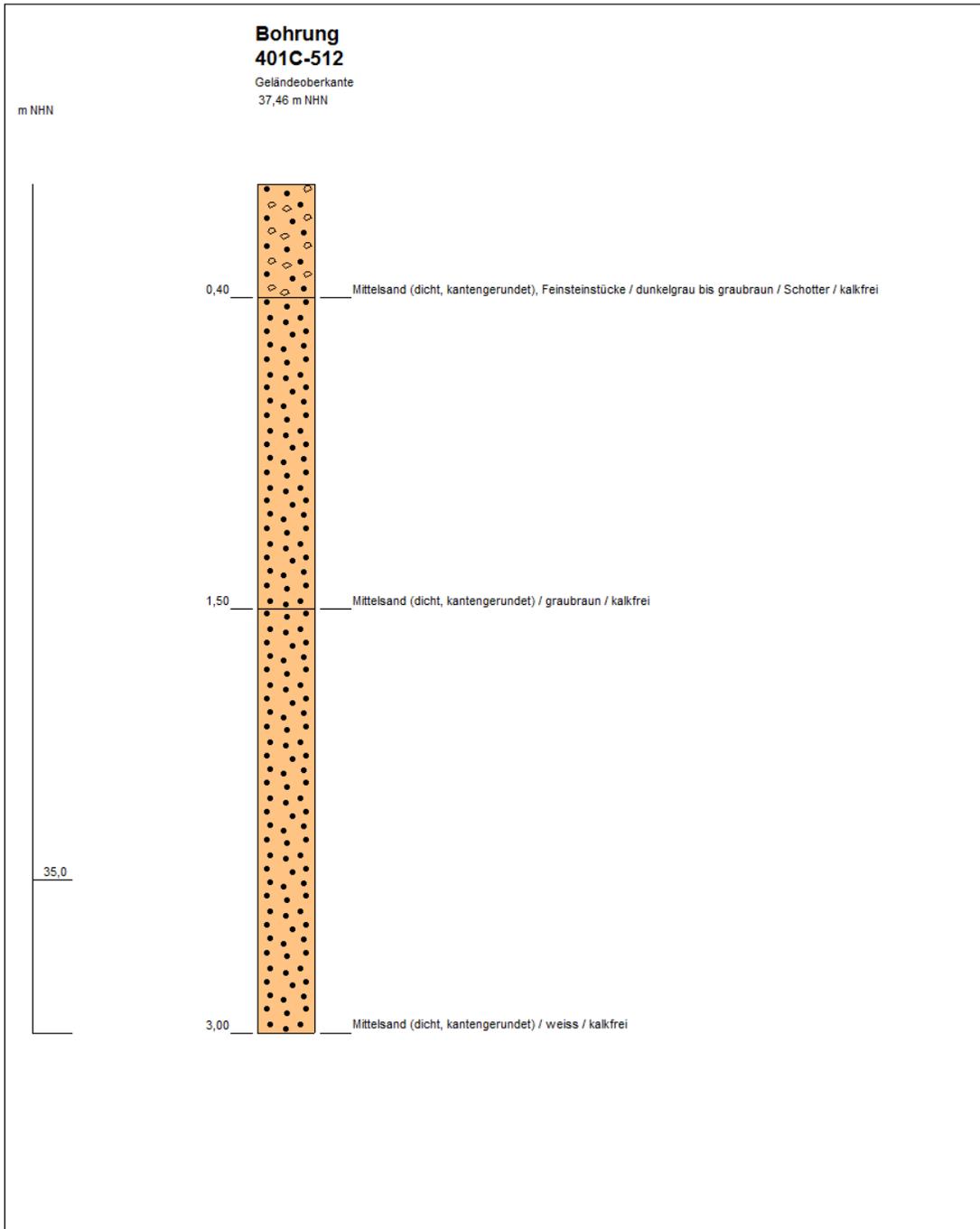


Höhenmaßstab: 1:60 Horizontalmaßstab:

Bezirk: Treptow-Köpenick		
Ortsteil: Adlershof		
Lage: Trasse Berlin Adlershof	Rechtswert (UTM 33N): 401387,0	
	Hochwert (UTM 33N): 5809680,2	
Bohrbeginn: 14.01.1977	Bohrende: 14.01.1977	
Bohrverfahren: Trockenbohrung		

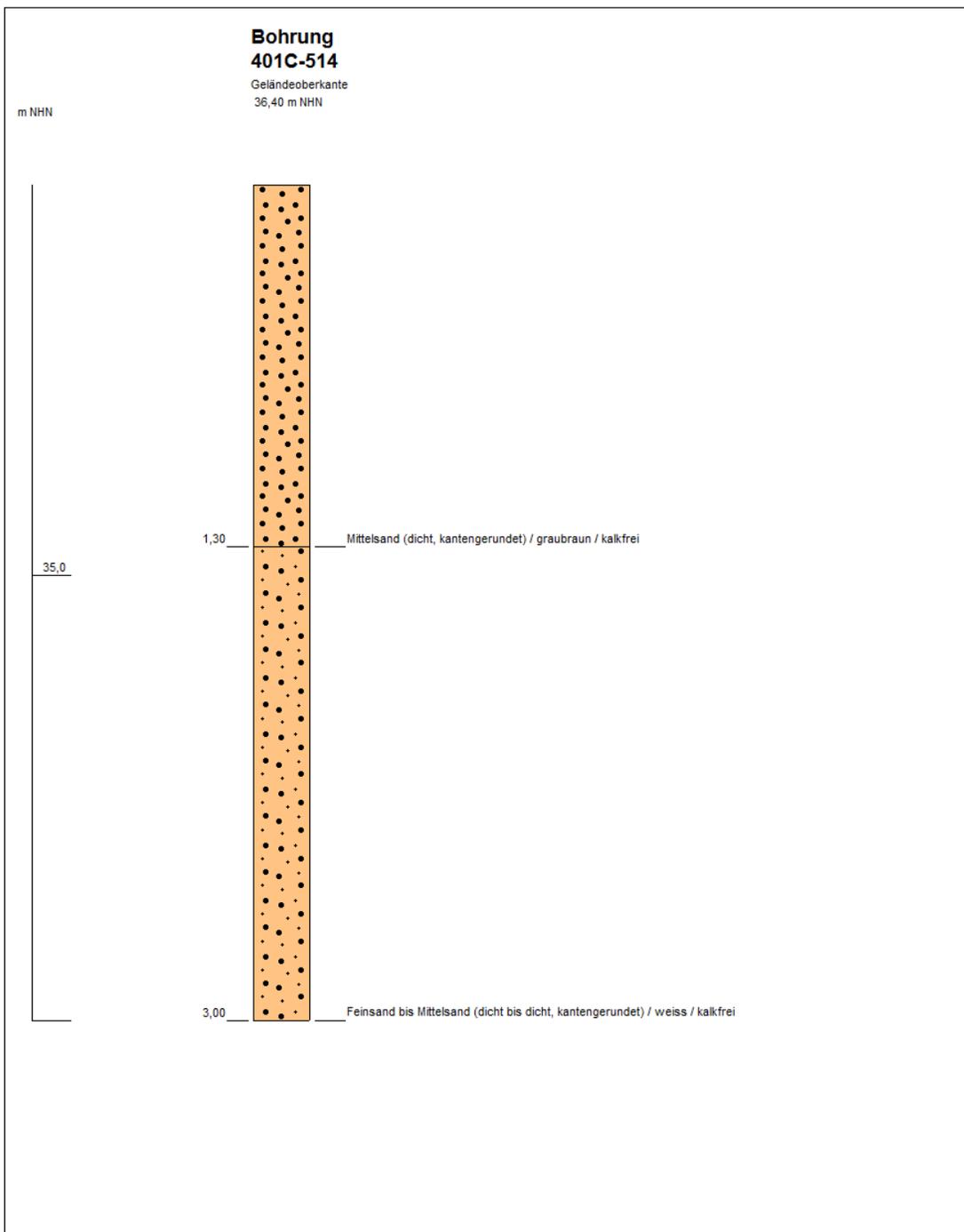


Bezirk: Treptow-Köpenick		
Ortsteil: Adlershof		
Lage: Trasse Berlin Adlershof	Rechtswert (UTM 33N): 401331,0	
	Hochwert (UTM 33N): 5809625,3	
Bohrbeginn: 13.01.1977		Bohrende: 13.01.1977
Bohrverfahren: Trockenbohrung		

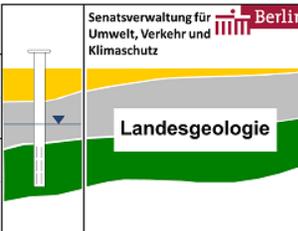


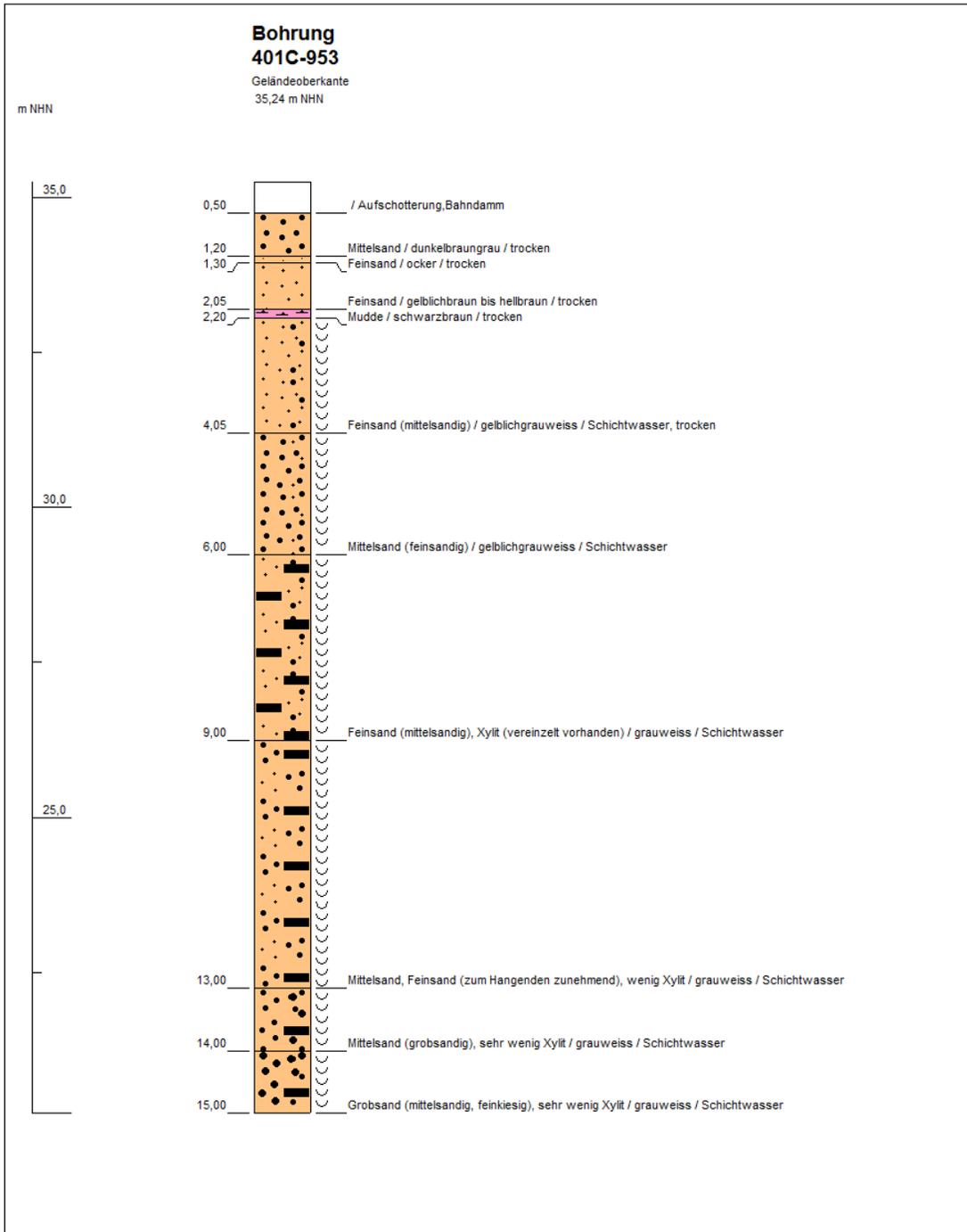
Höhenmaßstab: 1:20 Horizontalmaßstab:

Bezirk: Treptow-Köpenick		
Ortsteil:		
Lage: Kreuzungsbauwerk km 10.4-11.1	Rechtswert (UTM 33N): 401239,0	
	Hochwert (UTM 33N): 5809887,0	
Bohrbeginn:	Bohrende:	
Bohrverfahren: unbekanntes Bohrverfahren		



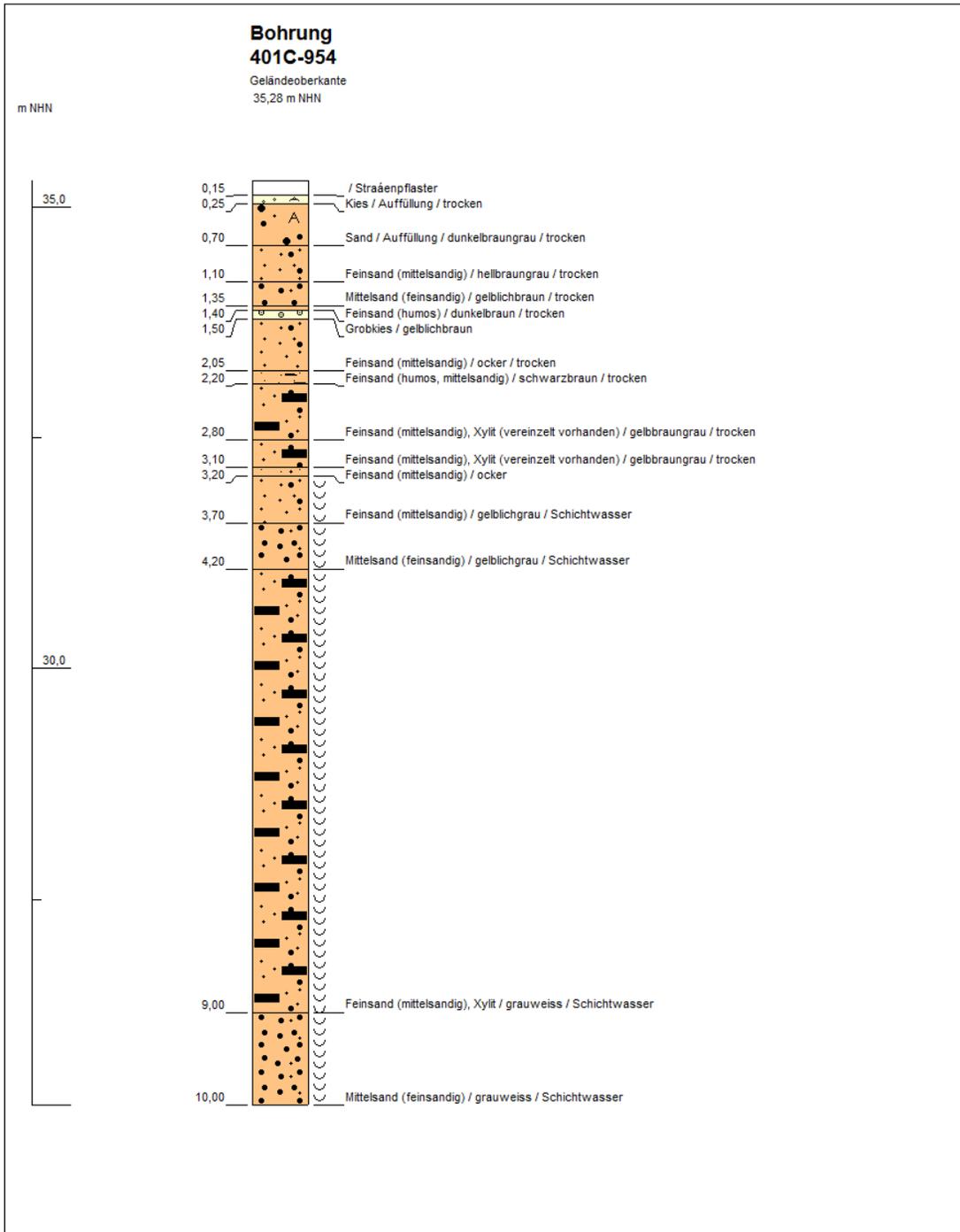
Höhenmaßstab: 1:20 Horizontalmaßstab:

Bezirk: Treptow-Köpenick		
Ortsteil:		
Lage: Kreuzungsbauwerk km 10.4-11.1	Rechtswert (UTM 33N): 401309,4	
	Hochwert (UTM 33N): 5809803,7	
Bohrbeginn:	Bohrende:	
Bohrverfahren: unbekanntes Bohrverfahren		



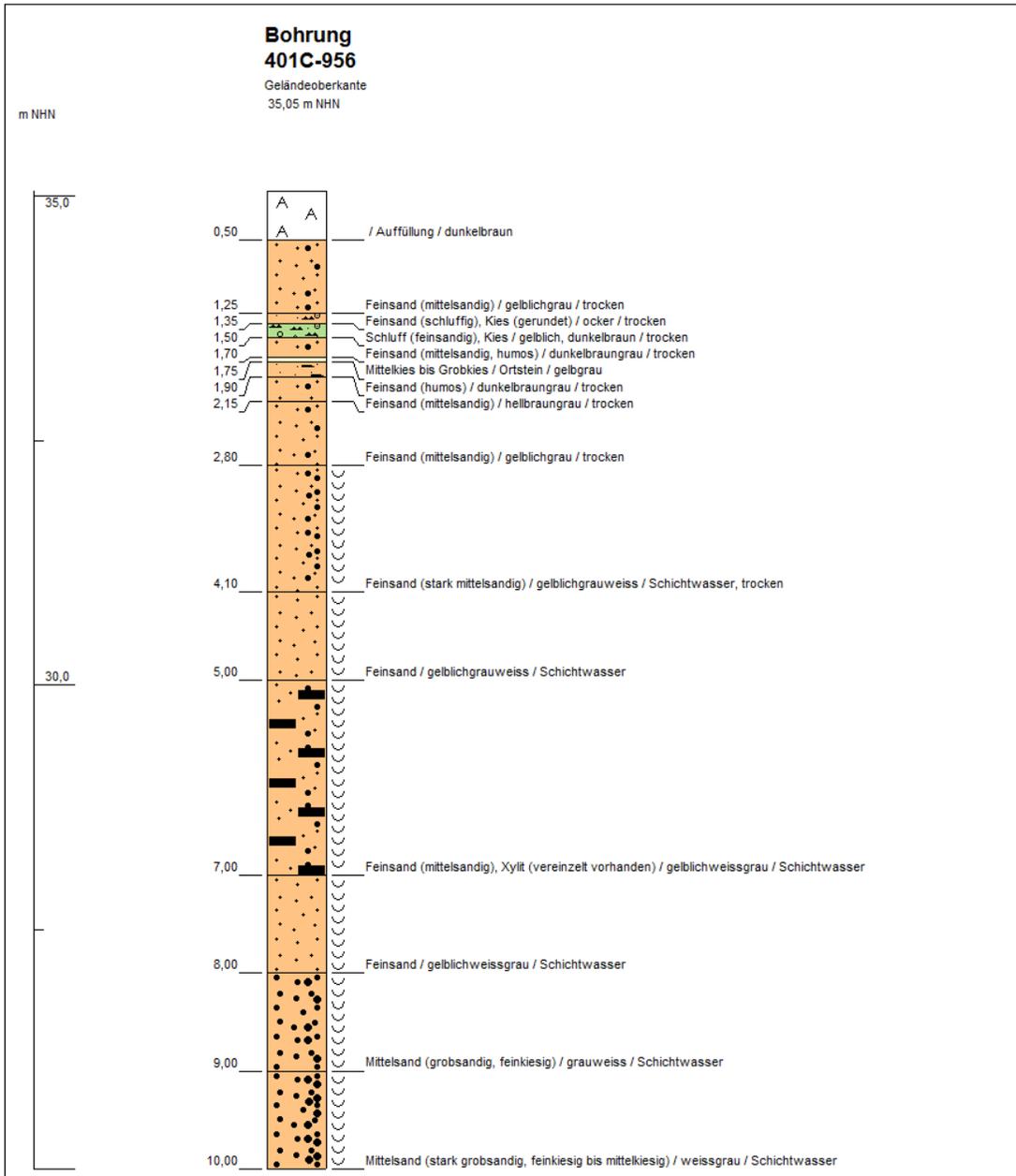
Höhenmaßstab: 1:90 Horizontalmaßstab:

Bezirk:		
Ortsteil:		
Lage:	Rechtswert (UTM 33N): 401101,7	
	Hochwert (UTM 33N): 5809975,6	
Bohrbeginn:	Bohrende:	
Bohrverfahren: unbekanntes Bohrverfahren		



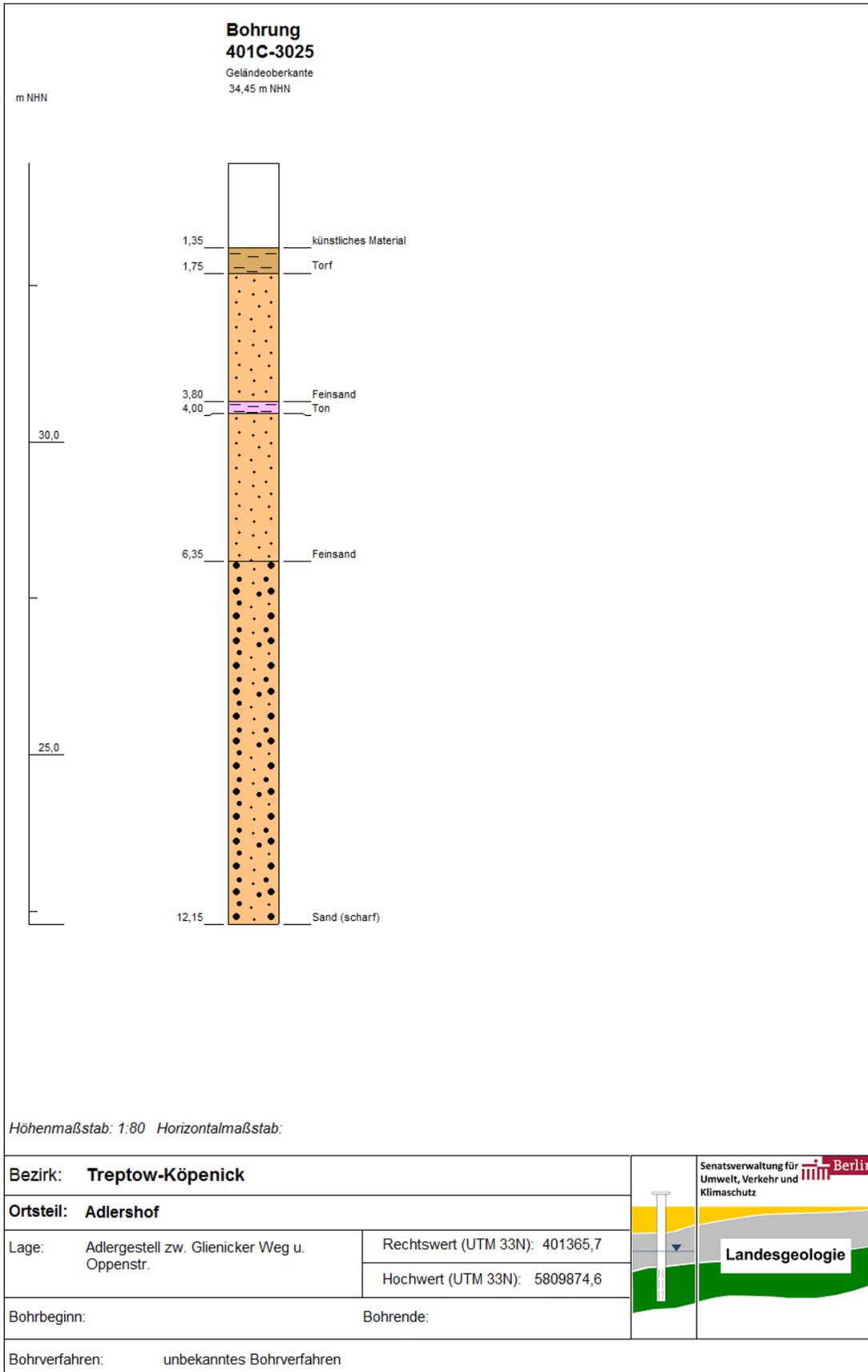
Höhenmaßstab: 1:60 Horizontalmaßstab:

Bezirk:		
Ortsteil:		
Lage:	Rechtswert (UTM 33N): 401143,7	
	Hochwert (UTM 33N): 5809921,8	
Bohrbeginn:	Bohrende:	
Bohrverfahren: unbekanntes Bohrverfahren		

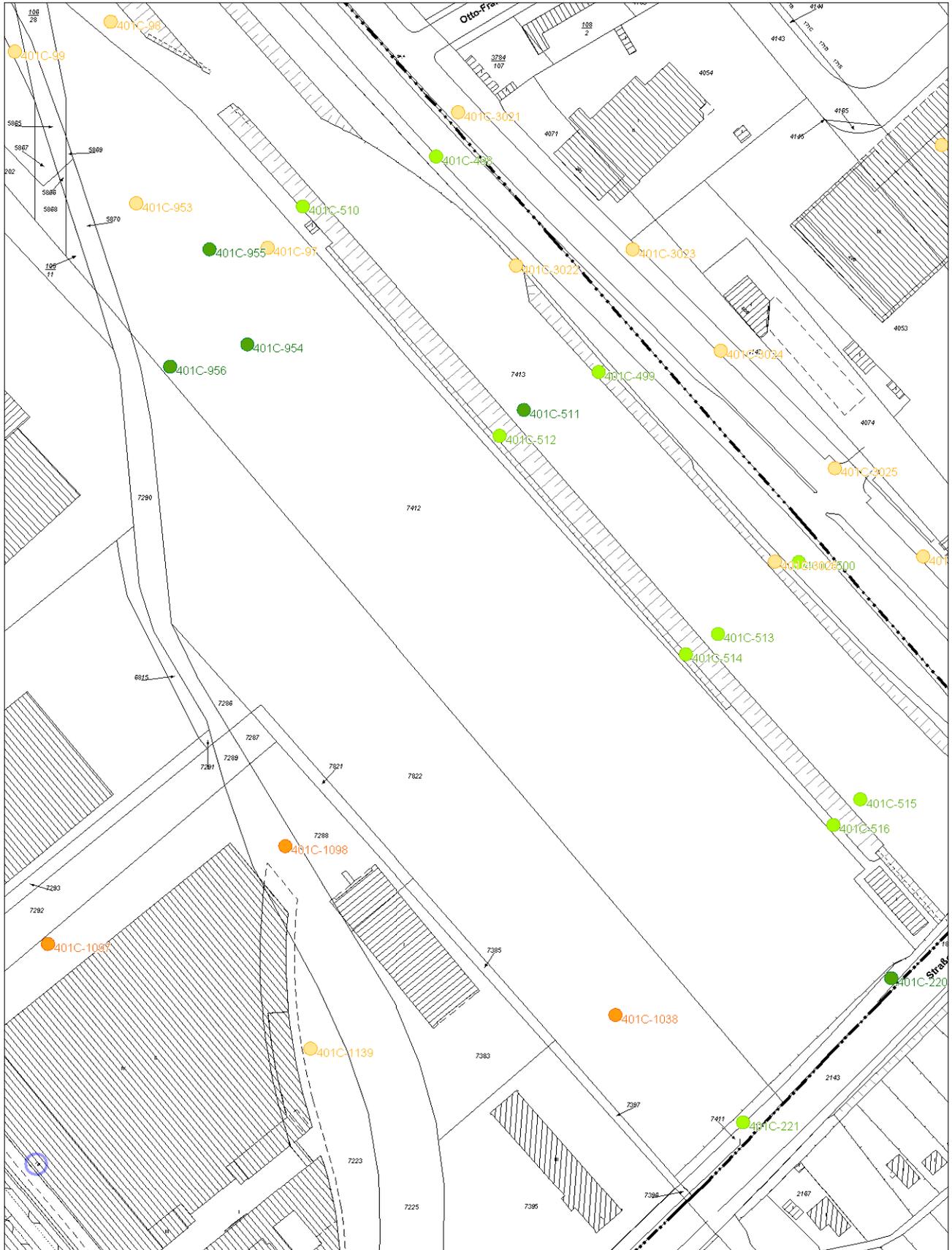


Höhenmaßstab: 1:60 Horizontalmaßstab:

Bezirk:		
Ortsteil:		
Lage:	Rechtswert (UTM 33N): 401114,5	
	Hochwert (UTM 33N): 5809913,4	
Bohrbeginn:	Bohrende:	
Bohrverfahren: unbekanntes Bohrverfahren		



Geologische Bohrdaten



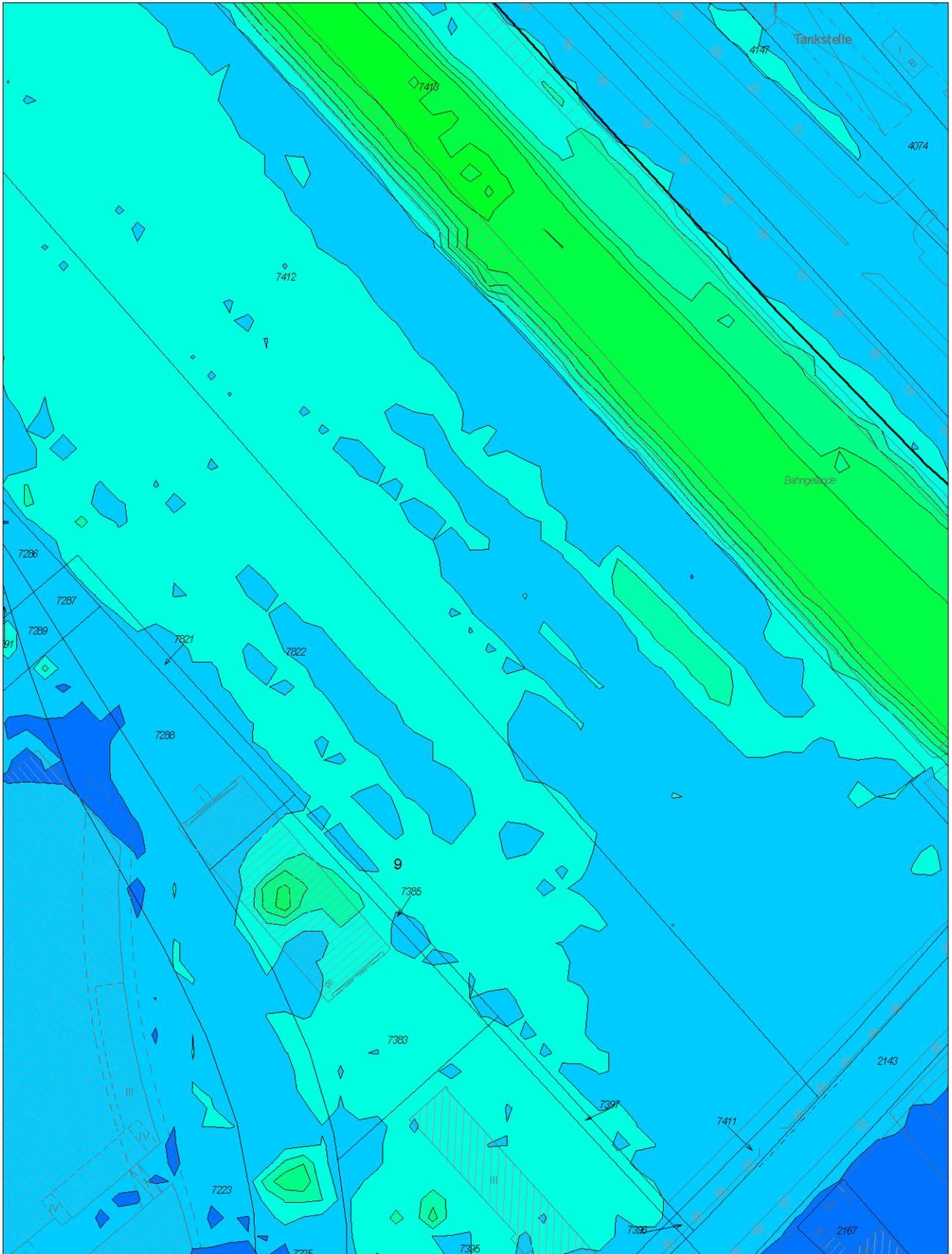
Endteufe in m

452D-106		< 5
452D-106		> 5 - 10
452D-106		> 10 - 30
452D-106		> 30 - 60
452D-106		> 60

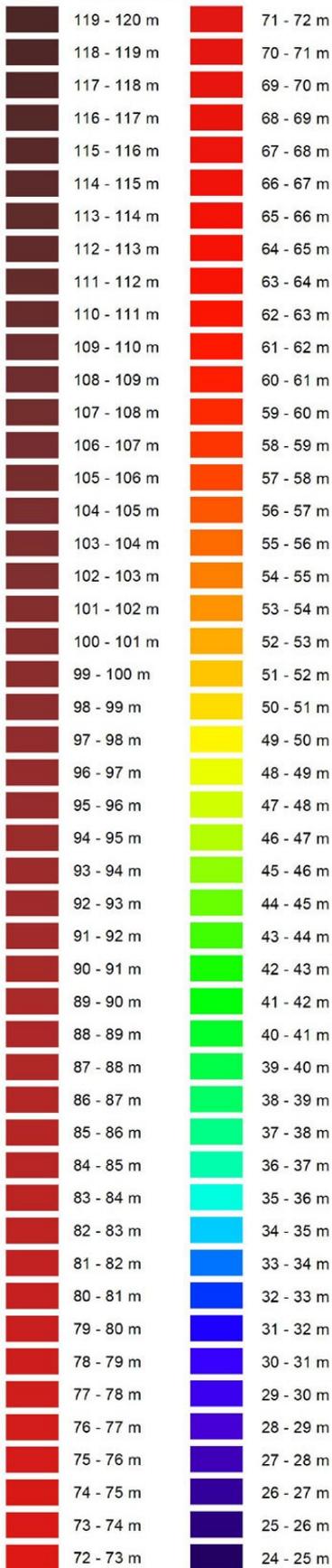


Anlage 1.5: Geländehöhen

Geländehöhen 2009 (Umweltatlas)



Geländehöhen in m (NHN)



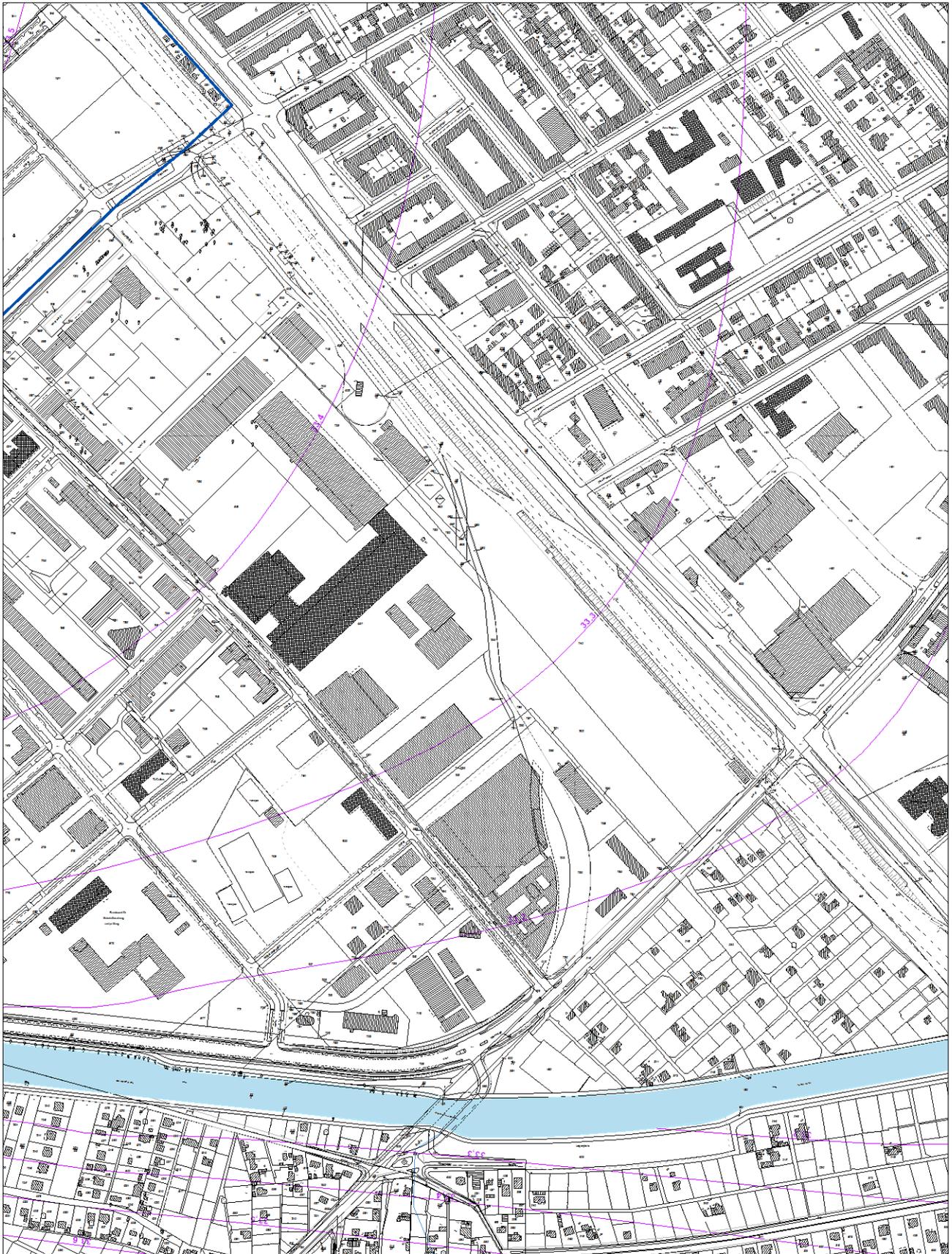
▲ markante Erhebungen

□ Gewässer

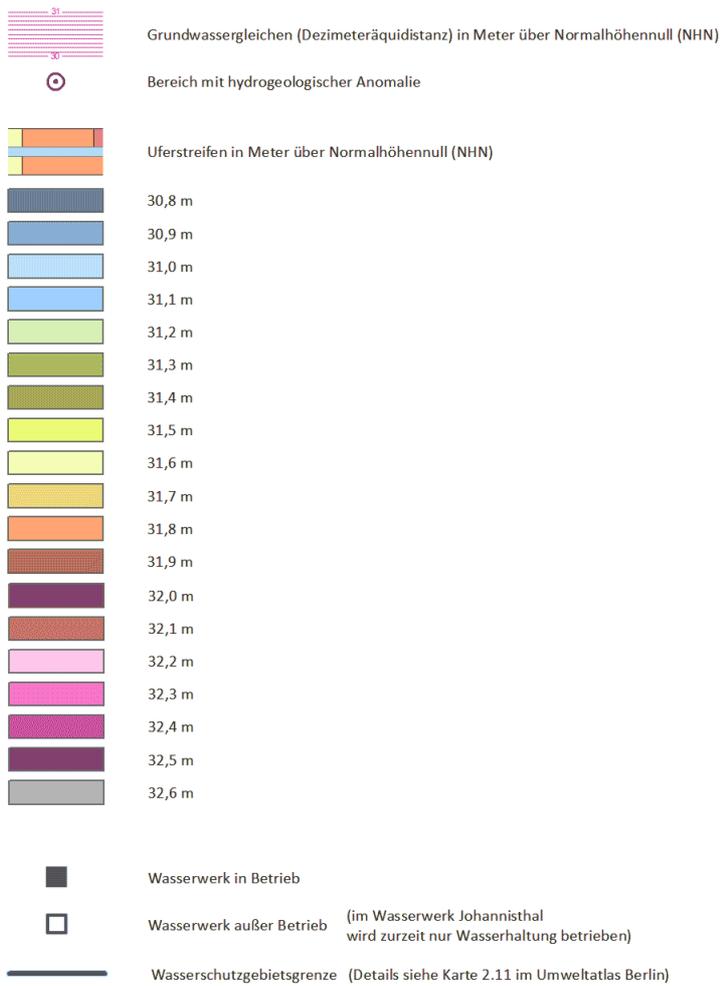


Anlage 1.6: zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW)

Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW) (Umweltatlas)



Zeichenerklärung



Geologie



Hinweise: Die Darstellung der Geologie erfolgt bis maximal 5 Meter Tiefe.
 Bei mehreren Schichten wird zur Vereinfachung nur die maßgebliche Schicht dargestellt.
 Die Darstellung auf der Karte entbindet nicht von der Pflicht projektbezogener Untersuchungen.
 * Hier kann sich oberflächennahes Grundwasser ausbilden (so genanntes Schichtenwasser).
 ** Das kleine Rupeltonvorkommen befindet sich nördlich von Waidmannslust.

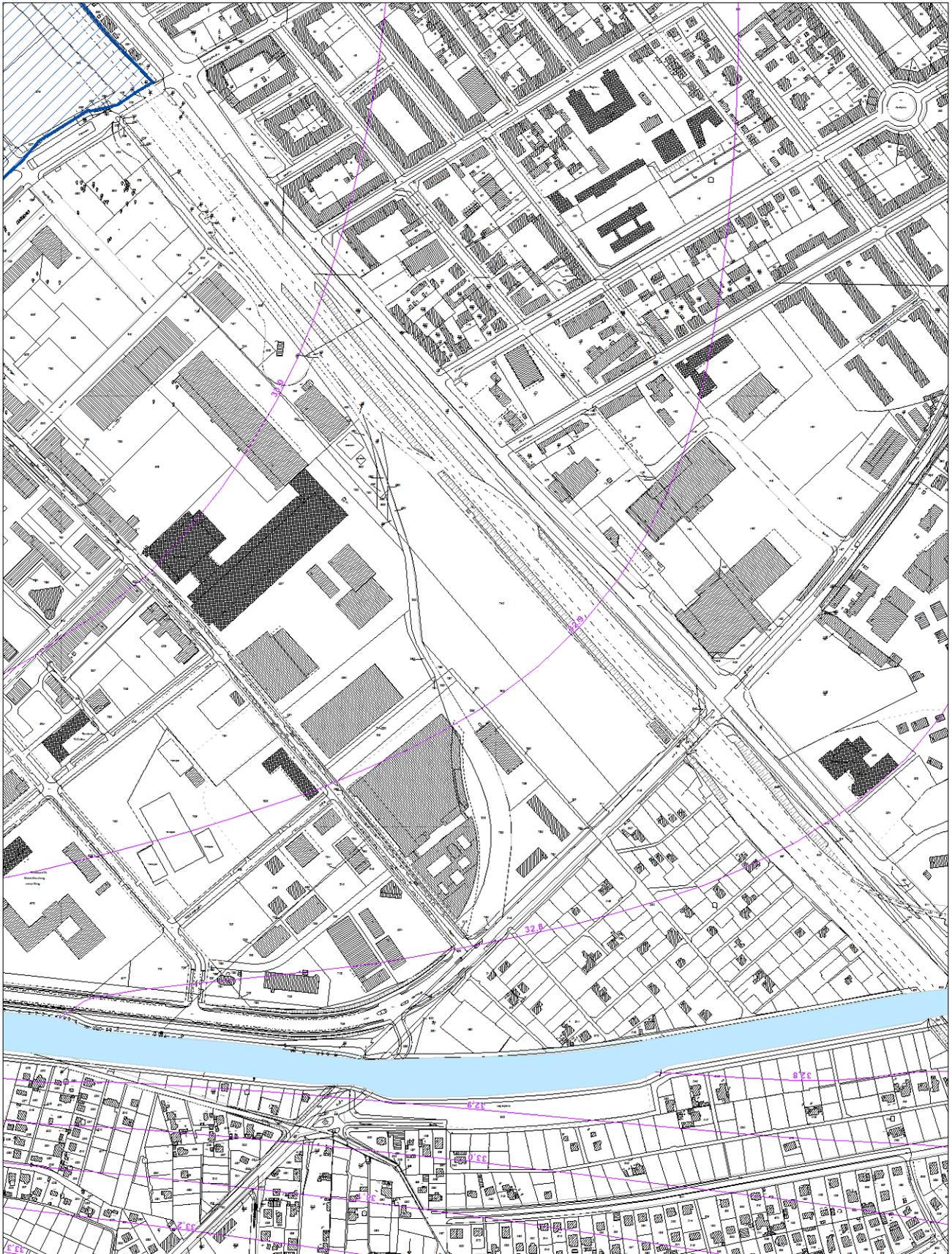
Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW) -
 Information der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr
 und Klimaschutz - II B 3 Landesgeologie -

Die Erläuterungen zum zeHGW insbesondere die Hinweise
 in der Kartenbeschreibung zur praktischen Nutzung sind
 zu berücksichtigen, sehen Sie dazu unter:
<https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i219.htm>



**Anlage 1.7: zu erwartender mittlerer höchster Grundwasserstand
(zeMHGW)**

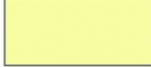
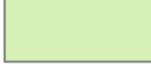
Zu erwartender mittlerer höchster Grundwasserstand (zeMHGW) (Umweltatlas)



Zeichenerklärung

	Grundwassergleichen (Dezimeteräquidistanz) in Meter über Normalhöhennull (NHN)
	Wasserwerk in Betrieb
	Wasserwerk außer Betrieb (im Wasserwerk Johannisthal wird zurzeit nur Wasserhaltung betrieben)
	Wasserschutzgebietsgrenze (Details siehe Karte 2.11 im Digitalen Umweltatlas Berlin)
	für Planung, Bau und die behördliche Erlaubnis von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung gilt in diesem Gebiet nicht der zeMHGW (Details siehe unten und Sachdatenanzeige)

Geologie

	Wasser			
	Mudde, Torf	See- und Moorablagerung		} Quartär
	Fein- bis Mittelsand	Dünenbildung	Holozän	
	Talsand	Bildung der Urstromtäler und Nebentäler	} Weichsel-Kaltzeit	
	Geschiebelehm, -mergel*	} Bildung der Hochflächen		Pleistozän
	Schmelzwassersand			
	Ton bis Schluff (Rupelton)**	Marine Bildung	Unteroligozän	} Tertiär

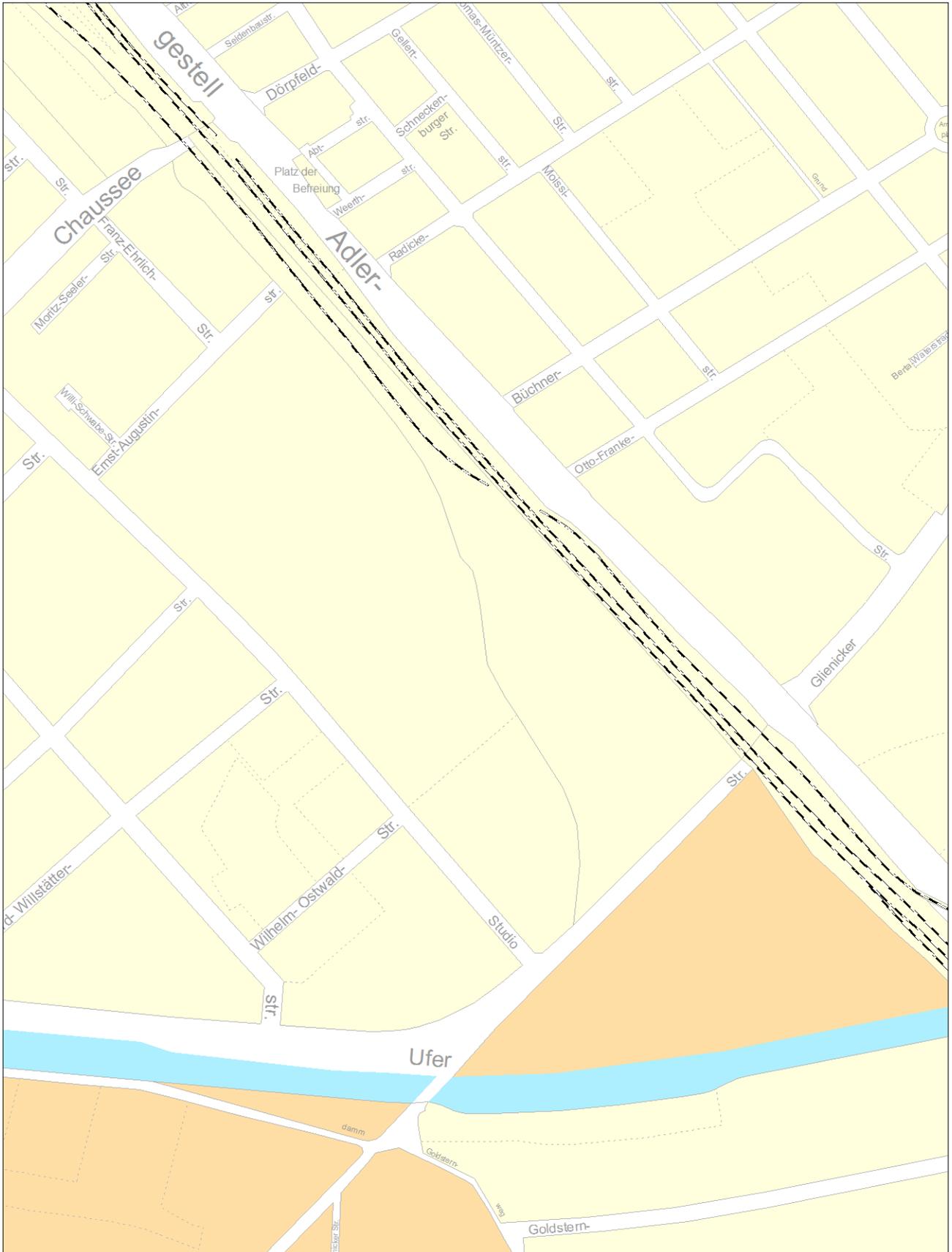
- Hinweise:
- Die Darstellung der Geologie erfolgt bis maximal 5 Meter Tiefe.
 - Bei mehreren Schichten wird zur Vereinfachung nur die maßgebliche Schicht dargestellt.
 - Die Darstellung auf der Karte entbindet nicht von der Pflicht projektbezogener Untersuchungen.
 - * Hier kann sich oberflächennahes Grundwasser ausbilden (so genanntes Schichtenwasser).
 - ** Das kleine Rupeltonvorkommen befindet sich nördlich von Waidmannslust.

Für Planung, Bau und die behördliche Erlaubnis von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung im Bereich der Wasserschutzgebiete (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/id211.htm>) gilt nicht der zeMHGW. In der Schutzzone III B ist hier der zeHGW (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i219.htm>) zu berücksichtigen. In den Schutzzonen III A und III ist keine erlaubnisfreie Versickerung möglich, in den Schutzzonen I und II herrscht ein generelles Bauverbot.



Anlage 1.8: Wasserdurchlässigkeit

Wasserdurchlässigkeit Kf der Böden 2010 (Umweltatlas)



Wasserdurchlässigkeit Kf

	Wasserdurchlässigkeit [cm/d]	Wasserdurchlässigkeit Stufe	Filtervermögen
	<1	sehr gering	hoch
	1- <10	gering	hoch
	10- <40	mittel	mittel
	40- <100	hoch	
	100- <300	sehr hoch	gering
	≥ 300	äußerst hoch	

UNTERLAGE 8.1.2

Machbarkeitsstudie zur Geothermie

Unterlage

Bezeichnung

Zusammenfassung Machbarkeitsstudie zur Geothermie

Machbarkeitsstudie für eine geothermische Nutzung des oberflächennahen Untergrundes

Anlage 1: wasserrechtliche Erlaubnis (SenUVK)

Anlage 2: Dokumentation zur Erkundungsbohrung und zur situ-Messung für eine geplante geothermische Nutzung des Untergrundes mittels Erdwärmesonden

Machbarkeitsstudie für eine geothermische Nutzung des oberflächennahen Untergrundes

Am betrachteten Standort ist die Herstellung von Erdwärmesonden zum Heizen und Kühlen der geplanten Bebauung nach dem aktuellen Informationsstand prinzipiell genehmigungsfähig. Grundsätzlich ist es in Berlin erforderlich, auf dem Grundstück mindestens eine Erkundungsbohrung abzuteufen und an einer Test-Erdwärmesonde entsprechende Tests hinsichtlich der geothermischen Leistungsfähigkeit (Geothermal Response Test) durchzuführen.

Es wurde bereits eine 80 m tiefe Erkundungsbohrung im Zuge der Herstellung der Test-Erdwärmesonde abgeteuft und ein Geothermal Response Test durchgeführt. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse gemäß der zugehörigen Dokumentation bestätigen die Ansätze der Machbarkeitsstudie.

Zur Nutzung von Geothermie sollten die gebäudeseitigen Heiz- und ggf. Kühlsysteme so geplant und ausgeführt werden, dass ein effizienter Anlagenbetrieb der Wärmepumpe erreichbar ist. Dafür sind Systeme mit möglichst niedrigen Nutzttemperaturen beim Heizen und möglichst hohen Nutzttemperaturen beim Kühlen, wie z.B. Fußbodenheizungen und thermische Bauteilaktivierung bzw. Kühldecken, ideal geeignet.

Verschiedene Varianten einer Erdwärmesondenfeld-Dimensionierung wurden bereits im Ergebnis von Simulationsrechnungen ermittelt und sind in der Machbarkeitsstudie grafisch dargestellt worden. Auf dieser Grundlage kann im Zuge der Erstellung des haustechnischen Nutzungskonzeptes ein wirtschaftlich realisierbarer Anteil der Versorgung der Heiz- und Kühlsysteme durch die Geothermieanlage festgelegt werden.

Auf dem Grundstück steht ausreichend Fläche zur Herstellung des Erdwärmesondenfeldes zur Verfügung. Eine Herstellung unterhalb flach gegründeter Gebäude oder Gleisanlagen ist bei fachgerechter Planung prinzipiell unproblematisch.

Ausgehend von einer geothermischen Nutzung mit Heiz- und Kühlbetrieb wird sich unter Berücksichtigung der hier festgelegten Randbedingungen nach derzeitigem Kenntnisstand voraussichtlich ein Sondenfeld mit ungefähr 80 Erdwärmesonden wirtschaftlich betreiben lassen. Für dieses Sondenfeld würde unter Berücksichtigung eines Abstandes zwischen den Sonden von ca. 8 m eine Fläche von ca. 5.150 m² erforderlich werden.

Beratung ■
Entwurf ■
Planung ■
Bauüberwachung ■

**GuD Planungsgesellschaft
für Ingenieurbau mbH**



GuD Planungsgesellschaft mbH • Wilhelm-Kabus-Str. 9 • 10829 Berlin

BERATENDE INGENIEURE

Wilhelm-Kabus-Str. 9 • 10829 Berlin
Tel.: +49 (0)30 832148-0
Fax: +49 (0)30 832148-99
e-mail: berlin@gudplanung.de
www.gudplanung.de

**Entwurf, Projektierung und
Konstruktion im Ingenieurbau**

Ingenieurbauwerke, Baugruben,
Tunnel- und Wasserbauten,
Hochbauten, Bestandssanierung,
Beweis- und Qualitätssicherung

Machbarkeitsstudie für eine geothermische Nutzung des oberflächennahen Untergrundes

[Index A]

PS 18/16

BAUVORHABEN: BFADL – Neubau Straßenbahnbetriebshof Adlershof
Köpenicker Straße 1
12489 Berlin

AUFTRAGGEBER: Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR
Holzmarktstraße 15-17
10179 Berlin

FACHPLANER: GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH
Wilhelm-Kabus-Str. 9
10829 Berlin



PROJEKTLEITER: Dipl.-Ing. Oskar-H. Pekoll

MITARBEITER: Dipl.-Ing. Alexander Borns (GuD)
M.Sc. Jan Kuhlmann (HSW)
Dipl.-Ing. Jens-Uwe Kühl (HSW)
Yang Xu, M.Sc. (GuD)

Berlin, 17.06.2020 [Index A], 29.11.2019 [Index 0]
Dieses Dokument umfasst 39 Seiten

K:\PS18-16 ADLER\5 Gutachten_Bauteilkatalog\5.1 Intern\Machbarkeitsstudie - Geothermie\200617_Adlershof_PS 18-16_Machbarkeitsstudie-Geothermie.docx

Handelsregister:
HRB 73 852
Berlin-Charlottenburg

Commerzbank AG
BIC: DRESDEFF100
IBAN: DE83 1008 0000 0400 7992 00

Geschäftsführender
Gesellschafter:
Dipl.-Ing. Oskar-H. Pekoll



■ D-10829 Berlin • Wilhelm-Kabus-Straße 9
Tel. +49 (0)30 832148-0 Fax +49 (0)30 832148-99
■ D-20537 Hamburg • Wendenstraße 279
Tel. +49 (0)40 248278920 Fax +49 (0)40 2482789-29
■ A-1090 Wien • Ruffgasse 9/25
Tel. +43 (0)1 319151919 Fax +43 (0)1 3191522

Seitennummerierung

Die Seitennummerierung erfolgt fortlaufend.

Nachträgliche Ergänzungen (Einschubseiten) werden durch Abtrennen mit einem Punkt hinter der Seitennummer fortlaufend nummeriert, z. B.: Seite 15.1, 15.2 usw. sind die Einschubseiten 1 und 2 hinter Seite 15.

Austauschseiten werden mit einem Buchstabenindex versehen (von a fortlaufend im Alphabet), z. B.: Seite 15a ersetzt Seite 15, Seite 15b ersetzt Seite 15a usw.

Mit der ersten Änderung bekommt das Dokument den Index A. Der aktuelle Index ist dem Deckblatt zu entnehmen.

Das Revisionsverzeichnis gibt zu jeder Änderung einen Überblick über die geänderten, neu ein- oder angefügten und ungültigen Seiten. Dabei erhält die erste Seite des Revisionsverzeichnisses des Index A die Nummerierung R-A.1. Die zweite Seite des Revisionsverzeichnisses des Index B hat die Nummerierung R-B.2 usw.

Mit jedem neuen Index wird ein Vorwort eingefügt, in welchem die Änderungen ergänzend zum Revisionsverzeichnis textlich beschrieben sind. Die erste Seite des Vorwortes zum Index A erhält die Nummerierung V-A.1. Die zweite Seite des Vorwortes zum Index B bekommt die Nummerierung V-B.2 usw.

**Revisionsverzeichnis**

Index	Seiten	Ersteller	Datum	Unterschrift Ersteller	Projektleiter	Datum	Unterschrift Projektleiter
	a) geänderte Seiten b) neu ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten						
A	Machbarkeitsstudie für eine geothermische Nutzung des oberflächennahen Untergrundes	ABo	17.06.2020	<i>A. Bo</i>	OP	17.06.2020	<i>Oliver Rühl</i>
	a) geänderte Seiten Deckblatt, Seiten 1a, 20a, 22a, 23a, 26a bis 28a b) neu ein- oder angefügte Seiten R-A.1, V-A.1 c) ungültige Seiten -						



Revisionsverzeichnis

Index	Seiten	Ersteller	Datum	Unterschrift Ersteller	Projektleiter	Datum	Unterschrift Projektleiter
	a) geänderte Seiten b) neu ein- oder angefügte Seiten c) ungültige Seiten						
0	Machbarkeitsstudie für eine ge- othermische Nutzung des oberflä- chennahen Untergrundes	ABo	29.11.2019	<i>A. Boes</i>	OP	29.11.2019	<i>Oliver Pelwell</i>



Vorwort zum Index A

Mit dem Index A wurde die Unterlage im Zuge des Prüfumlaufes bei der BVG redaktionell überarbeitet.

Dem Revisionsverzeichnis für den Index A können sämtliche geänderte, neu ein- oder angefügte sowie ungültige Seiten der Fortschreibung des Index A entnommen werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Unterlagen	3
3	Nutzung oberflächennaher Geothermie	6
3.1	Allgemeines	6
3.2	CO ₂ -Einsparpotential geothermischer Nutzungen	6
3.3	Jahresarbeitszahl (Wirkungsgrad)	6
3.4	Geschlossenes Quellsystem „Erdwärmesonden“	7
4	Charakterisierung des Untergrundes im Untersuchungsgebiet	9
4.1	Geographische Lage	9
4.2	Geologie.....	10
4.3	Hydrogeologie	13
4.4	Genehmigungsrechtliche Voraussetzungen für eine Erdwärmnutzung	15
5	Thermophysikalische Bewertung des Untergrundes	19
6	Bewertung des Untergrundes hinsichtlich der geothermischen Erschließung	22
7	Platzdargebot am Standort und geothermische Erschließung	23
8	Geothermische Simulationen	24
8.1	Grundlagen/Erfordernis der EDV-gestützten Bemessung.....	24
8.2	Ziel der Simulationsrechnungen	25
8.3	Eingangsparameter und Bemessungskriterien	25
8.4	Ergebnisse der EED-Simulationsrechnungen.....	27
9	Kostenschätzung der geothermischen Quellenanlage	31
10	Zusammenfassung und Hinweise zum weiteren Vorgehen	32

1 Veranlassung

Am Standort Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin Adlershof (Bezirk Treptow-Köpenick) wird zurzeit die Umnutzung des ehemaligen Kohlebahnhofs Adlershof zu einem Betriebshof der BVG projektiert.

Als wesentlicher Bestandteil des aktuell laufenden Vorplanungsprozesses wird unter anderem eine umweltfreundliche und energieeffiziente Wärmeversorgung/ggf. sommerliche Kühlung des Betriebshofes konzipiert. Dazu wird derzeit eine geothermische Nutzung des Untergrundes favorisiert. Als geothermisches Quellensystem sollen Erdwärmesonden betrachtet werden.

Die GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH wurde durch den Bauherren

Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR
Holzmarktstraße 15-17
10179 Berlin

damit beauftragt, für den geplanten Betriebsbahnhof des Grundstücks Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin-Adlershof eine Machbarkeitsstudie zur Geothermie mit folgendem Leistungsumfang zu erarbeiten:

- Die allgemeine Darstellung der Nutzungsmöglichkeiten oberflächennaher Geothermie
- Vorprüfung genehmigungsrechtlicher Aspekte für eine Erdwärmennutzung anhand digitaler Datenportale und anhand amtlicher Auskünfte
- Recherche der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten bis in ca. 100 m Tiefe anhand einschlägiger Kartenwerke, digitaler Kartenportale und vorliegender Archivdaten
- Thermophysikalische Bewertung des Untergrundes bis in ca. 100 m Tiefe
- Prüfung projektspezifischer Randbedingungen
- Durchführung von Variantenrechnungen, Ausweisung sinnvoller Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie im Projekt
- Durchführung einer Kostenschätzung
- Aufstellung von Empfehlungen zum weiteren Vorgehen
- Zusammenfassung der Ergebnisse in einem Ergebnisbericht



Die Machbarkeitsstudie wurde in Zusammenarbeit mit der H.S.W. GmbH erstellt, welche darauf aufbauend eine Test-Erdwärmesonde herstellt und einen Geothermal Response Test (GRT) durchführt.

2 Unterlagen

- [U1] „FIS-Broker“ Programm der Berliner Stadtverwaltung, digitales Geodatenportal, Stand 02-03/2019
- [U2] Umweltatlas Berlin, digitale Karten- und Daten-Sammlung zu umweltrelevanten Themen, Stand 02-03/2019
- [U3] Digitales Geologisches Landesmodell für das Quartär und Tertiär, 2D-Map-Viewer, Senatsverwaltung Berlin
- [U4] Karten und Bohrdatenarchiv der HSW GmbH, insbesondere:
- [U5] Geothermal Response Tests, u.a. zu den Bauvorhaben Max-Planck-Institut, LTB und Bestec, Berlin-Adlershof, HSW GmbH
- [U6] Numerische Simulation zu den BV LTB und Bestec, HSW GmbH, 09.04.2013
- [U7] Bohrschichtprofile aus dem Projektbereich, FIS-Broker
- [U8] Gutachten mit Anlagen zur Baufeldvorbereitung, IB Döring GmbH, 18.09.2018
- [U9] Lagepläne und Grundrisse, Handzeichnungen, 1:500, 04.09.2018
- [U10] Vermessung der Bestandsanlagen, Vössing Ingenieure, 31.07.2018
- [U11] Auskunft der SenUVK Berlin zur Genehmigungsfähigkeit einer Erdwärmenutzung mittels Erdwärmesonden, per E-Mail, 11.03.2019
- [U12] Earth Energy Designer (EED) 4.19, Programmbibliotheken, u.a. Substratkennwerte
- [U13] Stadtplan (Übersichtskarte 1:50.000); Geoportal berlin (FIS-Broker); 29.11.2019

Literatur

- [L1] Verband Beratender Ingenieure VBI: VBI-Leitfaden Oberflächennahe Geothermie, Band 18 VBI-Schriftenreihe, 2012
- [L2] AHO-Arbeitskreis „Oberflächennahe Geothermie“: Planungsleistungen im Bereich der oberflächennahen Geothermie, Nr. 26 AHO-Schriftenreihe, Bundesanzeiger Verlag, 2011
- [L3] Hanschke, Th.; Kühl, J.-U.; Oldorf, B. & Uebigau M.: Energetischer Doppelnutzen; Energiepfähle und thermoaktive erdberührte Bauteile, Deutsches Ingenieurblatt, Ausgabe 07-08, 2010
- [L4] Koelbel T.: Grundwassereinfluss auf Erdwärmesonden: Geländeuntersuchungen und Modellrechnungen, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2010
- [L5] Benz S.: Rechtliche Rahmenbedingungen für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie, BWV Berliner Wissenschaft, 2009
- [L6] Henning H.-M. et al.: Kühlen und Klimatisieren mit Wärme, BINE-Informationspaket, Solarpraxis AG, 2009
- [L7] Baumann M. et al.: Wärmepumpen - Heizen mit Umweltenergie, BINE-Informationspaket, Solarpraxis AG, 2007
- [L8] Loose P.: Erdwärmennutzung - Versorgungstechnische Planung und Berechnung, C. F. Müller Verlag, 2007
- [L9] Kastura T. et al.: Heat transfer experiments in the ground with groundwater advection, Proceedings of 10th Energy Conservation Thermal Energy Storage Conference Ecstock'2006, New Jersey
- [L10] Deng Z.: Modelling of standing column wells in ground source heat pumps, P.hD Thesis, Oklahoma State University, 2004
- [L11] Diao N. et al.: Heat transfer in ground heat exchangers with groundwater advection, Int. Journal of Thermal Sciences, 43, 1203-1211, 2004
- [L12] Bernier M.: Ground-coupled heat pump system simulation. ASHRAE Transactions. 107, p.605-616, 2001
- [L13] Ottis-Kolleg, Erdgekoppelte Wärmepumpen und unterirdische thermische Energiespeicher, Fachseminar Oberflächennahe Geothermie, Ostbayrisches-Technologie-Transfer-Institut, Energie Kolleg Freising, 21.-22.02.2001
- [L14] Schulz/Werner/Ruhland/Bußmann (Hrsg.) Geothermische Energie - Forschung und Anwendung in Deutschland Verlag C.F. Müller GmbH, Karlsruhe 1991
- [L15] Ingersoll L.R. et al.: Heat Conduction with Engineering, Geological and other applications, Madison, WI: The University of Wisconsin Press, 1954

- [L16] Carslaw H.S. und Jaeger J.C.: Conduction of Heat in Solids, Clarendon Press, Oxford University Press, 2nd Edition, 1947
- [L17] Aktuelle Leitfäden zur Erdwärmenutzung der deutschen Bundesländer
- [L18] Handbücher und Datenblätter der Hersteller von Wärmepumpen, Erdwärmesonden und Zulieferern
- [L19] VDI-Richtlinie 4640 Thermische Nutzung des Untergrundes Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte

3 Nutzung oberflächennaher Geothermie

3.1 Allgemeines

Die „oberflächennahe Geothermie“ ist im Allgemeinen mit einer thermischen Erschließung des Untergrundes von der Oberfläche der festen Erdschicht bis maximal 400 m Tiefe definiert.

Der oberflächennahe Untergrund kann aufgrund der ganzjährig relativ konstanten Erdober- und Grundwassertemperaturen als Wärmequelle, Kältequelle oder zur saisonalen thermischen Energiespeicherung genutzt werden.

Die „Erdwärme“ der oberflächennahen Schichten wird im Regelfall mit Hilfe einer Sole-/Wasser-Wärmepumpe nutzbar gemacht. Die „Erdkälte“ kann häufig ohne zusätzliche Kälteaggregate direkt genutzt werden („passive“ bzw. „freie“ Kühlung), was sowohl sehr kosteneffizient ist, aber auch zu einer günstigen CO₂-Gesamtbilanz beitragen kann.

Unterschiede der geothermischen Ergiebigkeit der Wärme- bzw. Kältequellen resultieren im Wesentlichen aus den unterschiedlichen thermophysikalischen und thermohydrodynamischen Eigenschaften vorhandener Grundwasserleiter (Sande, Kiese, Klüfte) bzw. Grundwassergeringleiter (bindige Horizonte, Festgestein).

3.2 CO₂-Einsparpotential geothermischer Nutzungen

Beim Betrieb geothermischer Anlagen ist ein kompletter Verzicht auf fossile Energieträger möglich, wenn die Hilfsenergie zum Betrieb der Wärmepumpe vorrangig durch regenerativ erzeugten elektrischen Strom (Wind-, Wasser- oder Solarstrom) bereitgestellt wird. Doch selbst bei Verwendung konventioneller (fossiler) Energieträger zur Stromerzeugung haben erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen das Potential einer signifikanten CO₂-Reduktion im Vergleich zu konventionellen Energieträgern/Versorgungskonzepten. Diese ergibt sich vorrangig durch die lediglich anteilige Verwendung von Hilfsenergie.

3.3 Jahresarbeitszahl (Wirkungsgrad)

Maßgebende Größe für das CO₂-Einsparpotential, aber auch die Gesamtwirtschaftlichkeit geothermischer Anlagen, ist die Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Geothermieanlage, die das Verhältnis von nutzbarer Heiz-/Kühlenergie zur aufgewendeten Primärenergie beziffert.

Anzustrebende Jahresarbeitszahlen von Geothermieanlagen liegen bei elektrisch angetriebenen Kompressionswärmepumpen im Bereich von 4,5 im Heizbetrieb (mit 1 kWh Strom können in diesem Fall 4,5 kWh Wärme bereitgestellt werden) bzw. zwischen 6,0 im aktiven Kühlbetrieb und 35,0 im passiven Kühlbetrieb (bei passiver Betriebsweise ohne den Einsatz einer reversiblen Wärmepumpe ist ausschließlich Hilfsenergie erforderlich).

3.4 Geschlossenes Quellensystem „Erdwärmesonden“

Aufgrund der geringen Störanfälligkeit, der hohen Lebensdauer, aber auch aufgrund genehmigungsrechtlicher Voraussetzungen werden bei der oberflächennahen Geothermie überwiegend „geschlossene“ geothermische Quellensysteme (meist Erdwärmesonden, aber auch Energiepfähle, Erdwärmekollektoren und Sonderbauformen wie Spiral- oder Grabenkollektoren) realisiert. Durch das im Erdreich installierte geschlossene Rohrsystem zirkuliert im Regelfall ein Wasser-Glykol-Gemisch als Wärmeträger, das dem Untergrund die Wärme/Kälte entzieht und einer Wärmepumpe bzw. dem Gebäude zuführt.

Unter Berücksichtigung einer möglichst hohen Energieausbeute je Quadratmeter verfügbarer Grundstücksfreifläche sind vertikal installierte Erdwärmesonden das häufigste verwendete geothermische Quellensystem. Im Rahmen der gewünschten bzw. behördenseitig oder technisch vorgegebenen Temperaturgrenzen können diese eine große Spannbreite thermischer Anforderungen erfüllen. Dabei können Erdwärmesonden für Bauvorhaben nahezu jeder Größenordnung eingesetzt werden.

Im Regelfall kommen für die benannten Bohrtiefen mittelgroße Raupenbohrgeräte zum Einsatz, die aufgrund ihrer Abmessungen, Ausstattung und Leistungsvermögen auch auf kleinflächigen Baustellen agieren können (Abbildung 3-1).



Abbildung 3-1: Herstellung einer Erdwärmesonde mittels Raupenbohrgerät in Wolfsburg [H.S.W. GmbH]

Typische Erschließungstiefen für Erdwärmesonden liegen aufgrund technischer Aspekte (Leistungsfähigkeit der Bohrtechnik) und aus genehmigungsrechtlicher Sicht (u.a. Bergrecht) häufig im Bereich von 100 m. Bei geologisch und genehmigungsrechtlich günstigen Standortbedingungen sind auch Bohrtiefen bis 150...180 m wirtschaftlich erschließbar.

Bei der Dimensionierung von Erdwärmesondenfeldern müssen sowohl rechtliche Rahmenbedingungen, als auch systembedingte Bemessungsgrenzen der im Betriebszeitraum auftretenden Temperaturen eingehalten werden. Durch eine softwaregestützte Dimensionierung von Erdwärmesondenfeldern (Simulation z.B. mittels der Geosoftware „Earth Energy Designer“) kann prognostiziert werden, wie viele Erdwärmesonden mit welcher Tiefe erforderlich sind, um den Jahresbedarf an Wärme und/oder Kälte abzudecken. Diese wird bei größeren Anlagen im Ergebnis von Erkundungsbohrungen und geothermischen Messungen angepasst/spezifiziert.

4 Charakterisierung des Untergrundes im Untersuchungsgebiet

4.1 Geographische Lage

Das Baugrundstück liegt an der Köpenicker Straße, unmittelbar an der S-Bahn-Trasse, im Berliner Stadtteil Adlershof (Bezirk Treptow-Köpenick). Es wurde vormals als Rangierbahnhof und bis 1990 als Umschlagbahnhof für Kohle und Baustoffe genutzt. Derzeit ist das Gelände unbebaut, Relikte der Vornutzung sind aber in Form von Gleisen, versiegelten Geländeteilen und Altlasten im oberflächennahen Untergrund noch vorhanden. Im Umfeld des Standortes ist das Stadtbild von gemischter Nutzung geprägt (Abbildung 4-1). Ca. 300 m südlich fließt der Teltowkanal.

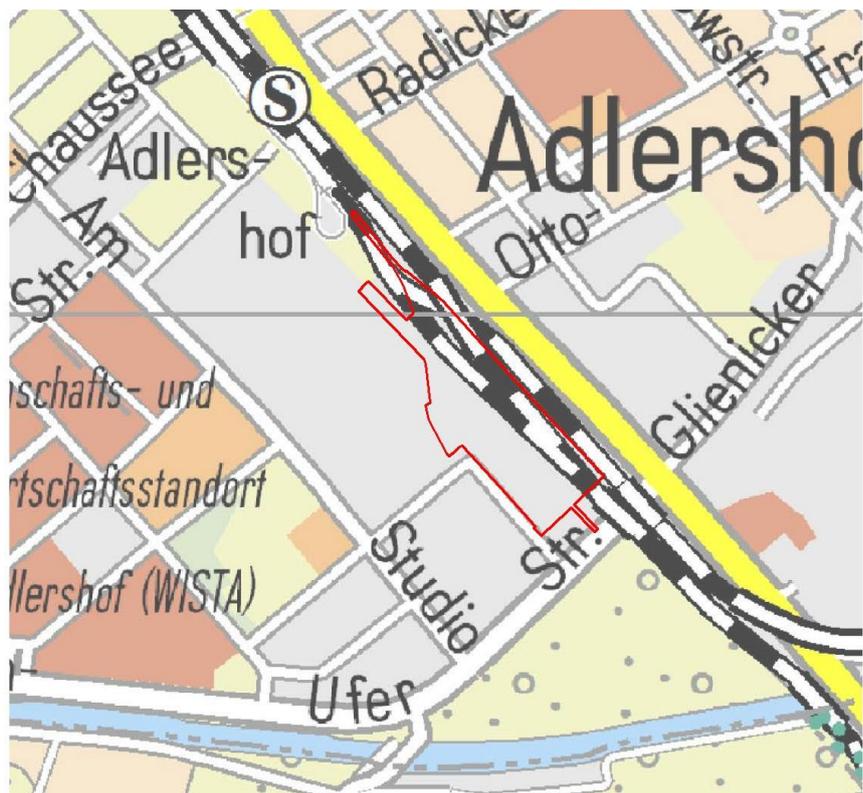


Abbildung 4-1: Ungefähre Lage des Vorhabenstandortes (Geoportal-Berlin, [U13])

Geomorphologisch ist der Standort im südlichen Randbereich des Berliner Urstromtals gelegen, das sich von Ost nach West mitten durch Berlin erstreckt. Dementsprechend ist hier ein geringes bis mäßiges Relief ausgebildet und die Standorttopographie als sanft hügelig zu charakterisieren. Die geodätische Höhe am Baustandort liegt bei ca. +35 m NHN. Die Absoluthöhen im Umfeld variieren von ca. +31 m NHN im Kanalbereich und steigen nach Norden bis auf ca. +50 m NHN im „Birkenwäldchen“ an.

4.2 Geologie

Das Untersuchungsgebiet ist großmaßstäblich betrachtet Teil der von den pleistozänen Kaltzeiten intensiv geprägten Norddeutschen Senke. Geomorphologisch ist der Standortbereich, wie zuvor erwähnt, dem pleistozän gebildeten Urstromtal zuzuordnen (Abbildung 4-2 und Abbildung 4-3, [U1, U2]).

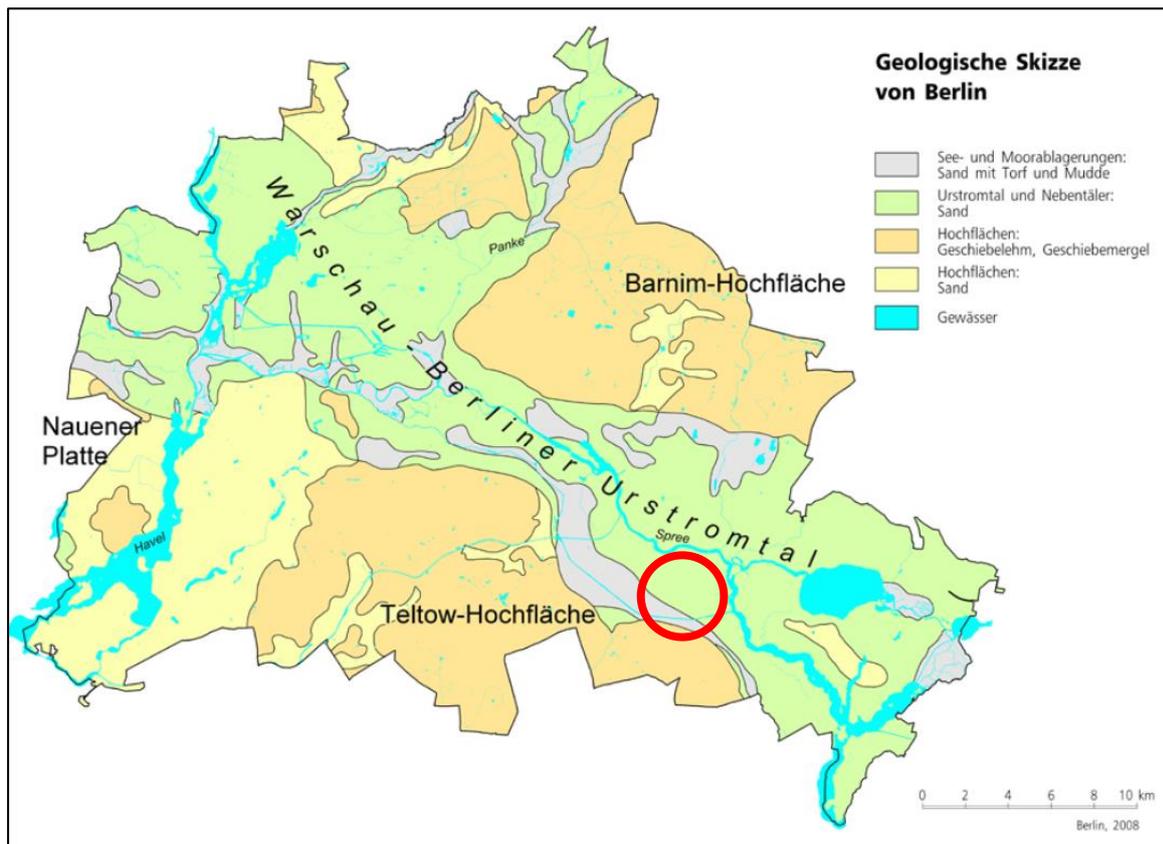


Abbildung 4-2: Geologische Skizze von Berlin [U2]

Entsprechend der Bohrprofile aus dem Standortbereich sowie dem Bericht zur Baufeldvorbereitung ist auf den obersten 2...3 m mit anthropogenen Auf- und Umlagerungen zu rechnen [U7, U8]. Es fand im Jahr 2009 bereits eine Tiefenenttrümmerung in Teilen des Grundstücks statt. Im nicht enttrümmerten Teil können noch Altfundamente vorhanden sein. Zusätzlich gilt das Grundstück sowohl als Altlasten-, als auch als Kampfmittelverdachtsfläche [U8]. Dazu finden parallel weitere Untersuchungen statt. Im Rahmen der Baufeldvorbereitung, also vor Neuerrichtung der Gebäude, sollten diese Baulasten festgestellt und beseitigt werden.

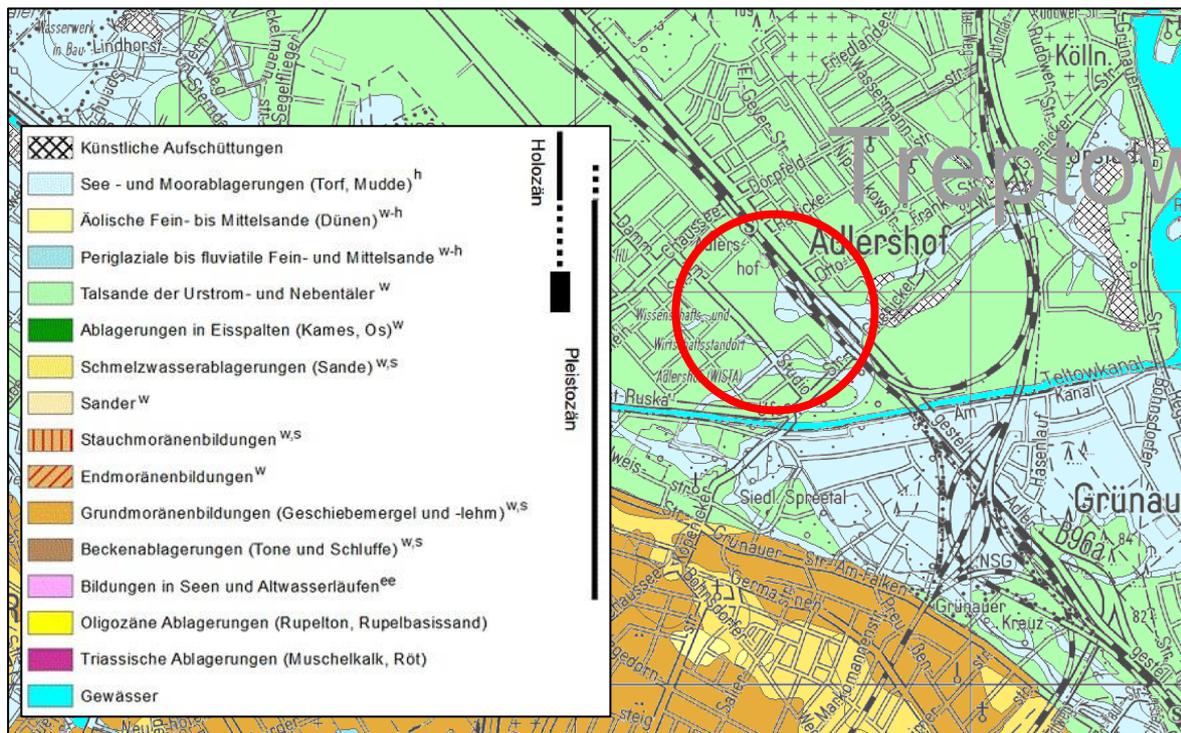


Abbildung 4-3: Ausschnitt aus der Karte zur Oberflächengeologie, Geologischer Atlas von Berlin [U2]

Unterhalb des anthropogen beeinflussten Tiefenbereichs beginnen die geogenen Ablagerungen mit weichselzeitlichen Sanden. Generell bauen pleistozäne Wechsellagerungen aus Sand und bindigen Zwischenlagen (Geschiebemergel, Schluff, teilweise Ton) die geologischen Einheiten bis zur Quartärbasis auf.

Gemäß der zur Verfügung stehenden Kartenwerke liegt das Baufeld in einem Übergangsbereich zwischen der Blankensee-Schmöckwitzer (Teltow-) Rinne und der Eberswalde-Storkower Rinne. Dies zeigt sich geologisch darin, dass die Quartärbasis in nordwestliche Richtung innerhalb des Baufeldes deutlich abtaucht [U1-U3].

Durch die kleinräumig heterogenen Ab- und Umlagerungsprozesse innerhalb des Rinnensystems wird auch die Interpretation der räumlichen Lagerungsverhältnisse hier erschwert. Die Datenlage ist aufgrund der Vielzahl zur Verfügung stehenden Bohrungen zwar als relativ gut zu bezeichnen, diese Daten ergeben jedoch ein heterogenes Bild. Es wird versucht, den tieferen geologischen Aufbau unter anderem anhand geologischer Profilschnitte (Abbildung 4-4) sowie aus den Archivbohrungen abzuleiten.

Demnach folgt basal der weichselzeitlichen Sande saalezeitlicher Sand ab etwa 10...12 m bis ca. 40 m Tiefe. Eingeschaltet oder zum Liegenden der Saale wird ggf. eine 10...15 m mächtige Lage

von Geschiebemergel vermutet. Unterhalb dessen folgen Sand-Ablagerungen der Elsterzeit, deren Tiefenerstreckung aufgrund der Lage im Rinnenbereich variiert. Im Süden und Osten des Geländes wird die Quartärbasis bei ca. 80 m unter Gelände erwartet, während sie im Nordwesten des Geländes bereits tiefer als 100 m liegen kann. Auch die Sedimente der Elster-Kaltzeit sind in sich heterogen. So muss mit 10...15 m mächtigen Lagen von Geschiebemergel und geringermächtigen Ton- und Schlufflagen gerechnet werden, die als Beckenablagerungen in Ruhephasen entstanden sind.

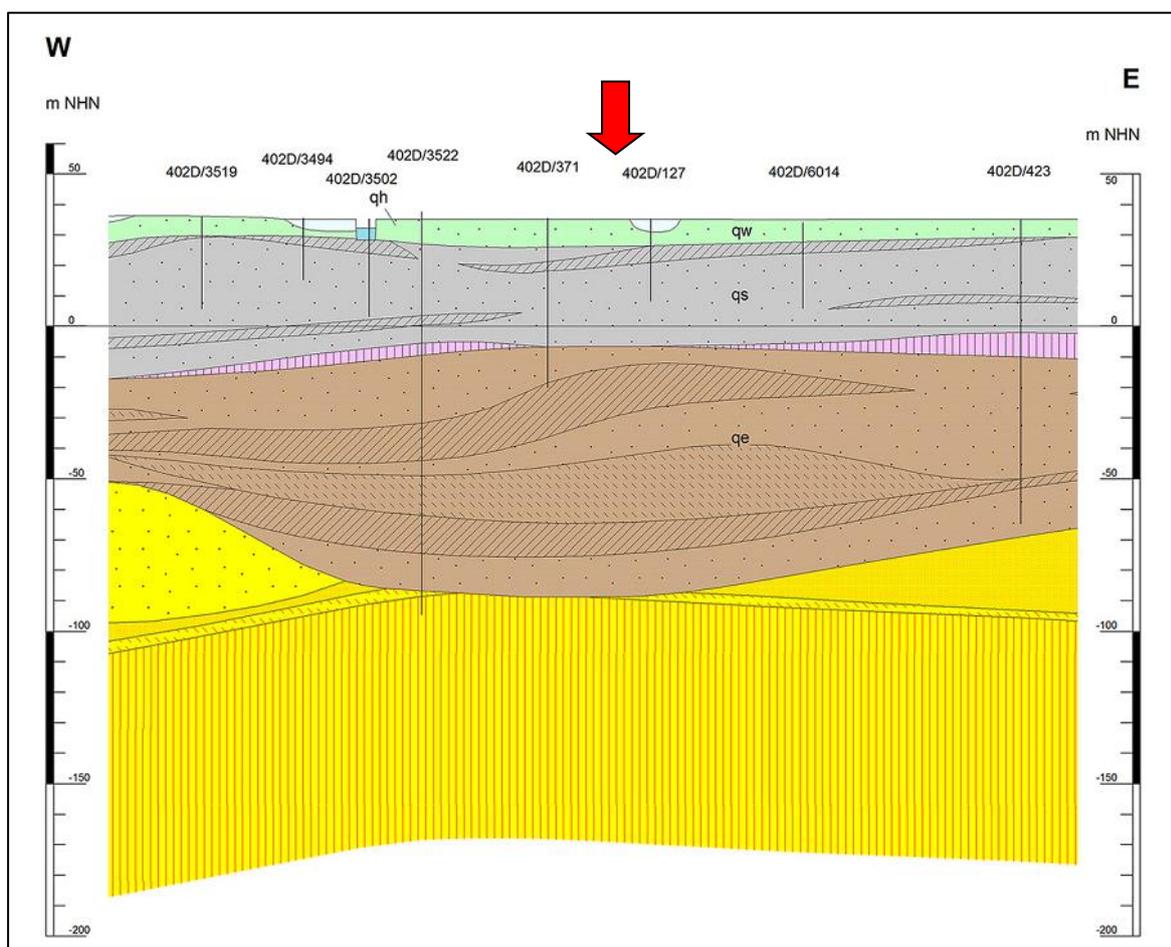


Abbildung 4-4: Auszug eines geologischen Schnittes südlich des Vorhabenstandortes [U2]

Die tertiären Ablagerungen unterhalb der elsterzeitlichen Sedimente beginnen entsprechend der geologischen Schnitt im Südosten des Grundstücks mit miozänem Braunkohleschluff. Ebenfalls im Westen des Grundstücks ist eine Hochlage des tertiären Rupeltons dokumentiert, die auch genehmigungsrechtlich relevant ist [U1, U11]. Zum Nordwesten hin haben sich die elsterzeitlichen Rinnen tiefer in die tertiären Schichten eingeschnitten, so dass hier die Braunkohleschluffe vollständig erodiert sein können. Die nächsttieferen Schichten bilden die ebenfalls miozänen Quarzsande, die ihrerseits wiederum von den oligozänen Glimmersanden unterlagert werden. Der

oligozäne Rupelton wird meist im Tiefenbereich ab ca. -100 m NHN bzw. 130...140 m unter Gelände erwartet.

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen wird zusammenfassend das nachfolgende generalisierte geologische Erwartungsprofil bis in ca. 100 m Tiefe für den Vorhabenstandort prognostiziert:

Teufbereich/ Mächtigkeit	Voraussichtlicher Untergrund	Geologische bzw. hydrogeologische Zuordnung
00 - 02 m / 02 m	Aufschüttungen, Bauschutt	Holozän
02 - 12 m / 10 m	Mittelsand	Pleistozän, Weichsel-Kaltzeit
12 - 35 m / 23 m	Mittel- bis Grobsand	Pleistozän, Saale-Kaltzeit
35 - 45 m / 10 m	Geschiebemergel	Pleistozän, Saale- Kaltzeit
45 - 70 m / 25 m	Mittelsand	Pleistozän, Elster-Kaltzeit
70 - 85 m / 15 m	Geschiebemergel, Schluff	Pleistozän, Elster-Kaltzeit
85 - >100 m / 10 m	Schluff, Braunkohle, im Osten ggf. Ton	Tertiär, Miozän, im Osten ggf. Oligozän

Aufgrund der glazialen und glazialtektonischen Prägung des Raumes Berlin und insbesondere im Urstromtalbereich sind, wie zuvor bereits erwähnt, Abweichungen vom geologischen Erwartungsprofil generell nicht auszuschließen bzw. zu erwarten. Grundsätzlich ist mit dem Ausbleiben einzelner Schichten und abweichenden Schichtgrenzen zu rechnen. Ein Vorkommen von Steinen und Blöcken bis zur Findlingsgröße innerhalb des Geschiebemergels ist grundsätzlich möglich.

4.3 Hydrogeologie

Am Standort wird der Grundwasserspiegel gemäß der amtlichen Grundwassergleichen bei ca. +32...33 m NHN und damit ca. 2...3 unterhalb Geländeoberfläche erwartet (Abbildung 4-5). Es fanden in den zurückliegenden Jahren unregelmäßig Messungen statt, die im Bericht zur Bau-feldvorbereitung dokumentiert sind und die amtlichen Daten im Wesentlichen bestätigen. Der Grundwasserabstrom erfolgt am Vorhabensstandort gemäß der Grundwassergleichenkarte von Berlin im Hauptgrundwasserleiter (HGWL) voraussichtlich mit geringem Gefälle in nördliche Richtung. Die Grundwassergleichen scheinen durch die nordwestlich gelegene Wasserfassung Johannistal beeinflusst zu sein, in deren Richtung ebenfalls ein Grundwasserstrom dokumentiert ist (Abbildung 4-5).

Es ist in den online zugänglichen Grundwasserbeschaffenheitsdaten für den Standort eine als „erhöht“ geltende Chlorkonzentration von ca. 80 mg/l und eine Sulfatkonzentration von ca. 180 mg/l hinterlegt. Die elektrische Leitfähigkeit als Summenparameter der gelösten Stoffe liegt mit ca. 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ebenfalls oberhalb der Hintergrundwerte für pleistozäne Grundwasserleiter (Abbildung 4-6). Vermutlich zeigt sich hier die langjährige Besiedlung des Berliner Stadtgebietes, die mit einem erhöhten anthropogenen Stoffeintrag in die nicht vollständig abgedeckten Grundwasserleiter einhergeht.

Von einer flächendeckenden Grundwasserversalzung ist entsprechend der textlichen Beschreibung der Grundwassersituation in Berlin grundsätzlich erst in den tieferen Schichten unterhalb des tertiären Rupeltons auszugehen [U2].

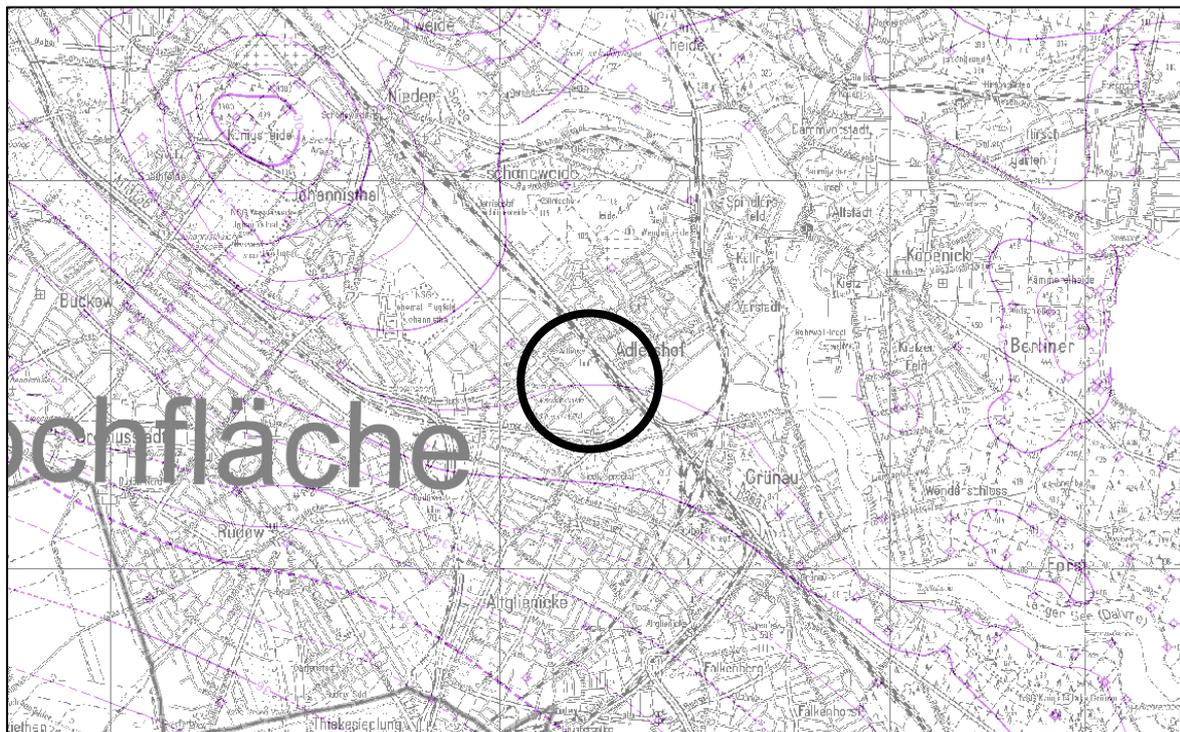


Abbildung 4-5: Ausschnitt aus der Grundwassergleichenkarte von Berlin [U2]

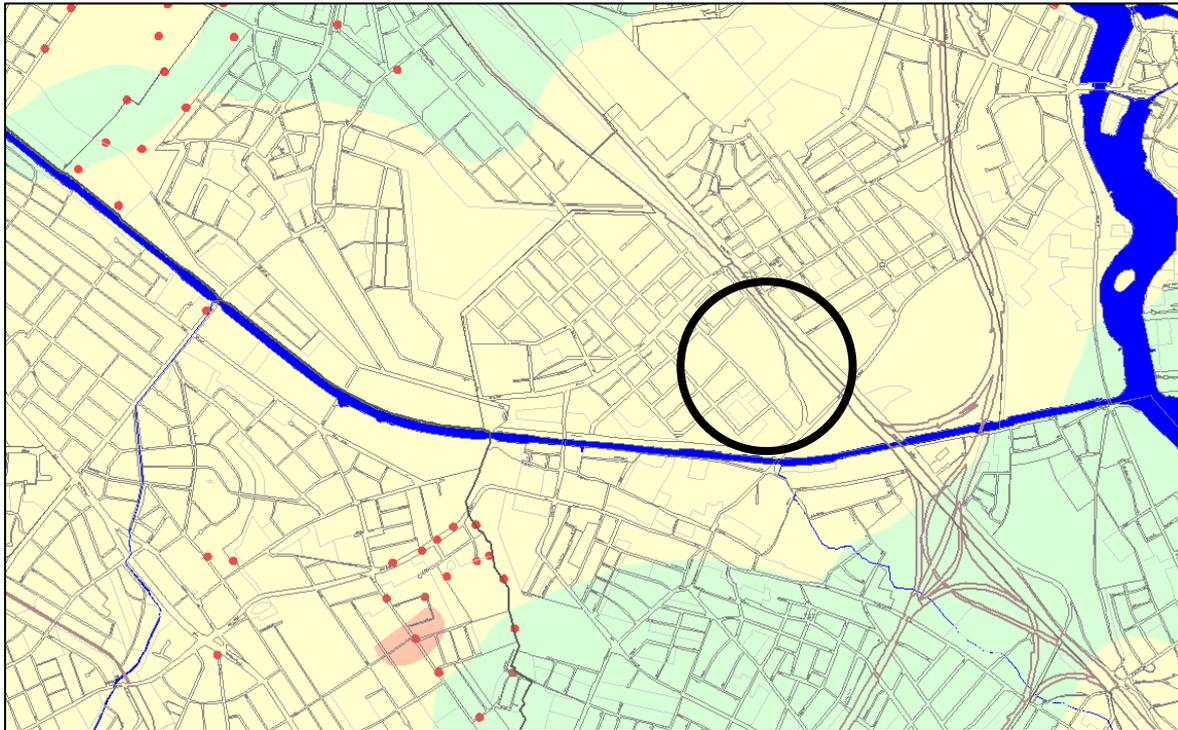


Abbildung 4-6: Elektrische Leitfähigkeit im HGWL im Projektgebiet [U2]

4.4 Genehmigungsrechtliche Voraussetzungen für eine Erdwärmnutzung

Bei der Nutzung von Geothermie/Erdwärme sind generell vor allem folgende Gesetze, Verordnungen und Verwaltungsvorschriften zu berücksichtigen:

Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Erdwärmesonden und geothermische Brunnenanlagen unterliegen nach Wasserhaushaltsgesetzes in der Regel der Erlaubnispflicht. Zuständige Genehmigungsbehörden sind die Unteren Wasserbehörden der einzelnen Landkreise bzw. kreisfreien Städte.

Bundesberggesetz (BBergG)

Erdwärme gilt nach BBergG als bergfreier Bodenschatz. Wird die Erdwärme für Zwecke genutzt, die über das eigene Grundstück hinausgehen, bedarf es zu deren Gewinnung einer Bergbauberechtigung, d.h. einer bergrechtlichen Bewilligung nach §8 BBergG. Für Bohrungen, die mehr als 100 m in das Erdreich eindringen, gilt zusätzlich eine separate Anzeigepflicht gemäß § 127 Abs.1 BBergG.

Lagerstättengesetz

Nach §4 Abs.1 Lagerstättengesetz besteht gegenüber dem Geologischen Dienst des jeweiligen Bundeslandes eine Anzeigepflicht für das Abteufen von Bohrungen sowie eine Mitteilungspflicht der Ergebnisse.

Standortauswahlgesetz

Das Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - *StandAG*) bringt in bestimmten Gebieten Einschränkungen für die Zulassung sowie mehrwöchige Verzögerungen der Genehmigungsabläufe für Bohrungen über 100 m Tiefe mit sich.

Länderspezifische Regelwerke (Leitfäden, Merkblätter)

In den Bundesländern existieren meist eigene Regelwerke, in denen technische Aspekte, generelle Empfehlungen und der aktuelle Stand der Technik zu einem länderspezifischen Handbuch zusammengefasst sind, das häufig auch den Behörden als Genehmigungsgrundlage dient. Hier wird insbesondere auf Details zu genehmigungsfähigen Bohrlochdurchmessern, Verfüllmaterialien oder Bohrtiefenbeschränkungen und Temperaturgrenzen im Anlagenbetrieb hingewiesen.

In Berlin ist es generell untersagt, Bohrungen tiefer als 100 m abzuteufen. Zudem darf der oligozäne Rupelton als Deckschicht der tertiären Schichten allgemein nicht erbohrt werden.

Besondere Schutzgebiete (eingeschränkte Genehmigungsfähigkeit)

Vom Grundsatz her sind Erdwärmennutzungen oder Grundwasserentnahmen in Natur-, Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten i.d.R. nicht zulässig. Ausnahmen sind ggf. möglich, doch sind dann „sehr strenge Maßstäbe“ anzulegen. Schon bei geringfügigen Restrisiken u.a. für die öffentliche Trinkwasserversorgung ist eine Zulassung zu versagen („Besorgnisgrundsatz“).

Behördliche Anforderungen an große Erdwärmeeanlagen

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens wird bei Erdwärmesondenanlagen mit Größen ab 30...50 kW thermischer Leistung meist die Durchführung von Geothermal Response Tests gefordert, entsprechend der Empfehlung aus der maßgeblichen VDI-Richtlinie 4640.

Ab 50...100 kW Systemleistung wird häufig eine Prognose der thermischen Auswirkungen auf Nachbargrundstücke beauftragt, die mittels einer numerischen dreidimensionalen Simulation erfolgt. Dadurch ist ein wasserrechtlich unbedenklicher Anlagenbetrieb nachzuweisen. Einzelne

Bundesländer leiten zudem das Erfordernis eines bergrechtlichen Bewilligungsverfahrens von der prognostizierten Temperaturbeeinflussung auf Nachbargrundstücke ab.

Bei Errichtung der Geothermieanlage sind, je nach Bundesland, bei großen Geothermieanlagen meist 1-3 Temperaturmessstellen im Zentrum der Erdwärmenutzung oder an den Grundstücksgrenzen herzustellen. Zudem sind meist Wärmemengenzähler im geothermischen Quellenkreis zu installieren. Durch zyklische Messungen soll somit der reale Anlagenbetrieb und dessen Auswirkung auf die Untergrundtemperaturen erfasst werden.

Genehmigungsrechtliche Aspekte am Vorhabenstandort

Gemäß Datenbestand der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt liegt der Vorhabenstandort in keinem aktuellen Schutzgebiet (exemplarisch dargestellt für Trinkwasser in Abbildung 4-7 [U2]). In Berlin ist die Abteufung von Erdwärmebohrungen allgemein auf eine maximale Tiefe von 100 m unterhalb des Bohransatzpunktes beschränkt.

Im Betrachtungsraum Berlin-Adlershof wurden bereits mehrere Vorhaben zur geothermischen Nutzung realisiert, was genehmigungsrechtlich grundsätzlich günstige Bedingungen verheißt [U1, U5, U6]. Gemäß der geothermischen Potentialkarte liegt der östliche Teil des Grundstücks jedoch in einem Gebiet, in dem die Erdwärmenutzung nur eingeschränkt möglich ist (Abbildung 4-8).

Nach einer entsprechenden Voranfrage wurde vom Referat Gewässerschutz der SenUVK darauf hingewiesen, dass aufgrund der im Kapitel Geologie beschriebenen Hochlage des Rupeltons eine Beschränkung der Erschließungstiefe auf 80 m am Standort beauftragt wird [U11].

Bei weiteren Planungen wäre generell zu berücksichtigen, dass üblicherweise mindestens eine Erkundungsbohrung, ein Geothermal Response Test sowie eine numerische Simulation im Rahmen des Genehmigungsverfahrens gefordert wird. Über die Einbeziehung der Bestandsanlagen in eventuelle Berechnungen und Modellierungen muss separat entschieden werden. Aufgrund der Entfernung von mehreren hundert Metern werden jedoch keine Einschränkungen für die avisierte Nutzung erwartet.

Es sind mit Anlagenerrichtung zudem voraussichtlich Temperaturmessstellen zu errichten und ein Betriebsbeauftragter zur Überwachung der wasserrechtlichen Vorgaben einzusetzen.

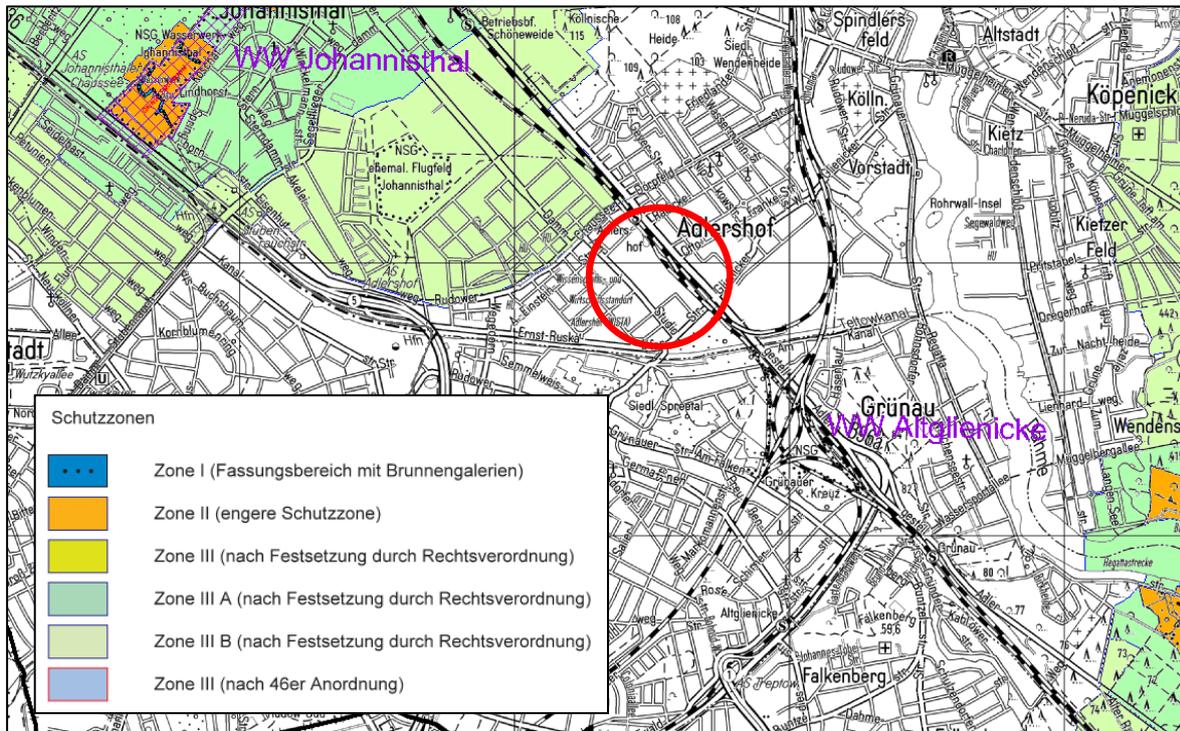


Abbildung 4-7: Trinkwasser-Schutzgebiete im Bereich Berlin Adlershof [U1, U2]

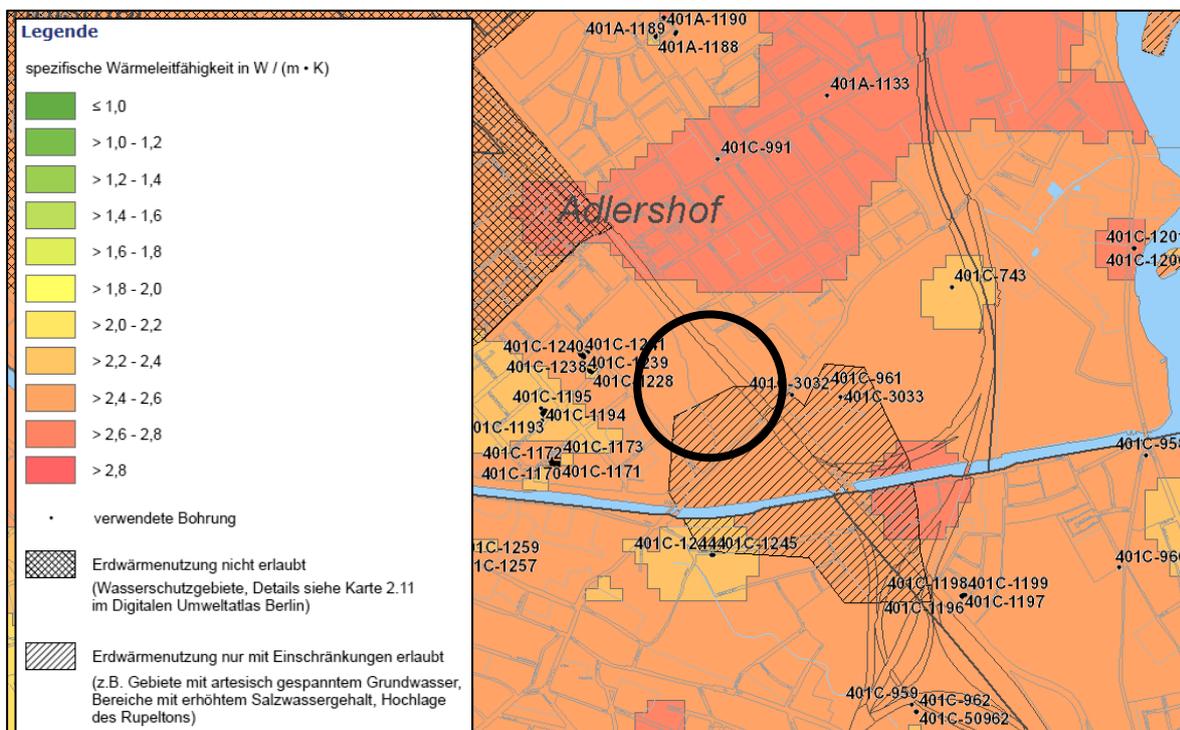


Abbildung 4-8: Geothermisches Potential bis in 80 m Tiefe [U1, U2]

5 Thermophysikalische Bewertung des Untergrundes

Die Leistungsfähigkeit/das Potential von Erdwärmeanlagen und insbesondere von geschlossenen Systemen wie Erdwärmesonden wird neben der ungestörten Untergrundtemperatur ($^{\circ}\text{C}$) maßgeblich durch die Wärmeleitfähigkeit (λ) des Untergrundes und seiner Wärmekapazität (c) bestimmt.

Die Wärmeleitfähigkeit beschreibt das Wärmetransportvermögen mittels Wärmeleitung (Konduktion) im Untergrund. Sie wird im Wesentlichen vom anstehenden Gestein und dessen Wassersättigung bestimmt. Wenn sich Grundwasser frei bewegt, so ist zusätzlich ein lateraler Wärmetransport gegeben.

Die Wärmekapazität beschreibt das Vermögen eines Körpers, thermische Energie zu speichern. In wassergesättigten Gesteinen ergibt sich für die Wärmekapazität ein Mittelwert aus dem gesteinsbildenden Feststoff und dem enthaltenen Wasser.

Nachfolgend sollen die benannten Parameter vorerst auf der Basis von Vergleichswerten für die mögliche Erschließungstiefe von Erdwärmesonden (80 m) abgeschätzt werden. Diese Erfahrungswerte werden aus Tabellen der VDI-Richtlinie 4640 sowie aus Messwerten von in Berlin durchgeführten Geothermal Response Tests abgeleitet:

Teufenbereich/ Mächtigkeit	prognostizierter Untergrund *	abgeschätzte Wärmeleitfähigkeit [W/(m·K)]	abgeschätzte Wärmekapazität [MJ/(m ³ ·K)]
00 - 02 m / 02 m	Aufschüttungen, Bauschutt, u	1,5	1,8
02 - 12 m / 10 m	Mittelsand, w	2,5	2,5
12 - 35 m / 23 m	Mittel- bis Grobsand, w	2,5	2,5
35 - 45 m / 10 m	Geschiebemergel, w	2,2	2,4
45 - 70 m / 25 m	Mittelsand, w	2,5	2,5
70 - 80 m / 10 m	Geschiebemergel, Schluff, w	2,2	2,4
Mittelwert bis 80 m	-	2,4	2,5

*Abkürzung für den Wassergehalt der Schichten: u = ungesättigt, t = teilweise gesättigt, w = wassergesättigt

Vergleichend dazu ist die spezifische Wärmeleitfähigkeit bis in 100 m Tiefe im Umweltatlas Berlin ebenfalls mit ca. 2,4 W/(m·K) angegeben (Abbildung 4-8, [U2]).

Generell sind Abweichungen der Wärmeleitfähigkeit auch zwischen nah gelegenen Standorten möglich. Die Werte des Umweltatlas Berlin sind interpoliert und damit ebenfalls nur bedingt repräsentativ. Durch die H.S.W. GmbH wurden bereits zwei Geothermal Response Tests (GRTs) in einer Entfernung von 500...1.000 m westlich des hier betrachteten Standortes durchgeführt, bei denen jeweils mittlere Wärmeleitfähigkeiten von ca. $2,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ nachgewiesen wurden [U5]. Diese Werte stimmen somit gut sowohl mit den amtlichen Daten als auch mit der hier tabellarischen Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit überein. Die weitergehenden Berechnungen werden mit dem Mittelwert nach Literaturdaten von $2,4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ vorgenommen, um eine Überschätzung des geothermischen Standortpotentials im Vorplanungsprozess zu vermeiden.

Die ungestörte Untergrundtemperatur hat ebenfalls entscheidenden Einfluss auf das Potential bzw. die Betriebscharakteristik der geothermischen Gesamtanlage. Sie definiert im Rahmen der Simulation von geothermischen Quellenanlagen den Ausgangswert für betriebsrelevante und i.d.R. wasserrechtlich zulässige Temperaturveränderungen.

Bei den Temperaturprofilmessungen der H.S.W. GmbH zu den oben genannten GRTs in Berlin wurden mittlere Untergrundtemperaturen von ca. $11,0...12,0 \text{ °C}$ bis 100 m nachgewiesen [U5]. Die durchgeführten Messungen weisen allgemein ein Temperaturprofil auf, das für Großstädte üblich ist. Es ist meist ein Wärmeeintrag von oben zu erkennen, der mit der langjährigen Besiedlung und Versiegelung des städtischen Bereichs zusammenhängen kann, aber auch mit sich ändernden klimatischen Randbedingungen. Ein geothermischer Gradient, also eine Temperaturzunahme mit der Tiefe, ist häufig nicht erkennbar oder nur gering ausgebildet.

Die Temperaturkarte des Berliner Senats gibt $10,5...11,5 \text{ °C}$ als mittlere Untergrundtemperatur bis 100 m unter Gelände an (Abbildung 5-1, [U1, U2]), der Standort liegt dabei relativ nah an der $11,5 \text{ °C}$ Isotherme.

Für die weitergehenden Berechnungen wird vorerst ein eher konservativer Wert von $11,0 \text{ °C}$ als mittlere ungestörte Ausgangstemperatur angesetzt.

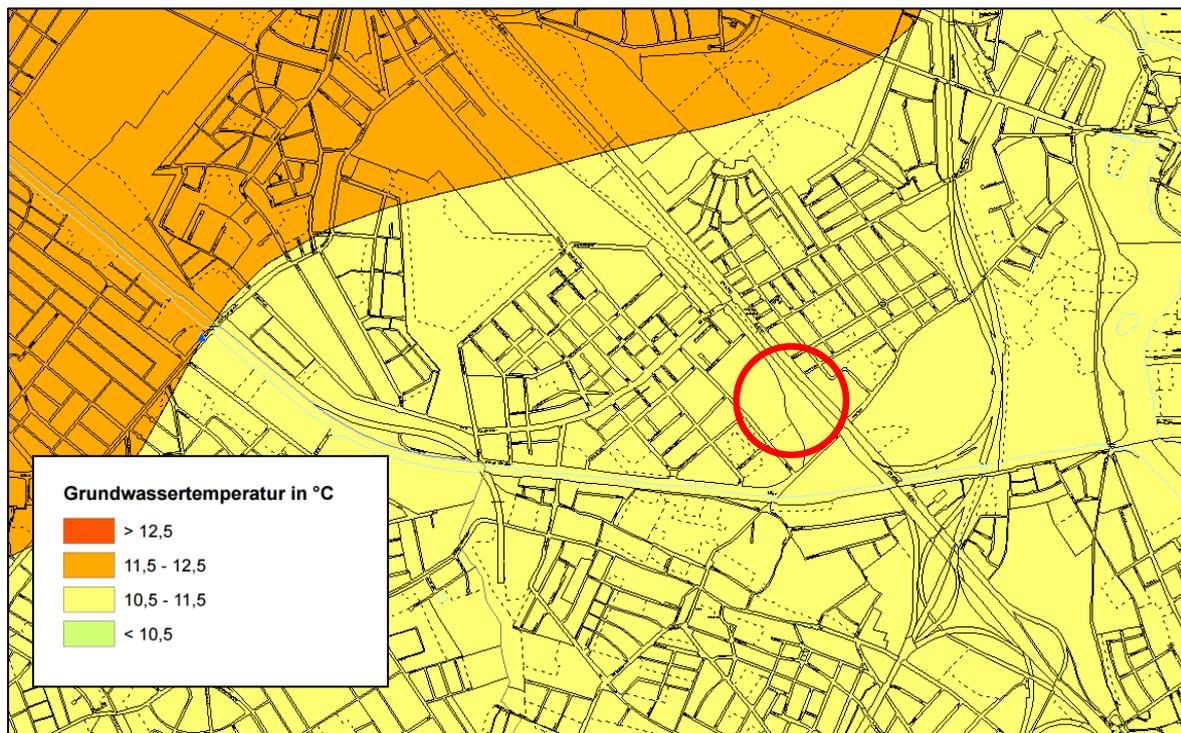


Abbildung 5-1: Mittlere Grundwassertemperaturen bis 100 m Tiefe in Berlin-Adlershof [U2]

6 Bewertung des Untergrundes hinsichtlich der geothermischen Erschließung

Unter Berücksichtigung der standortspezifischen geologischen und genehmigungsrechtlichen Bedingungen ist eine bohrtechnische Erschließung des Untergrundes zur Herstellung von Erdwärmesonden grundsätzlich möglich. Es wird empfohlen, die maximale genehmigungsfähige Tiefe von 80 m vollständig zu nutzen, da somit wärmere Tiefenlagen und ein größeres räumliches Volumen zur thermischen Nutzung erschlossen werden. Zudem wirkt sich eine möglichst geringe Erdwärmesondenanzahl günstig auf die Komplexität der hydraulischen Anbindung und damit auch die Baukosten aus.

Auf der Grundlage der Erfahrungen bei der Herstellung anderer Erdwärmesondenanlagen in Berlin ist generell von bohrtechnisch anspruchsvollen geologischen Bedingungen auszugehen. Daher sollten nur Bohrfirmen mit ausgewiesener regionaler Erfahrung und leistungsstarken Bohrgeräten zum Einsatz kommen. Das Vorhandensein von Steinen und Geröllen in Geschiebemergellagen sowie mögliche grobklastische Schichten (Kies und Steine) erfordern unter Umständen ein angepasstes Bohrverfahren. Dazu zählt der Einsatz zusätzlicher Hilfsverrohrung, die Verwendung geeigneter Spülmittel sowie ggf. eine Durchörterung von harten Schichten oder Steinen mit einem Rollenmeißel. Findlinge oder hohe Spülungsverluste können dazu führen, dass Bohrlöcher aufgegeben werden müssen.

Die thermophysikalische Bewertung des Untergrundes im Hinblick auf dessen Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Untergrundtemperatur zeigt vergleichsweise günstige Parameter für eine geothermische Nutzung mit Erdwärmesonden.

Insgesamt können die Standortbedingungen für eine thermische Nutzung des Untergrundes als gut geeignet bewertet werden.

7 Platzdargebot am Standort und geothermische Erschließung

Das Grundstück ist derzeit unbebaut (vgl. Abbildung 4-1). Reste von Fundamenten und befestigten Straßen sind nur auf verhältnismäßig kleinen Grundstücksanteilen vorhanden und werden voraussichtlich weiter zurückgebaut [U1, U8].

Die spätere Bebauung wird einen Großteil des Grundstücks einnehmen. Dazu heißt es im Bericht zur Baufeldvorbereitung [U8]: „Im Osten soll eine Abstellfläche für Schienenfahrzeuge entstehen, im Westen ein Gebäude mit Lager und Werkstätten im Erdgeschoss und sozialen Einrichtungen und Verwaltung im Obergeschoss.“ Zusätzlich werden auf Großteilen des Geländes Abstell- und Rangiergleise hergestellt. Eine flächige Herstellung von baulichen Einrichtungen unterhalb der Geländeoberkante konnte den vorliegenden Unterlagen nicht entnommen werden. Damit wird davon ausgegangen, dass der überwiegende Großteil des ca. 50.000 m² großen Geländes zur Herstellung von Erdwärmesonden genutzt werden kann.

Die Errichtung von Erdwärmesonden unterhalb von Gebäuden ist prinzipiell unproblematisch, wenn dies bei der konstruktiven und zeitlichen Planung Berücksichtigung findet. Parallel und nachfolgend arbeitende Gewerke insbesondere der Gewerke Tief-/Erdbau, Haustechnik/TGA sowie Ver- und Entsorgung müssen sich auf die zusätzliche Komplexität durch untertägige Installationen einstellen. Erdwärmesonden sowie die horizontal verlegten Anbinderohre sollten, wenn möglich, außerhalb von Fundamenten oder Baugrundvertiefungen (Fahrstuhlschächte etc.) eingebaut werden, um übermäßige Auflasten durch Bodenpressung zu vermeiden. Flächige Lasten durch Gebäude oder in diesem Fall Gleisanlagen sind allgemein unproblematisch.

Die konkrete Standortwahl sowie die Lagekonfiguration potentiell zum Einsatz kommender Erdwärmesonden wäre im Zuge der weiterführenden Planungen vorzunehmen. Hierbei sollte ein Abstand der Erdwärmesonden untereinander von mindestens 6 m (besser mehr) berücksichtigt werden. Zu den Grundstücksgrenzen sollte ein Mindestabstand von 5 m bei der Planung eingehalten werden. Aufgrund der erwarteten nord-nordwestlich gerichteten Grundwasserströmung wäre es zudem günstig, Erdwärmesonden vornehmlich im südlichen/südöstlichen Grundstücksteil anzuordnen, um eine thermische Beeinflussung von nördlich gelegenen bebauten Nachbargrundstücken zu vermeiden.

8 Geothermische Simulationen

8.1 Grundlagen/Erfordernis der EDV-gestützten Bemessung

Die fachgerechte Dimensionierung einer geothermischen Quellenanlage schützt vor den Folgen von Überbemessungen (z.B. hohe Investitionskosten) sowie Unterbemessungen (u.a. hohe Betriebskosten bis hin zum Ausfall der Gesamtanlage) und wird i.d.R. durch die Genehmigungsbehörden im Zuge des wasserrechtlichen Antragsverfahrens als Nachweis eines für den Grundwasserschutz unbedenklichen Anlagenbetriebes gefordert.

Die sachgemäße Anlagendimensionierung erfordert möglichst detaillierte Kenntnisse über verschiedene projektspezifische Voraussetzungen und Anforderungen, um eine nachhaltige und wirtschaftliche Funktion der Geothermieanlage sicherzustellen. Maßgebende Parameter für die Bemessung sind unter anderem:

- Anzahl, Tiefe, Konfiguration und Abstand der Erdwärmesonden
- Sondentyp, verwendete Baustoffe und Materialien
- geologische/hydrogeologische und thermophysikalische Eigenschaften des Untergrundes (u.a. effektive Wärmeleitfähigkeit, Untergrundtemperatur, spezifische Wärmekapazität)
- geplantes geothermisches Versorgungskonzept/Bedarfsanforderungen
- technische oder behördlich vorgegebene Temperaturlimits der Bemessung
- betrachtete Anlagen-Betriebsdauer

Die Vielfalt der Parameter und deren Wechselwirkungen erfordern eine rechnergestützte Simulation der geothermischen Quellenanlage. Zur Nachbildung der dynamischen Speicher- und Transportvorgänge im Einflussbereich von erdgebundenen Wärmeübertragern kommen spezielle Softwarelösungen zum Einsatz, z.B. das hier verwendete Earth Energy Designer (EED).

Bei der Prognose der Temperaturentwicklung im Untergrund setzt EED u.a. eine radiale Ausbreitung der Temperatur um das geothermische Quellensystem nach der Linienquellentheorie voraus. Weitergehende Untersuchungen unter Berücksichtigung einer ggf. vorhandenen Grundwasserströmung sowie einer unregelmäßigen Anordnung der Wärmeübertrager sind nur mit speziellen numerischen Computermodellen möglich (z.B. FEFLOW).

8.2 Ziel der Simulationsrechnungen

Das Ziel der nachfolgenden Simulationsrechnungen ist die Darstellung des am Standort erschließbaren geothermischen Potentials. Der Betrieb der Quellenanlage muss unter anderem konform zur maßgeblichen VDI-Richtlinie 4640 sowie zu den Vorgaben der Stadt Berlin erfolgen. Es werden verschiedene Potentialrechnungen zur Nutzung des Untergrundes mittels Erdwärmesonden durchgeführt. Folgende Szenarien wurden definiert:

- Wie groß müsste ein Erdwärmesondenfeld zur Bereitstellung von Heizwärme dimensioniert sein? Es wird ein monovalentes sowie verschiedene bivalente Betriebsszenarien zugrunde gelegt. Damit werden mehrere Variantenrechnungen durchgeführt und grafisch dargestellt.
- Wie groß müsste ein Erdwärmesondenfeld zur Bereitstellung von Heizwärme und zur sommerlichen Gebäudekühlung dimensioniert sein? Es wird ein monovalentes sowie verschiedene bivalente Betriebsszenarien zugrunde gelegt. Damit werden mehrere Variantenrechnungen durchgeführt und grafisch dargestellt.

8.3 Eingangsparameter und Bemessungskriterien

Berücksichtigte Parameter des Untergrundes für Erdwärmesonden, bis in 80 m Tiefe

- Mittlere Wärmeleitfähigkeit: 2,4 W/(m·K)
- Mittlere spezifische Wärmekapazität: 2,5 MJ/(m³·K)
- Ungestörte Untergrundtemperatur: 11,0 °C

Konstruktive Parameter der Erdwärmesonden

- Es wird eine Anordnung der Erdwärmesonden als kompaktes Feld in Rechteck-Konfiguration mit einem wechselseitigen Abstand von 8 m berücksichtigt.
- Der Bohrdurchmesser sollte mindestens Ø 150 mm betragen.
- Es werden Doppel-U-Sonden mit 32 mm Einzelrohrdurchmesser genutzt.
- Das Verfüllmaterial sollte eine Wärmeleitfähigkeit $\geq 2,0$ W/(m·K) aufweisen.

Versorgungskonzept und Wärmepumpenbetrieb

- Es lagen zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung keine konkreten haustechnischen Bedarfsdaten oder Angaben zum geplanten Anlagenbetrieb vor.
- Durch den AG ist lediglich eine abgeschätzte Gesamt-Heizlast des Gebäudekomplexes von ca. 400 kW angegeben worden.
- Daher werden für die folgenden Simulationsrechnungen einige Annahmen getroffen bzw. Randbedingungen aufgestellt:
 - Die Jahresheizarbeit wird mit maximal ca. 800 MWh/a angesetzt (entsprechend ca. 2.000 Vollbenutzungsstunden bei Ansatz der Heizlast).
 - Die maximale Kühllast wird unter Berücksichtigung der geplanten Gebäude (anteilig Büro- und Werkstattgebäude mit voraussichtlich sommerlichem Kühlbedarf) vorerst mit max. ca. 100 kW und die zu verrichtende Jahres-Kühlarbeit mit 100 MWh/a angenommen (entsprechend ca. 1.000 Vollbenutzungsstunden).
 - Es wird keine Warmwasserbereitung über die Wärmepumpe berücksichtigt.
 - Sonstige Sonderverbraucher, wie z.B. Serverräumlichkeiten, wurden nicht berücksichtigt
 - Die Wärme- und ggf. Kältebereitstellung findet voraussichtlich über eine elektrisch betriebene Sole-Wasser-Wärmepumpe statt.
 - Der Kühlbetrieb erfolgt, so weit möglich, passiv (ggf. nachgeordnet aktiv).
 - Es werden Arbeitszahlen von 4,5 im Heizbetrieb und 25 im passiven Kühlbetrieb angenommen.
 - Als Wärmeträgerfluid im Solekreis wird ein Monoethylenglykol-Wassergemisch mit ca. 25 % Anteil an Glykol genutzt.
- Generell sollten die gebäudeseitigen Heiz- und Kühlsysteme so geplant und ausgeführt werden, dass ein effizienter Betrieb der Wärmepumpe erreichbar ist. Dafür sind Systeme mit möglichst niedrigen Nutzttemperaturen beim Heizen und möglichst hohen Nutzttemperaturen beim Kühlen, wie z.B. Fußbodenheizungen und thermische Bauteilaktivierung bzw. Kühldecken, ideal geeignet.

Bemessungskriterien im Solekreis

- Empfohlene Temperaturänderungen des Wärmeträgermediums gemäß VDI-Richtlinie 4640: die Temperatur des zu den Erdwärmesonden zurückkehrenden Wärmeträgermediums soll im Dauerbetrieb (Wochenmittel) den Grenzbereich von ± 11 K Temperaturänderung gegenüber der ungestörten Erdreichtemperatur nicht überschreiten; bei Spitzenlast soll ± 17 K Temperaturänderung nicht überschritten werden.
- Die Dauer der jeweils berücksichtigten Spitzenlasten orientiert sich an den Empfehlungen der VDI-Richtlinie 4640, Teil 2, Gründruck 2015
- Bemessungskriterium Heizen für Erdwärmesonden: Erfahrungsgemäß sollten für einen nachhaltigen und wirtschaftlichen Heizbetrieb der Anlagen mittlere Fluidtemperaturen im Spitzenlastbetrieb von -3 °C und im Grundlastbetrieb von 0 °C nicht unterschritten werden.
- Die Temperaturlimits müssen über einen mindestens 25-jährigen Betrachtungszeitraum eingehalten werden.
- Der Simulationsbeginn wird im September angesetzt

Es ist unbedingt erforderlich, dass seitens des Auftraggebers und der beteiligten weiteren Fachplaner eine kritische Prüfung sämtlicher Bemessungsgrundlagen (u.a. Leistung, Jahresarbeit, Temperaturlimits, Nutztemperaturniveaus, Wärmebilanzen, Lastprofil, Jahresarbeitszahlen und Betriebsstunden der Wärmepumpe) vorgenommen wird. Alle nachfolgenden dargestellten Ergebnisse sind nur im Zusammenhang mit den Vorgaben bzw. den getroffenen Annahmen gültig.

8.4 Ergebnisse der EED-Simulationsrechnungen

Aufgrund der wenigen vorliegenden Angaben zum Anlagenbetrieb können die im Folgenden dargestellten Simulationsergebnisse nur orientierenden Charakter haben.

In den auf Seite 29 und 30 folgenden Abbildung 8-1 und Abbildung 8-2 sind die Ergebnisse der Simulationsrechnungen grafisch dargestellt. An der Ordinate sind sowohl die für das jeweilige Szenario berücksichtigte thermische Leistung (in kW) als auch Arbeit (in MWh/a) aufgetragen. Die Abszisse stellt die zur nachhaltigen Bereitstellung der thermischen Anforderungen erforderliche Erdwärmesondenanzahl und damit das Ergebnis der Berechnungen dar.

Die Simulationsrechnungen wurden in 10 %-Schritten der Heizleistung durchgeführt und zwischen den Datenpunkten interpoliert. Die eingehende Heizarbeit wurde mittels eines typischen Bivalenz-Profiles (für einen bivalent-parallelen Betrieb) ermittelt. Bei Erhöhung der berücksichtigten Heizleistung wäre mit einer definierten Sondenfeldgröße ggf. auch die Verrichtung eines größeren Anteils an der Jahresheizarbeit möglich und umgekehrt.

Es ergibt sich eine maximal erforderliche Erdwärmesonden-Anzahl von 195 bzw. 175 Stück für eine vollständige Bereitstellung der zunächst abgeschätzten Bedarfsanforderungen. Falls das Ziel die Bereitstellung von 50 % der thermischen Arbeit zur Erfüllung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) ist, wären dafür ca. 70 bzw. 50 EWS nötig. Insgesamt führt die Implementierung einer Gebäudekühlung zu einer signifikanten Reduzierung der erforderlichen Sondenfeldgröße. Ursächlich ist dies auf die anteilige saisonale Regeneration durch die sommerliche Wärmerückführung zurückzuführen.

Die aus den Simulationsrechnungen resultierenden mittleren Fluidtemperaturen blieben im Kühlbetrieb bei den berücksichtigten maximal 100 kW Leistung unterhalb von 18 °C, also in einem Bereich, in dem ein Kühlbetrieb üblicherweise vollständig passiv, ohne Wärmepumpeneinsatz, erfolgen kann.

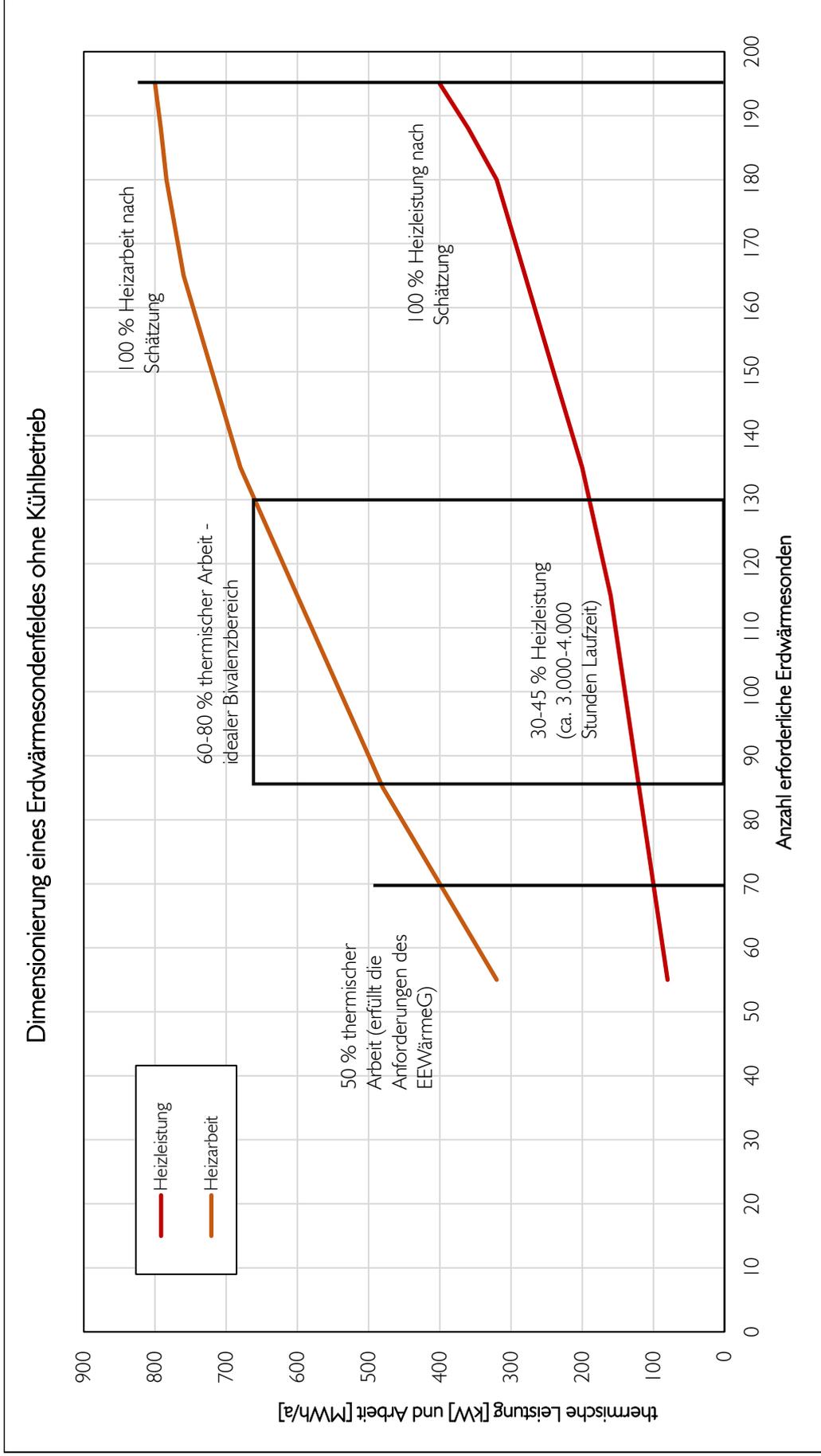


Abbildung 8-1: Exemplarische Dimensionierung eines Erdwärmesondenfeldes ohne Kühlbetrieb

Dimensionierung eines Erdwärmesondenfeldes mit Kühlbetrieb

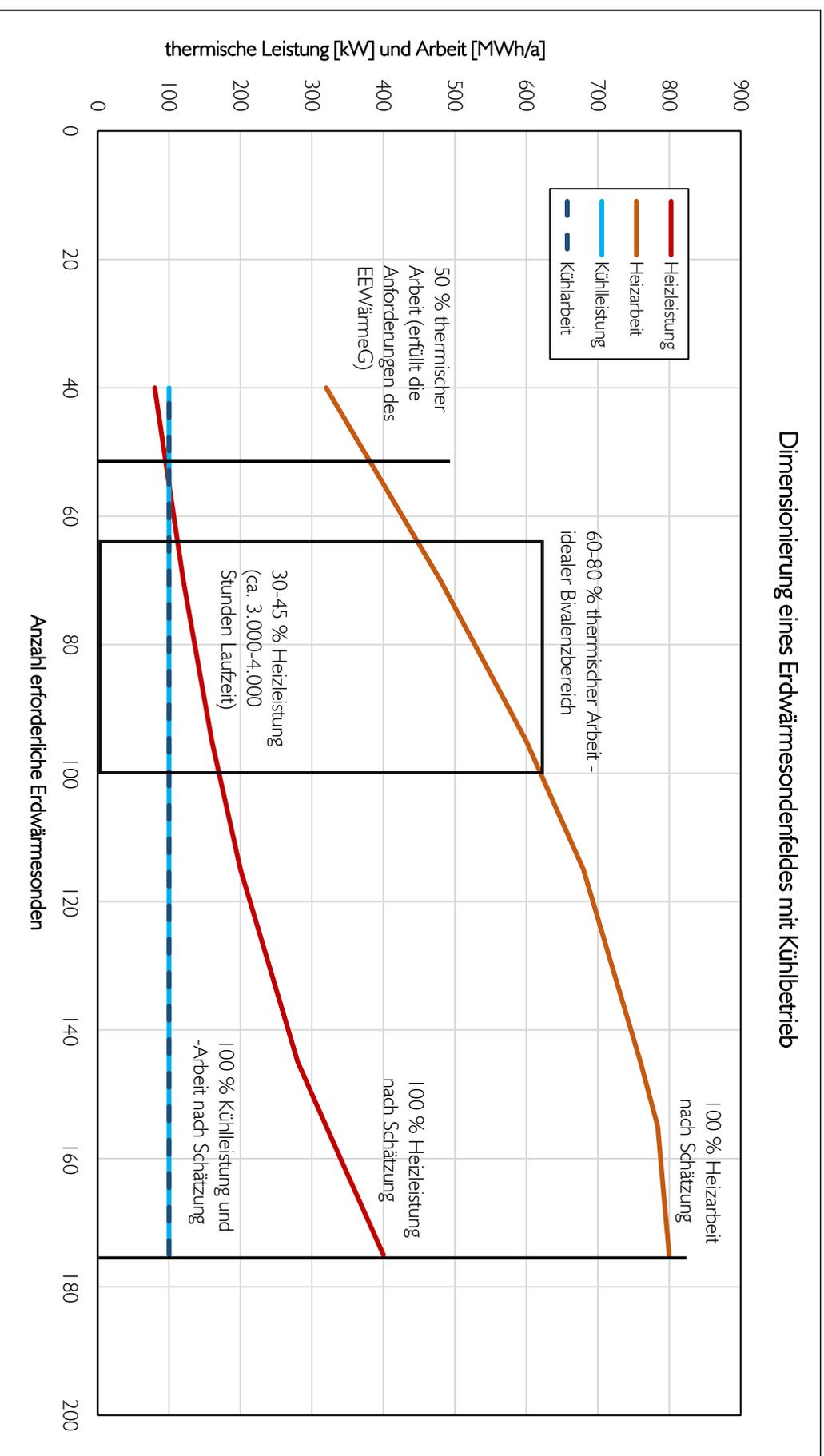


Abbildung 8-2: Exemplarische Dimensionierung eines Erdwärmesondenfeldes mit Kühlbetrieb

9 Kostenschätzung der geothermischen Quellenanlage

Nachfolgend werden die Schätzkosten für die Planung und Herstellung der exemplarisch ermittelten Erdwärmesondenfelder zusammengefasst. Dafür wurden die Varianten 50 EWS (50 % thermischer Arbeit inkl. Gebäudekühlung), 70 EWS (50 % thermischer Arbeit ohne Gebäudekühlung, sinnvolle Bivalenz-Variante mit Kühlung), 110 EWS (sinnvolle Bivalenz-Variante ohne Gebäudekühlung) und 195 EWS („Maximalvariante“, vollständige Abdeckung des abgeschätzten Heizwärmebedarfs ohne Gebäudekühlung) zugrunde gelegt.

Alle aufgeführten Kosten verstehen sich netto, zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

Größe des Quellensystems (überschlägiger Platzbedarf)	50 EWS (2.300 m ²)	70 EWS (3.500 m ²)	110 EWS (6.000 m ²)	195 EWS (11.000 m ²)
Vorerkundung (Erkundungsbohrungen, geothermische Messungen)	10.000 €	10.000 €	20.000 €	30.000 €
Herstellung der Erdwärmesonden	200.000 €	280.000 €	440.000 €	780.000 €
Anbindungsleitungen, Schächte und Erdarbeiten, Befüllung mit Sole	100.000 €	140.000 €	220.000 €	390.000 €
Planungskosten Technische Baugrundausrüstung, Grundpositionen, Leistungsphase 3-7	19.000 €	25.000 €	34.000 €	50.000 €
Erwarteter Mehraufwand aus wasserrechtlichen Auflagen (numerische Simulation, Temperaturmessstellen)	20.000 €	20.000 €	25.000 €	30.000 €
Gesamt-Schätzkosten	349.000 €	475.000 €	739.000 €	1.280.000 €

Die vorgenannten Schätzkosten beruhen auf Erfahrungswerten sowie einer Recherche der aktuellen Preise am Markt und sind daher unverbindlich. Eine Präzisierung der überschlägig ermittelten Investitionskosten ist erst nach weiteren Teilplanungsleistungen mit Kostenberechnung und der Einholung von konkreten Angeboten möglich. Es bestehen Abhängigkeiten zu den letztlich vor Ort angetroffenen geologischen Bedingungen, aber auch zu den Anforderungen an die Bohrausführung (u.a. Baustelleneinrichtung, zeitliche Abläufe, bauseitige Bereitstellung von Baustrom und Bauwasser usw.). Diese Kosten sind aktuell noch nicht feststellbar.

10 Zusammenfassung und Hinweise zum weiteren Vorgehen

Die Standortgeologie ist von quartären/pleistozänen Lockersedimenten (überwiegend Sand, teils bindige Sedimente in Form von Geschiebemergel und Schluff) über tertiären Lockersedimenten geprägt. Erwähnenswert ist eine Hochlage des tertiären Rupeltons im Südosten des Grundstücks, die genehmigungsrechtlich relevant ist. Es wird eine geringe bis mäßige Grundwasserdynamik mit Haupt-Stromrichtung nach Norden bis Nordwesten erwartet.

Am betrachteten Standort ist die Herstellung von Erdwärmesonden nach dem aktuellen Informationsstand prinzipiell genehmigungsfähig. Aufgrund der erwähnten Hochlage des Rupeltons ist seitens der Senatsverwaltung eine Beschränkung der erschließbaren Bohrtiefe auf 80 m vorgegeben worden. In der Umgebung des Standortes existieren bereits weitere größere Geothermieanlagen. Über deren Einbeziehung in eventuelle Berechnungen und Modellierungen im Zuge des Genehmigungsverfahrens wird durch die Genehmigungsbehörde entschieden. Aufgrund der Entfernung von mehreren hundert Metern werden jedoch keine Einschränkungen für die avisierte Nutzung erwartet.

Grundsätzlich ist es in Berlin erforderlich, auf dem Grundstück mindestens eine Erkundungsbohrung abzuteufen und an der Test-Erdwärmesonde einen Geothermal Response Test durchzuführen. Auch eine numerische Simulation ist aufgrund der Anlagengröße erforderlich. Für einen späteren Anlagenbetrieb ist die Herstellung von Temperaturmessstellen, ein Monitoring des Anlagenbetriebes und die Bestellung eines Betriebsbeauftragten üblicherweise verpflichtend.

Das geologische und bohrtechnische Risiko für eine geschlossene Erdwärmennutzung mittels Erdwärmesonden wird als vergleichsweise gering eingeschätzt. Unter Beachtung der genehmigungsrechtlichen Anforderungen wird eine bohrtechnische Erschließung bis zu einer maximalen Tiefe von 80 m empfohlen.

Es lag zum Bearbeitungszeitpunkt kein haustechnisches Heiz- und ggf. Kühlkonzept der geplanten Bebauung vor. Daher wurden seitens der Bearbeiter Szenarien auf Basis der übermittelten kumulierten Heizlast von 400 kW und unter Berücksichtigung der geplanten Gebäude definiert.

Zur Nutzung von Geothermie sollten die gebäudeseitigen Heiz- und ggf. Kühlsysteme so geplant und ausgeführt werden, dass ein effizienter Anlagenbetrieb der Wärmepumpe erreichbar ist. Dafür sind Systeme mit möglichst niedrigen Nutzttemperaturen beim Heizen und möglichst hohen Nutzttemperaturen beim Kühlen, wie z.B. Fußbodenheizungen und thermische Bauteilaktivierung bzw. Kühldecken, ideal geeignet.

Verschiedene Varianten einer Erdwärmesondenfeld-Dimensionierung sind im Ergebnis von Simulationsrechnungen ermittelt und grafisch dargestellt worden. Abhängig von der geplanten Nutzung des Quellensystems wären demnach momentan Feldgrößen von 50 bis 195 Erdwärmesonden mit 80 m Tiefe (4.000 bis 15.600 Bohrmeter) denkbar. Generell fällt das zur Bereitstellung von Heizarbeit erforderliche Sondenfeld kleiner aus, wenn eine saisonale Rückführung von Wärme durch eine sommerliche Kühlung erfolgt. Die Möglichkeit eines rein passiven Kühlbetriebes wäre anhand der thermischen Anforderungen des Gebäudes sowie der erforderlichen hausseitigen Nutztemperaturen zu überprüfen.

Die zur Herstellung von Erdwärmesonden überschlägig erforderliche Fläche von ca. 2.300 bis 11.000 m² würde auf dem Grundstück voraussichtlich zur Verfügung stehen. Eine Herstellung unterhalb flach gegründeter Gebäude oder Gleisanlagen ist bei fachgerechter Planung prinzipiell unproblematisch.

Die Planungs- und Herstellungskosten für ein Erdwärmesondenfeld werden je nach Variante entsprechend der derzeitigen Marktlage auf insgesamt ca. 350.000 € bis 1.300.000 € geschätzt.

Bei Entscheidung des Bauherrn für eine geothermische Nutzung des Untergrundes sollte zunächst ein haustechnisches Nutzungskonzept erarbeitet werden. Parallel können bereits geothermische Erkundungsarbeiten (Abteufen einer Probebohrung, Herstellung einer Test-Erdwärmesonde, Messung der ungestörten Untergrundtemperatur, Durchführung eines Geothermal Response Test) erfolgen. Im Rahmen der Entwurfsplanung wird aufbauend eine Dimensionierung des Quellensystems auf Basis der haustechnischen thermischen Anforderungen und der thermophysikalischen Daten des Untergrundes am Standort vorgenommen. Anschließend folgen die Genehmigungs- und Ausführungsplanung sowie Ausschreibung der Herstellungsarbeiten.

Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)
Holzmarktstraße 15-17
10179 Berlin

Wasserbehörde

Bearbeiterin Frau Lubosch
Zeichen II D 301 - 6793/07.07-00369
Dienstgebäude: 
Brückenstr. 6
10179 Berlin - Mitte
Zimmer 3127
Telefon 030 9025-2111
Fax 030 9025-2983
intern (925) 2111
Datum 27.08.2019

Grundwasserbenutzungen auf dem Grundstück Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin

**Antrag vom 14.06.2019 , hier eingegangen am 19.06.2019
Anhörung vom 30.07.2019**

Sehr geehrte Damen und Herren,

für Sie wurde beantragt, auf dem o. g. Grundstück eine Pilotsonde errichten und einen GRT als Grundlage für die spätere Errichtung und den Betrieb einer Erdwärmesondenanlage durchführen zu dürfen.

Die Errichtung und der Betrieb einer Erdwärmesondenanlage und die mit der Durchführung des GRT verbundene thermische Beeinflussung des Grundwassers und des Bodens stellen nach den Bestimmungen des § 9 WHG Benutzungen dar, die nach § 8 Abs. 1 WHG einer wasserbehördlichen Erlaubnis bedürfen.

Die Erlaubnis wird nach den Bestimmungen der §§ 8 bis 13 WHG auf der Grundlage des Antrages und der dazu eingereichten Unterlagen erteilt. Soweit durch die Nebenbestimmungen der Erlaubnis keine anderen Festlegungen getroffen werden, bezieht sich diese auf das im Antrag und in den Unterlagen dargestellte Vorhaben. Etwaige Abweichungen von dem maßgeblichen Antragsinhalt bedürfen ggf. einer neuen wasserbehördlichen Prüfung und sind daher nicht von der erteilten Erlaubnis abgedeckt. Änderungen bedürfen ggf. einer entsprechenden Anpassung dieser.

Ich weise darauf hin, dass ich auf Grund der aktuellen behördlichen Vorgaben, die Frist zur Durchführung der Bohrung (Bedingung 2.1.1.) bis zum 31.08.2021 verlängert habe.

Sprechzeiten
nach telefonischer Vereinbarung

E-Mail
michaela.lubosch@senuvk.berlin.de
post@senuvk.berlin.de *

Internet
www.berlin.de/sen/uvk/

* Elektronische Zugangseröffnung gem. § 3a Abs. 1 VwVfG
Hinweis zur Information zum Datenschutz nach Art. 13 und 14
Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO):
<https://www.berlin.de/senuvk/service/formulare/de/datenschutz.shtml>

Fahrverbindungen:
 2 Märkisches Museum
 8 Jannowitzbrücke, Heinrich-Heine-Str.
 3, 5, 7, 9, Jannowitzbrücke
 147, 165, 265 U-Bhf. Märkisches Museum

Zahlungen bitte bargeldlos an die Landeshauptkasse Berlin:
Postbank Berlin IBAN: DE47100100100000058100 BIC: PBNKDEFFXXX
Berliner Sparkasse IBAN: DE25100500000990007600 BIC: BELADEBEXXX
Bundesbank, Filiale Berlin IBAN: DE5310000000010001520 BIC: MARKDEF1100

Im Rahmen der Antragsbearbeitung wurde das bezirkliche Umweltamt beteiligt. Nach der Stellungnahme des Umweltamtes sind auf dem Grundstück vorhandene Restbelastungen bei der weiteren Planung der zukünftigen Erdwärmeanlage zu beachten – siehe Hinweis 6.10.

Die Erteilung der wasserbehördlichen Erlaubnis erfolgt gemäß § 2 Abs. 1 UGebO gebührenfrei.

Sofern Rückfragen zu dem Gegenstand der Erlaubnis sowie zu den Nebenbestimmungen bestehen, wenden Sie sich bitte direkt an die/den technische/n Bearbeiter/in Herr Damerow, 030 9025-2096, uwe.damerow@SenUVK.berlin.de.

Nachdem Sie von Ihrem Äußerungsrecht keinen Gebrauch gemacht haben, erteile ich Ihnen nach Abwägung aller zu berücksichtigenden Interessen den folgenden Bescheid.

Wasserbehördliche Erlaubnis

1. Gegenstand der wasserbehördlichen Erlaubnis

- 1.1. Ich erteile Ihnen die Erlaubnis, zum Zwecke der Durchführung eines Geothermal-Response-Tests (GRT) auf dem Grundstück Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin eine Bohrung mit einer max. Teufe von 80 m niederzubringen,
- 1.2. eine Sonde (Pilotsonde) mit einer Sondenlänge bis zu 80 m darin einzubringen sowie
- 1.3. über diese Sondenanlage dem Grundwasser und dem Boden einmalig jeweils maximal 4,0 kW Wärme zuzuführen.

2. Zugrunde liegende Unterlagen

Der Erlaubnis liegen die Antragsunterlagen vom 14.06.2019 maßgeblich zugrunde. Diese können von Dritten nach Vereinbarung bei der Wasserbehörde eingesehen werden.

3. Nebenbestimmungen

Die wasserbehördliche Erlaubnis wird mit den folgenden Nebenbestimmungen verbunden.

3.1. Bedingung

- 3.1.1. Die Erlaubnis für den GRT erlischt mit Ablauf des **31.08.2021**, wenn die Bohrarbeiten zur Errichtung der Anlage bis dahin nicht durchgeführt worden sind.

3.2. Allgemeine Auflagen

- 3.2.1. Jede Änderung mit Bezug auf die Inhalts- und Nebenbestimmungen sowie der Verzicht auf die Inanspruchnahme der wasserbehördlichen Erlaubnis müssen der Wasserbehörde unverzüglich schriftlich angezeigt werden. Änderungen bedürfen ggf. einer entsprechenden Anpassung der Erlaubnis oder eines neuen Erlaubnisverfahrens.
- 3.2.2. Eine Ausfertigung dieser Erlaubnis ist während der Baumaßnahmen und der Durchführung des GRT auf der Baustelle aufzubewahren und dort den zur Prüfung berechtigten Personen nach Aufforderung unverzüglich vorzulegen (§ 69 Abs. 2 BWG).

- 3.2.3. Der Erlaubnisinhaber ist verpflichtet, Bediensteten und Beauftragten der Wasserbehörde auf Anfrage unverzüglich schriftlich darüber Auskunft zu erteilen, ob bzw. wann die Anlagenerrichtung begonnen und die Anlage fertiggestellt bzw. in Betrieb genommen wurde.
- 3.2.4. Der Erlaubnisinhaber muss die sachgemäße Durchführung der Bohrung, der Errichtung der Pilotsonde und des GRT sicherstellen.
- 3.2.5. Über den gesamten Zeitraum des GRT muss ein Betriebsbuch geführt werden. Die Betreiberin hat Leckagen im Pilotsondenkreislauf, Betriebsstörungen und sonstige Vorkommnisse, von denen eine Beeinträchtigung des Grundwassers ausgeht, der Wasserbehörde – II D 35 – unverzüglich unter Angabe des o. g. Aktenzeichens schriftlich zu melden und in das Betriebsbuch einzutragen. Das Betriebsbuch ist der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.
- 3.2.6. Die Errichtung der Erdwärmesondenanlage muss entsprechend den technischen Vorschriften und Regeln, insbesondere der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 1 und 2 erfolgen.
- 3.2.7. Nach Abschluss der Arbeiten ist der Wasserbehörde das Ergebnis der Tests unverzüglich in Berichtsform (nicht per E-Mail) mitzuteilen. Die Sondenköpfe sind wasserdicht zu verschließen.
- 3.2.8. Bei dauerhafter Stilllegung der Anlage ist die Wärmeträgerflüssigkeit aus dem Sondenkreislauf rückstandsfrei auszuspülen und ordnungsgemäß zu entsorgen. Sofern die Wärmetauscherrohre im Baugrund verbleiben können, sind die vertikalen Rohrleitungen vollständig mit einer dauerhaft abdichtenden Ton/Zement-Suspension zu verfüllen.
Ggf. ist dazu der Sondenkopf freizulegen und die horizontalen Anbindungen sind zu kapfen. Die beabsichtigte Stilllegung ist der Wasserbehörde vorab schriftlich mitzuteilen.

3.3. Auflagen zur Errichtung der Erdwärmesonden (Pilotsonden)

- 3.3.1. Die Bohrarbeiten müssen unter Berücksichtigung der VDI-Richtlinie 4640 von einem Bohrunternehmen ausgeführt werden, das nach dem Technischen Regelwerk des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.) Arbeitsblatt DVGW W 120 bzw. W 120-2 vom DVGW Cert GmbH oder der Zertifizierung Bau GmbH zertifiziert sein muss. Zur Bedienung des Bohrgerätes auf der Baustelle ist Fachpersonal einzusetzen, das die Qualifikationsanforderungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 120 bzw. 120-2 erfüllt.
- 3.3.2. Zwei Wochen vor dem Beginn der Bohrarbeiten ist gegenüber der Wasserbehörde der Nachweis zu erbringen, dass die Bohrarbeiten von einem nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 120 bzw. 120-2 zertifizierten Bohrunternehmen ausgeführt werden. Der Nachweis ist durch Vorlage der Beauftragung und der Zertifizierung des Bohrunternehmens zu erbringen.
- 3.3.3. Der Termin der Bohrung für die Pilotsonde ist der Wasserbehörde – II D 35 – sowie dem zuständigen bezirklichen Umweltamt Treptow-Köpenick (Herr Ranft, thomas.ranft@ba-tk.berlin.de) spätestens 1 Woche vor dem Beginn mit Benennung des gewählten Bohr- und Verfüllverfahrens schriftlich anzuzeigen.
- 3.3.4. Bei Auffälligkeiten (Farbe o. Geruch des Bohrgutes) oder wenn bei den Arbeiten kontaminiertes Material angetroffen wird, ist das Umweltamt Treptow-Köpenick (Herr Ranft, Tel. 90297-5940, thomas.ranft@ba-tk.berlin.de) zu informieren.
- 3.3.5. Der Wasserbehörde ist der Beginn des GRT spätestens 3 Tage zuvor schriftlich mitzuteilen.
- 3.3.6. Der Bohrdurchmesser ist in Abhängigkeit vom Durchmesser des Sondenbündels (Sondenrohre inkl. Innenzentrierungen) so zu wählen, dass um das Sondenbündel ein Ringraum von mindestens 30 mm zur Verfügung steht. Bei herkömmlichen Doppel-U-Sonden mit einem Außendurchmesser von 32 mm ergibt sich ein Mindestbohrdurchmesser von 150 mm.

- 3.3.7. Der Abstand der Erdwärmesondenbohrung zu Abwasseranlagen, Fernwärmeleitungen und Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen muss den Vorgaben der jeweiligen Betreiber entsprechen. Bei übrigen Leitungen ist gemäß VDI-Richtlinie 4640 Teil 2 ein Abstand von mindestens 70 cm einzuhalten.
- 3.3.8. Jede Bohrung für Erdwärmeeinrichtungen muss einen Abstand von mindestens 10 m zu allen nächstgelegenen Erdwärmeeinrichtungen aufweisen.
- 3.3.9. Spülungszusätze müssen dem DVGW-Merkblatt W 116 entsprechen. Das Bohrloch und die Erdwärmesonde müssen gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und vor jeglicher Beschädigung gesichert werden.
- 3.3.10. Die Bohrung für den GRT ist geophysikalisch zu vermessen. In der Bohrung müssen die folgenden bohrlochgeophysikalischen Messverfahren durch eine qualifizierte Fachfirma für Bohrlochgeophysik gemäß dem DVGW Regelwerk W 110 (2005) ausgeführt werden:
- a) **GR** (Gamma-Ray-Log):
Messung der natürlichen γ -Strahlung des Gebirges in API
 - b) **FEL** (Fokussiertes Widerstands-Log):
Messung des spezifischen elektrischen Widerstands des Gebirges in Ωm .
- Im Ergebnis dieser Messungen muss durch die o. g. Fachfirma unter Zuhilfenahme des Bohrmeisterschichtenverzeichnisses und ggf. der entnommenen Bohrproben ein endgültiges Schichtenverzeichnis erstellt werden, das eine dezimetergenaue Gliederung und Beschreibung der Sedimente beinhaltet.
- Sofern zum Zeitpunkt der geophysikalischen Messung kein Bohrmeisterschichtenverzeichnis durch das ausführende Bohrunternehmen vorgelegt wird, sind zur Erstellung eines endgültigen Schichtenverzeichnisses, das eine dezimetergenaue Gliederung und Beschreibung der Sedimente beinhalten muss, zusätzlich folgende bohrlochgeophysikalische Messverfahren auszuführen:
- c) **CAL** (Kaliberlog):
Messung des Bohrdurchmessers in mm
 - d) **GG.D** (Gamma-Gamma-Dichte-Log):
Messung der Dichte des Gebirges in g/cm^3 .
- 3.3.11. Die Sondenfüße und ihre Anschlüsse an die Sondenrohre sind gemäß VDI-Richtlinie 4640 werksseitig herzustellen. Schweißungen des einzubauenden Sondenmaterials auf der Baustelle sind nicht zulässig.
- 3.3.12. Die Rohrverbindungen müssen unlösbar sein (Muffenschweißen).
- 3.3.13. Es dürfen nur Erdwärmesonden in den Boden und in das Grundwasser eingebaut werden, die werksseitig einer Druckprüfung unterzogen wurden.
- 3.3.14. Die Erdwärmesonden müssen mit Innenzentrierungen alle 3 Meter in das Bohrloch eingebaut werden. Gleichzeitig muss das Verfüllrohr eingeführt werden. Zur Ringraumabdichtung dürfen nur werksgemischte, handelsübliche sedimentationsstabile Zement-Mischsuspensionen verwendet werden. Die Verpressleitung muss zentriert im Sondenbündel geführt werden. Die Verfüllung muss von der Bohrlochsohle aufwärts erfolgen. Die Suspension muss während des Einbaus überwacht werden.
- 3.3.15. Die Dichte der Suspension muss den Anforderungen des Datenblattes entsprechen und sowohl zu Beginn als auch zum Ende vor Ort mittels Spülungswaage ermittelt und protokolliert werden.
- 3.3.16. Die Verfüllmaterialien sind mengenkontrolliert und entsprechend der Herstelleranweisung einzubauen. Der Verfüllvorgang ist solange durchzuführen, bis die austretende Suspension mindestens die Ausgangsdichte aufweist (VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2 Ziffer 5.2.3.). Die Verfüllung ist zu protokollieren. Dabei sind Art, Menge, Druck und Zeitraum der Verfüllung zu erfassen.

- 3.3.17. Die Suspension zur Verfüllung des Ringraumes muss einen erhöhten Frostwiderstand aufweisen. Der Nachweis des erhöhten Frostwiderstandes ist durch eine Prüfung des Materials auf Frost-Tau-Wechselbeständigkeit durch den Hersteller zu führen. Die Ergebnisse der Prüfung müssen der Wasserbehörde in Form von Produktdatenblättern bzw. entsprechenden Prüfberichten des Herstellers vor der Bauabnahme vorgelegt werden.
- 3.3.18. Die einzusetzende Verfüllsuspension muss umweltverträglich sein. Der Nachweis ist auf der Grundlage der Bewertungskriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) mittels Eluatuntersuchungen des Herstellers zu erbringen.
- 3.3.19. Nach dem Einbau der jeweiligen Pilotsonde und nach dem Hinterfüllen ihres Ringraumes, vor dem Abbinden des Hinterfüllmaterials, ist eine Funktionsendprüfung der Pilotsonde gemäß VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 Punkt 5.2.3 durchzuführen (Prüfdruck: mindestens 6 bar; Vorbelastung: 30 Minuten; Prüfdauer: 60 Minuten; tolerierter Druckabfall: 0,2 bar). Die jeweilige Erdwärmesonde muss zum Zeitpunkt der Druckprobe luftfrei mit Wasser befüllt sein. Die Prüfung ist zu protokollieren und in Kopie der Wasserbehörde zu übersenden.
- 3.3.20. Der Wärmeträgerflüssigkeitskreislauf ist einer Inbetriebnahmeprüfung zu unterziehen. Die horizontal verlegten Leitungen müssen bei dieser Prüfung sichtbar sein. Die Prüfung muss gemäß VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2 Punkt 5.2.7 erfolgen, d. h. mit dem 1,5-fachen Betriebsdruck. Der Wärmeträgerflüssigkeitskreislauf muss zum Zeitpunkt der Druckprobe luftfrei mit Wasser bzw. Wärmeträgerflüssigkeit befüllt sein. Die Prüfung ist zu protokollieren.
- 3.3.21. Bohrungen sind entsprechend
DIN EN ISO 22475-1 in Verbindung mit
DIN EN ISO 14688-1 und
DIN EN ISO 14688-2
zu dokumentieren (z. B. Schichtenfolgen, Grundwasserstände und Spülverluste).
- 3.3.22. Nach Fertigstellung der Sondenanlage, jedoch spätestens drei Tage vor Ausführung des GRT sind die nachfolgend gelisteten Unterlagen in Papierform (nicht per E-Mail) bei der Wasserbehörde einzureichen:**

in zweifacher Ausfertigung

- Datenblätter der Sondenbohrungen
- Bohrprotokolle der Bohrungen
- Schichtenverzeichnisse der Bohrungen einschließlich Kopfblatt, zeichnerische Darstellung gemäß DIN 4023 sowie Ausbauzzeichnung der eingebauten Sonde
- Lageplan des Grundstücks mit Darstellung der Sondenstandorte (Einmessung an unveränderlichen Festpunkten wie z. B. Grundstücksgrenzen oder Hausecken) sowie Verlauf der Sondenleitungen und Nutzungen im Umkreis von 3,00 m; die Koordinaten sind in ETRS89 (hilfsweise in Soldner) anzugeben.
- geophysikalische Messprotokolle
- ein auf der Grundlage der geophysikalischen Messprotokolle erstelltes Schichtenverzeichnis;

in einfacher Ausfertigung

- Art und Hinterfüllbaustoffmenge der Sonden in m³
- Art und Menge der verwendeten Bohrzusätze
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Pilotsonden **vor dem Befüllen** mit Wärmeträgerflüssigkeit (Funktionsendprüfung)
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Pilotsonden **nach dem Befüllen** mit Wärmeträgerflüssigkeit (Inbetriebnahmeprüfung)
- Protokolle der werksseitig vorgenommenen Dichtheitsprüfungen der Pilotsonden.

- 3.3.23. Einer späteren Nutzung von Probe-/Pilotsondenbohrungen kann nur unter dem Vorbehalt zugestimmt werden, dass durch eine dreidimensionale räumliche und zeitliche Modellierung (s. Nr. 3.5.) der Auswirkungen der Temperatur auf die Nachbargrundstücke nachgewiesen wird, dass dort keine nachteiligen Temperaturänderungen, das heißt $> 3 \text{ K}$ im Jahresmittel entstehen.

3.4. Auflagen zur Durchführung der GRT in den Erdwärmesonden

- 3.4.1. Die Erdwärmesonden, Leitungen und Armaturen müssen so ausgelegt sein, dass sie während der gesamten Betriebszeit flüssigkeitsdicht sind und keine Korrosionserscheinungen auftreten.
- 3.4.2. Als Wärmeträgerflüssigkeit dürfen außer Trinkwasser nur nicht wassergefährdende Stoffe oder wässrige Lösungen der Wassergefährdungsklasse 1 auf der Grundlage der Stoffe Ethylenglykol, Propylenglykol oder Calciumchlorid unter Zusatz von Korrosionsinhibitoren verwendet werden. Die Wärmeträgerflüssigkeit muss trotz möglicher Zusätze in die Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft sein.
- 3.4.3. Der Wärmeträgerkreislauf in den unterirdischen Leitungen und der jeweiligen Erdwärmesonde ist mit einem baumustergeprüften Druckwächter auszustatten, der bei Abfall des Flüssigkeitsdrucks die Anlage sofort abschaltet und ein Nachströmen u. a. aus Vorratsbehältern in den unterirdischen Teil der Anlage und ein Auslaufen der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser verhindert.
- 3.4.4. Beim Feststellen von Leckagen sind unverzüglich Maßnahmen zur Lecksuche und -behebung einzuleiten. Die Wärmeträgerflüssigkeit ist aus den Leitungen und der Sonde zu entfernen. Vor Wiederinbetriebnahme der betroffenen Leitungen und der Sonde ist eine Druckprüfung mit dem 1,5fachen des Material-Nenndruckes durchzuführen.

3.5. Anforderungen an die thermohydrodynamische Modellierung

- 3.5.1. Die Ergebnisse aus dem Geothermal Response Test (GRT), d. h. effektive Wärmeleitfähigkeit und thermischer Bohrlochwiderstand, müssen in die Modellierung einfließen.
- 3.5.2. Auf der Basis vorliegender Erkundungsergebnisse, geologischer Karten und Schnitte sowie landesgeologischer Auskünfte zur geologischen und hydrogeologischen Situation im Untersuchungsgebiet, die kostenpflichtig bei der Landesgeologie (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz – II B 3) abzufragen sind, muss ein geologisch-hydrogeologisches Schichtenmodell erarbeitet werden, das auf der hydrostratigraphischen Gliederung von Berlin basiert:
siehe: <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/wasser/wasserrecht/pdf/hydrostratigrafie2001.pdf>
<https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/wasser/wasserrecht/pdf/hydrostratigrafie2002.pdf>
- 3.5.3. Das Modellgebiet ist auf der Grundlage der jeweils zuletzt veröffentlichten Grundwassergleichenkarte an der Fließrichtung des Hauptgrundwasserleiters auszurichten
siehe: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dinh_02.htm
- 3.5.4. Bei der Diskretisierung des Modells ist die gewählte Gitternetzweite an die vorhandene Informationsdichte, den Verlauf der Modellränder sowie dem hydraulischen Gradienten anzupassen. Größenunterschiede zu benachbarten Gitterzellen sind möglichst gering zu halten.
- 3.5.5. Als hydrogeologische und geothermische Ausgangsgrößen des Modells sind zu berücksichtigen:
- Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte, horizontal und vertikal), Transmissivität
 - Porosität (Gesamt- und nutzbare)

- Filter- und Abstandsgeschwindigkeit
 - Speicherkoeffizient
 - Grundwasserzu- und -abflüsse
 - Beeinflussungen der hydraulischen Verhältnisse
 - effektive Wärmeleitfähigkeit
 - thermischer Bohrlochwiderstand
 - lokaler geothermischer Wärmefluss
 - gemessene ungestörte Erdreichtemperatur
- 3.5.6. Die Auswahl, die etwaige Vereinfachung sowie ggf. der Wegfall einer der jeweiligen Parameter ist durch den Modellierer zu begründen.
- 3.5.7. Das Strömungsmodell ist unter Berücksichtigung der in den vorgenannten Punkten aufgeführten hydraulischen Parameter zu kalibrieren, so dass eine Übereinstimmung mit den gemessenen Grundwasserständen vorliegt.
- 3.5.8. Als Prognosezeitraum für die Auswirkungen der thermischen Beeinflussung des Untergrundes ist von einem Betriebszeitraum von 25 Jahren auszugehen.
- 3.5.9. Das unter Einbeziehung der landesgeologischen Auskunft erarbeitete geologisch-hydrogeologische Schichtenmodell ist der Landesgeologie im Vorfeld der numerischen Simulation zur Abstimmung und Plausibilitätsprüfung vorzulegen. Erst nach der Zustimmung der Landesgeologie ist die numerische Simulation auszuführen.
- 3.5.10. Die Modellierung muss eine 3-dimensionale Auswertung des zu erwartenden Wärmestroms, etc. enthalten. Darüber hinaus müssen in einem zugehörigen Bericht auch nachvollziehbare Angaben bzgl. aller verwendeten Datengrundlagen und gewählten Vereinfachungen sowie zur Auswahl des verwendeten Simulationsprogramms enthalten sein.
- 3.5.11. Die Modellierungsergebnisse (z. B. Darstellung der Temperaturentwicklung, maximal zu erwartende Abkühlung auch innerhalb des Erdwärmesondenfeldes) sind durch maßstäbliche Karten und Profildarstellungen, Grafiken, Ganglinien, etc. (für ausgewählte Zeitschritte) mit entsprechenden Schlussfolgerungen zu dokumentieren.
- 3.5.12. In Abhängigkeit der Modellierungsergebnisse sind vom Modellierer Standorte für Messstellen zur Temperaturüberwachung im An- und Abstrom des ermittelten Temperaturfeldes vorzuschlagen und zu begründen.

4. Begründung

Die formellen und materiellen Voraussetzungen für die Erteilung der wasserbehördlichen Erlaubnis sind erfüllt.

Die Erteilung von Bedingungen und Auflagen erfolgt auf der Grundlage des § 13 WHG in Verbindung mit § 14 BWG. Die Überwachungs- und Kontrollaufgaben der Wasserbehörde bzw. die Aufgaben und Befugnisse der Gewässeraufsicht ergeben sich aus den §§ 100, 101 WHG, 67, 68 und 69 BWG.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass unter Berücksichtigung der dargestellten Belege eine wasserbehördliche Erlaubnis zur Errichtung und zum Betrieb der Erdwärmesondenanlage auf dem o. a. Grundstück erteilt werden kann.

Die mit der Erlaubnis festgesetzten Bedingungen und Auflagen bezüglich der Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen sind gerechtfertigt, da nur so die erforderliche, einwandfreie Durchführung der Maßnahmen gewährleistet werden kann.

Die gesetzlichen Ordnungsaufgaben können nur gegenüber dem rechtlich Verantwortlichen und in Kenntnis der tatsächlichen Bauausführung wahrgenommen werden.

Im Rahmen ihrer Überwachungs- und Kontrollaufgaben bzw. der Aufgaben und Befugnisse der Gewässeraufsicht hat die Wasserbehörde zu prüfen, ob bei dem Bau der Anlage die allgemeinen Sorgfaltspflichten nach § 5 Abs. 1 WHG entsprechend den allgemeinen Grundsätzen der Gewässerbewirtschaftung nach § 6 WHG beachtet wurden und die Anlagenherstellung unter Einhaltung der Inhalts- und Nebenbestimmungen der Erlaubnisordnungsgemäß erfolgte.

Mit den in diesem Zusammenhang geforderten Unterlagen werden der Ausbau und die Dichtigkeit der Anlage sowie die eingesetzten Stoffe dokumentiert.

Durch eine fehlerhafte Errichtung kann es zu Verunreinigungen des Grundwassers kommen. Dies muss rechtzeitig vor Inbetriebnahme der Anlage erkannt werden, damit durch geeignete Gegenmaßnahmen eine Schädigung des Grundwasser verhindert wird.

Bei der Errichtung der Erdwärmesonden muss der Verbindung unterschiedlicher Grundwasserleiter und damit dem Austausch verschiedener Grundwasserhorizonte mit unterschiedlichen Wasserqualitäten und Belastungsgraden sowie einer Grundwasserverunreinigung durch grundwasserhygienisch bedenkliche Stoffe vorgebeugt werden.

Im Rahmen des Nachweises der Dichtigkeit der Anlage müssen 3 Druckprüfungen ausgeführt werden. Einerseits muss nachgewiesen werden, dass die werksseitig hergestellte Verbindung vom Sondenfuß an das Rohrmaterial dicht ist, andererseits muss nach dem Einbau der Sonden und nach dem Verfüllen des Ringraumes die Dichtigkeit der einzelnen Sonden geprüft werden. Abschließend muss die Dichtigkeit der Gesamtanlage nachgewiesen werden.

Dessen ungeachtet unterliegen Baumaßnahmen, die einer wasserbehördlichen Erlaubnis bedürfen, nach § 70 BWG der Bauabnahme durch die Wasserbehörde. Die Abnahmen sind vom Bauherrn schriftlich zu beantragen. Die Bauabnahmen sind unbeschadet sonst erforderlicher Abnahmen, Genehmigungen und Prüfungen durchzuführen.

Vor Aushändigung des Abnahmescheins darf die Anlage nicht in Benutzung genommen werden. Jede Benutzung der Anlage vor Aushändigung des Abnahmescheins erfolgt unerlaubt und kann nach den einschlägigen Bestimmungen mit einer erheblichen Geldbuße geahndet werden!

Jede nachteilige Veränderung des Grundwassers muss im Sinne von § 5 Abs. 1 WHG vermieden werden. Es ist daher erforderlich, bestimmte Sicherheitseinrichtungen beim Betrieb der Anlage und im Hinblick auf die zu verwendende Wärmeträgerflüssigkeit zu fordern, um Leckagen zu verhindern und Verunreinigungen des Grundwassers zu verhüten.

Sofern die Festlegungen zu den Überwachungs- und Sicherungsmaßnahmen zwingend vor Beginn der Grundwasserbenutzungen erfüllt sein müssen, sind diese als Bedingung mit der Erlaubnis verbunden.

Nach § 101 WHG und § 69 BWG muss den Vertretern der Wasserbehörde jederzeit Zutritt zur Baustelle und den Betriebsstätten, Einblick in Unterlagen und die Entnahme von Baustoffen und Bauteilen gestattet werden. Es müssen Auskünfte erteilt, technische Ermittlungen und Prüfungen ermöglicht werden.

Nach § 48 Abs. 1 WHG dürfen nur Stoffe in das Grundwasser eingebracht und eingeleitet werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Dies ist insbesondere bei der Auswahl der Zemente und Zusatzstoffe zu beachten.

Der Bohrbeginn ist der Wasserbehörde und der Landesgeologie 2 Wochen im Voraus anzuzeigen, um eine Begleitung der Bohrarbeiten vor Ort zu ermöglichen.

Der Mindestbohrdurchmesser, ermittelt aus Sondenbündel + 60 mm, ist erforderlich, um eine lückenlose Hinterfüllung der Sonden zu gewährleisten. Dadurch wird die Abdichtung der Bohrung hergestellt sowie einer Beschädigung der Sondenrohre beim Einbau vorgebeugt. Die Bohrung ist vollständig abzudichten, um den Austritt von wassergefährdenden

Stoffen und die hydraulische Verbindung unterschiedlicher Grundwasserstockwerke zu verhindern.

Anders als beim Trockenbohrverfahren können beim Spülbohrverfahren die Lithologie und die Schichtgrenzen der Sedimente und damit auch die Schichtmächtigkeiten nur ungenau bestimmt werden. Bindige Anteile werden gegenüber dem Anteil rolliger Sedimente deutlich unterschätzt. Dadurch kann es zur Fehleinschätzung von spezifischen Entzugsleistungen im Rahmen der Anlagendimensionierung kommen. Auch die Fehlinterpretation von grundwasserhemmenden und -leitenden Schichten kann eine Folge sein. Ferner können im Spülbohrverfahren eventuell angetroffene Salinarwasserbereiche nicht erkannt werden.

Aus diesen Gründen ist für die genaue Beurteilung des Untergrundes nach Lagerstätten-gesetz, zum Grundwasserschutz und daraus folgend auch für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und der spezifischen Entzugsleistung zur korrekten Bemessung der Erdwärmesonden eine geophysikalische Messung der Bohrung erforderlich.

Zusammen mit dem Bohrmeisterschichtenverzeichnis, dem geologischen Vorprofil und der geophysikalischen Messung können dann die Gesteinsschichten genau beschrieben und eine dezimetergenaue Angabe der Schichtgrenzen und -mächtigkeiten ermöglicht werden.

Der Rückbau der Anlage entsprechend den Anforderungen an den Grundwasserschutz auf Kosten des Erlaubnisinhabers ergibt sich aus § 21 Abs. 1 Nr. 1 b) bzw. Nr. 2 BWG.

Aus den genannten Gründen sind die mit der wasserbehördlichen Erlaubnis verbundenen Nebenbestimmungen angemessen und verhältnismäßig. Nebenbestimmungen mit einem geringeren Aufwand für den Bauherrn kommen nicht in Betracht.

5. Rechtsbehelfsbelehrung

Gegen diesen Bescheid ist die Klage vor dem Verwaltungsgericht statthaft. Sie ist innerhalb eines Monats nach Zustellung dieses Bescheides beim Verwaltungsgericht Berlin, Kirchstraße 7, 10557 Berlin, schriftlich oder zur Niederschrift des Urkundsbeamten oder als elektronisches Dokument nach Maßgabe der Verordnung über die technischen Rahmenbedingungen des elektronischen Rechtsverkehrs und über das besondere elektronische Behördenpostfach vom 24. November 2017 (Elektronischer-Rechtsverkehr-Verordnung – ERVV, BGBl. I S. 3803) versehen mit einer qualifizierten elektronischen Signatur oder signiert über einen sicheren Übermittlungsweg bei der elektronischen Poststelle des Gerichts einzureichen; der Klageschrift soll eine Abschrift beigefügt werden. Die Klage muss den Kläger, den Beklagten und den Gegenstand des Klagebegehrens bezeichnen. Sie soll einen bestimmten Antrag enthalten. Die zur Begründung dienenden Tatsachen und Beweismittel sollen angegeben werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass bei schriftlicher oder elektronischer Einlegung der Klage die Klagefrist nur dann gewahrt ist, wenn die Klage innerhalb dieser Frist beim Verwaltungsgericht eingegangen ist.

6. Hinweise

- 6.1. Bei allen Arbeiten zur Errichtung der Anlage (Bohrung und Anlagenbau) sowie der nachfolgende Anlagennutzung müssen die Bedingungen und Auflagen des Bescheides eingehalten werden. Dies setzt u. a. voraus, dass alle mit der Durchführung der Errichtungsarbeiten Beauftragten (z. B. Bohrunternehmer, Anlagenbauer u. ä.) den Inhalt des wasserbehördlichen Bescheides vor Beginn ihrer Arbeiten bzw. Tätigkeiten zur Kenntnis bekommen, um alle sie betreffenden Nebenbestimmungen auch einhalten zu können.

- 6.2. Der Bescheidinhaber muss den sachgemäßen Betrieb, die vorschriftsmäßige Wartung und die regelmäßige Inspektion der gesamten Anlage sicherzustellen.
- 6.3. Nach Beendigung der Bohr- und Verpressarbeiten soll die Baustelle sauber verlassen werden. Restmaterialien oder Verpackungen jeglicher Art sind ordnungsgemäß zu entsorgen.
- 6.4. Von allen Bohrungen (auch Baugrundaufschlussbohrungen) sind der Arbeitsgruppe II B 3 (landesgeologische Aufgaben) der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz nach den Bestimmungen des § 5 Abs. 2 Satz 1 des Lagerstättengesetzes (LagerstG) Schichtenverzeichnisse zeitnah zuzusenden.
- 6.5. Die Erlaubnis ist nach § 18 Abs. 1 WHG widerruflich.
- 6.6. Können Dritte durch Bauarbeiten in der Zeit von 22:00 bis 06:00 Uhr und/oder an Sonn- und Feiertagen in ihrer Ruhe gestört werden, muss hierfür eine Ausnahmezulassung bei der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Arbeitsbereich Baulärm, beantragt werden.
- 6.7. Durch die wasserbehördliche Erlaubnis wird die Verpflichtung zur Einholung sonstiger erforderlicher behördlicher Zulassungen bzw. Genehmigungen nicht berührt.
- 6.8. Die eingesetzte Wärmeträgerflüssigkeit wird seitens der Wasserbehörde ausschließlich bzgl. wasserrechtlicher Belange überprüft. Eine weitergehende Prüfung hinsichtlich technischer Belange (z. B. qualitative Auswirkungen der eingesetzten Wärmeträgerflüssigkeit auf Wärmepumpen) erfolgt nicht.
- 6.9. Erdwärmepumpen im Bereich der gewerblichen Wirtschaft oder öffentlicher Einrichtungen sind nach § 62 WHG Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen. Für diese Anlagen gelten zusätzlich die Anforderungen der Verordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV). Sie sind nach § 23 BWG dem örtlich zuständigen Umweltamt einen Monat vorher anzuzeigen. Nach § 46 AwSV sind sie zusätzlich von einem anerkannten Sachverständigen prüfen zu lassen.
- 6.10 **Auf dem Grundstück ist eine Boden- und Grundwasserkontamination bekannt, die im Bodenbelastungskataster erfasst ist.. Der geplante Standort der Pilotsonde für den GRT liegt zwar nicht im Bereich der Kontamination, jedoch sollte die bekannte Kontamination in Bezug auf die im Zusammenhang mit der Großanlage zukünftig geplanten weiteren Bohrungen/Sonden berücksichtigt und die weitere Planung diesbezüglich abgestimmt werden.**

Eine Anordnung der Erdwärmanlage bzw. der dazugehörigen Bohrungen/Sonden im Bereich der Restbelastung wird als bedenklich angesehen. Dies ist bei der weiteren Planung zu beachten.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag



Lubosch

Fundstellenverzeichnis

AVV Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (Geräusch-immis-sionen) vom 19. August 1970
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) in der Fassung vom 18. April 2017 (BGBl. S. 905)
BWG	Berliner Wassergesetz (BWG) in der Neufassung vom 17. Juni 2005 (GVBl. S. 357), das zuletzt durch Artikel 27 des Gesetzes vom 2. Februar 2018 (GVBl. S. 160) geändert worden ist
LagerstättenG	Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstät-ten vom 4. Dezember 1934 (Lagerstättengesetz – LagerstG) in der im Bundesge-setzblatt Teil III, Gliederungsnummer 750-1 veröffentlichten bereinigten Fassung, die zuletzt durch Artikel 22 des Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992) geändert worden ist
UGebO	Verordnung über die Erhebung von Gebühren im Umweltschutz (Umweltschutz-gebührenordnung - UGebO) vom 11. November 2008 (GVBl. S. 417), die zuletzt durch Verordnung vom 5. Juni 2018 (GVBl. S. 405) geändert worden ist
VwGO	Verwaltungsgerichtsordnung (VwGO) in der Fassung vom 19. März 1991 (BGBl. I S.686), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 12. Juli 2018 (BGBl. I. S. 1151) geändert worden ist
VwVG	Verwaltungs-Vollstreckungsgesetz (VwVG) vom 27. April 1953 (BGBl. III, Gliede-rungsnummer 201-4), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2094) geändert worden ist
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I. S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254) geändert worden is



ÜBERGABEPROTOKOLL

Betreff: Dokumentation – Erkundungsbohrung und in situ-Messungen Test-Erdwärmesonde

Bauvorhaben: Neuer Straßenbahnbetriebshof – Adlershof
Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin

Ort, Datum: Berlin, 23.01.2020

Teilnehmer: Frau Dr. Wolf Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR
Herr Cinar Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR
Herr Borns GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH

Verteiler:

<input checked="" type="checkbox"/> Beate Wolf	per E-Mail: beate.wolf@bvg.de
<input checked="" type="checkbox"/> Sinan Cinar	per E-Mail: sinan.cinar@bvg.de
<input checked="" type="checkbox"/> GuD Planungsgesellschaft	per E-Mail: Adlershof-GuD@gudplanung.de

Sehr geehrte Damen und Herren,

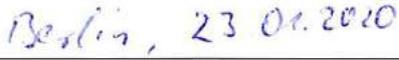
hiermit wird die Übergabe der Dokumentation der Erkundungsbohrung sowie der in situ-Messungen bezüglich der Test-Erdwärmesonde an die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR (Frau Dr. Wolf) bestätigt.

GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH



Dipl.-Ing. Alexander Borns

Erhalt bestätigt:



Ort, Datum


Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) AöR

1) Dokumentation – zur Erkundungsbohrung und zu in situ-Messungen für eine geplante geothermische Nutzung des Untergrundes mittels Erwärmsonden, H.S.W Ingenieurbüro, 15.01.2020 (39 Seiten inkl. Anlagen)

Dokumentation **zur Erkundungsbohrung und zu in situ-Messungen** **für eine geplante geothermische Nutzung des Untergrundes** **mittels Erdwärmesonden**

BAUVORHABEN:

Betriebshof der BVG
Köpenicker Straße
12489 Berlin (Adlershof)

AUFTRAGGEBER:

GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH
Wilhelm-Kabus-Straße 9
10829 Berlin

AUFTRAGNEHMER:

HSW Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Gerhart-Hauptmann-Straße 19, 18055 Rostock
Telefon: 0381 25 28 98 10
E-Mail: info@hsw-rostock.de

BEARBEITER:

Dipl.-Ing. Jens-Uwe Kühl
Dipl.-Ing. Björn Oldorf

HSW-PROJEKTNUMMER:

2019/11/166

ERSTELLT:

03.01.2020, Revision vom 15.01.2020

www.response-test.de



DIN EN ISO/IEC 17025:2005

u.a. Durchführung und Auswertung von Geothermal Response Tests

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass	2
2	Wasserrechtliche Erlaubnis/behördliche Zustimmung	2
3	Kampfmittelfreimessung	3
4	Herstellung der Test-Erdwärmesonde	3
4.1	Allgemeines	3
4.2	Bohrausführung, Geologie und Herstellung der Test-EWS.....	3
4.3	Thermophysikalische Bewertung der erbohrten geologischen Schichten	4
5	Allgemeines zum Geothermal Response Test (GRT).....	5
6	Temperatur-Profilmessung, GRT-Durchführung und -Auswertung.....	6
6.1	Messung der ungestörten Untergrundtemperatur	6
6.2	Übersicht zur GRT-Durchführung	8
6.3	Umwälzphase.....	9
6.4	Wärmeeinspeisung	9
6.5	Auswertung	10
6.6	Ergebnisse der GRT-Auswertung	12
6.7	Fehlerabschätzung	12
6.8	schrittweise Auswertung der GRT-Messungen	13
6.9	Temperatur-Profilmessung nach dem GRT	13
7	Zusammenfassung und Ergebnisinterpretation.....	15

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	ungefährer Standort des Bohrpunktes (Quelle: GeoPortal Berlin, DOP20RGB)	.4
Abbildung 2:	Temperatur-Teufen-Verlauf der Temperaturmessung	7
Abbildung 3:	Tiefenbezogener Temperaturgradient ($\Delta T/\Delta z$)	7
Abbildung 4:	prinzipieller Aufbau der GRT-Messung (Quelle: H.S.W. GmbH)	8
Abbildung 5:	Umwälzphase, Messung der Fluidtemperatur vor GRT-Beginn	9
Abbildung 6:	Temperaturverläufe und Heizleistung während der Wärmeeinspeisung	10
Abbildung 7:	Verlauf der Fluidtemperatur in der stationären Betriebsphase	11
Abbildung 8:	mittlere Fluidtemperatur und „fitting curve“	11
Abbildung 9:	Abweichung der Messwerte von der „fitting curve“	12
Abbildung 10:	Schrittweise Auswertung (konventionelle Methode)	13
Abbildung 11:	Temperatur-Tiefen-Profile vor und nach dem GRT sowie Bohrprofil	14

Anlagenverzeichnis:

- Anlage 1: Wasserbehördliche Erlaubnis vom 27.08.2019
- Anlage 2.1: Protokoll über die Räumung kampfmittelbelasteter Flächen
- Anlage 2.2: Übersichtskarte zum Protokoll über die Räumung kampfmittelbelasteter Flächen
- Anlage 3: Dokumentation des Bohrbetriebes GEOTHERMICS GmbH
- Anlage 4: Bohrprofil der Erkundungsbohrung nach geophysikalischer Bohrlochmessung

1 Anlass

Am Standort Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin (Adlershof) ist eine Umnutzung des ehemaligen Kohlebahnhofs zu einem Betriebshof der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) vorgesehen.

Für die Neubaumaßnahme soll ein modernes und umweltfreundliches Energieversorgungskonzept, welches u.a. auf den Einsatz energieeffizienter Technologien und regenerativer Energien basiert, umgesetzt werden. Maßgeblicher Bestandteil des gegenwärtig avisierten Versorgungskonzeptes ist die Nutzung oberflächennaher Geothermie zur winterlichen Heizwärmeversorgung und sommerlichen Gebäudekühlung.

Die Grundlagenermittlung zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie mit der Prüfung der Machbarkeit und der Ausweisung möglicher Bedarfsdeckungsanteile erfolgte im März 2019 (Bericht der H.S.W. GmbH vom 27.03.2019). Als geothermisches Quellensystem wurden Erdwärmesonden mit einer genehmigungsrechtlich vorgegebenen Maximaltiefe von 80 m favorisiert.

Aufgrund des Vorhabenumfanges ist eine Vorerkundung des Standortgeologie sowie der Nachweis der thermophysikalischen Eigenschaften des Untergrundes zur aufbauenden bzw. begleitenden Planung erforderlich und wird auch im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens bei Erdwärmeeinrichtungen mit mehr als 30 kW Heiz-/Kühlleistung behördlich beauftragt.

Die H.S.W. GmbH wurde durch die GuD Planungsgesellschaft für Ingenieurbau mbH u.a. mit nachfolgenden Leistungen beauftragt, die im vorliegenden Bericht dokumentiert sind:

- Antragstellung der nachfolgend aufgeführten Vorerkundungsmaßnahmen bei der Wasserbehörde der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz.
- Voruntersuchungen zur Kampfmittelfreiheit am Erkundungsstandort.
- Durchführung einer Erkundungsbohrung bis zu einer Tiefe von 80 m zur Aufnahme der standortspezifischen geologischen Schichten und Feststellung möglicher geologischer bzw. bohrtechnischer Risiken.
- Geophysikalische Bohrlochmessung im offenen Bohrloch.
- Ausbau der Bohrung mit einer Test-Erdwärmesonde (PE-RC, Doppel-U, Durchmesser 32 mm, SDR 11), welche nachträglich als nutzbare Produktionssonde zur Verfügung steht.
- Temperatur-Tiefen-Messungen in der Test-Erdwärmesonde zum Nachweis der ungestörten Untergrundtemperatur und ggf. zur Ableitung grundwasserdynamischer Einflüsse.
- Durchführung eines Geothermal Response Tests (GRT) zur Ermittlung der effektiven Wärmeleitfähigkeit der anstehenden geologischen Schichten am Messstandort und des thermischen Bohrlochwiderstandes der Test-Erdwärmesonde.
- Sicherung der Test-Erdwärmesonde.

2 Wasserrechtliche Erlaubnis/behördliche Zustimmung

Die Installation und der Betrieb von Erdwärmeeinrichtungen für eine geothermische Nutzung des Untergrundes unterliegen nach dem Wasserrecht (§ 8 des Wasserhaushaltsgesetzes) grundsätzlich der Erlaubnispflicht. Daher war vor dem geplanten Vorhaben die zuständige Wasserbehörde der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz zu beteiligen.

Die Vorerkundungsmaßnahmen wurden durch die H.S.W. GmbH beantragt (Posteingangsdatum: 19.06.2019). Der Bescheidentwurf ging am 02.08.2019, die wasserbehördliche Erlaubnis mit dem Aktenzeichen II D 301 - 6793/07.07-00369 am 30.08.2019 bei der H.S.W. GmbH postalisch ein. Die Erlaubnis ist dem Bericht als Anlage 1 beigelegt.

Die Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Gesamtmaßnahme ist im Zuge der Genehmigungsplanung durch den Bauherrn zu veranlassen.

3 Kampfmittelfreimessung

Aufgrund der Einstufung des Bauareals als Kampfmittelverdachtsfläche war eine Freimessung des Bohrpunktes durch einen zugelassenen Kampfmittelräumdienst erforderlich. Die HM Kampfmittelbergung GmbH hat die entsprechenden Arbeiten am 08.11.2019 vorgenommen und dokumentiert (siehe auch Anlage 2).

4 Herstellung der Test-Erdwärmesonde

4.1 Allgemeines

Bei der Planung von mittelgroßen bis großen Anlagen zur Nutzung von Erdwärme sollte die entsprechende Erkundung, Untersuchung und Beschreibung des Untergrundes Bestandteil der Vorplanung sein, um ggf. vorhandene Baugrundrisiken (bohrtechnische und geologische Risiken, ggf. aber auch Altlasten) zu erkennen und in den fortführenden Planungen zu berücksichtigen. Das durch den Bauherrn zu vertretende Baugrundrisiko kann durch einen punktuellen Bohraufschluss zwar nicht ausgeschlossen, aber deutlich minimiert werden.

4.2 Bohrausführung, Geologie und Herstellung der Test-EWS

Die Erkundungsbohrung sowie die Herstellung der Test-Erdwärmesonde erfolgten durch das von der H.S.W. GmbH beauftragte Fachbohrunternehmen GEOTHERMICS Mainka Erdwärme & Brunnenbau GmbH.

Die formelle Bohranzeige erfolgte durch den Bohrbetrieb per E-Mail und Fax am 19.11.2019 (zuletzt aktualisiert am 21.11.2019).

Die im Spülbohrverfahren hergestellte Bohrung wurde im Zeitraum vom 02.12. bis zum 03.12.2019 durchgeführt (Standort gemäß Abbildung 1). Die Bohrendtiefe betrug 80 m bei einem Bohrdurchmesser von 160 mm. Bis zu einer Tiefe von 8 m wurde die Bohrung verrohrt ausgeführt (Durchmesser der Schutzverrohrung 178 mm).

Die mittels direktem Spülbohrverfahren erbohrten geologischen Schichten wurden durch den Bohrgeräteführer angesprochen und dokumentiert. Des Weiteren erfolgte eine geophysikalische Bohrlochmessung im offenen Bohrloch durch die Bohrlochmessung Storkow GmbH, auf dessen Basis das Bohrprofil verifiziert bzw. teilweise korrigiert wurde.

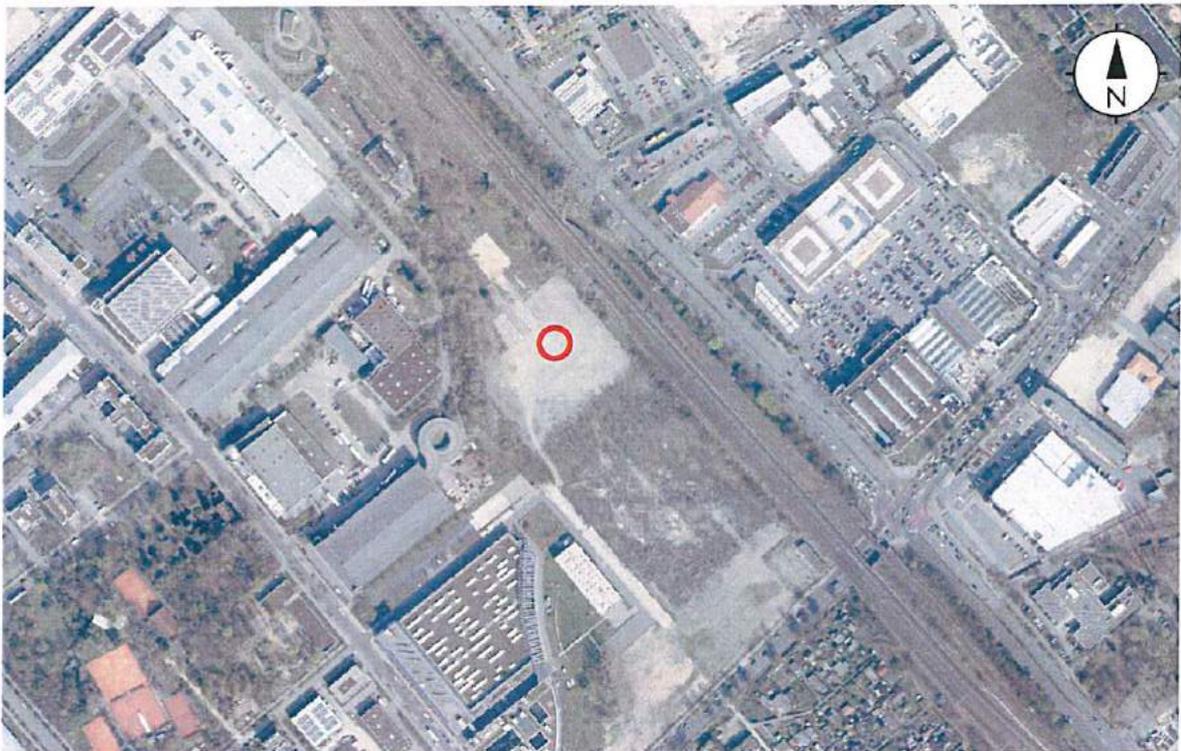


Abbildung 1: ungefähre Standort des Bohrpunktes (Quelle: GeoPortal Berlin, DOP20RGB)

Die Standortgeologie wird unter einer ca. 5 m mächtigen Auffüllung vorherrschend von Fein- und Mittelsanden dominiert, die lokal eine schluffige aber auch eine grobsandige und kiesige Fazies aufwiesen. Mit nur geringen Mächtigkeiten wurden Geschiebemergel (8 m bis 9 m unter GOK) und Schluff (zwischen 24,0 m und 25,2 m sowie zwischen 62,5 m bis 62,8 m unter GOK) nachgewiesen. Der geologische Schichtenaufbau ist ebenfalls der Anlage 4 zu entnehmen.

Insgesamt stellte sich die angetroffene Geologie als gut bohrbar dar. Im Zuge der Bohrung kam es zu keinen Problemen.

Der Ausbau der Bohrung erfolgte am 03.12.2019 mit einer werkstoffgefertigten Doppel-U-Erdwärmesonde (Material: PE100-RC, Typ: GEROtherm, Hersteller: HakaGerodur) bei einem Einzeldurchmesser von 32 x 3 mm (Außendurchmesser x Wandstärke). Die dokumentierte Einbautiefe der Erdwärmesonde beträgt 78,5 m. Zur Verfüllung des Bohrlochringraumes wurde das thermisch verbesserte Produkt Calidutherm Öko des Herstellers Terra Calidus GmbH verwendet. Die Dokumentation des Bohrunternehmens zu den erfolgten Arbeiten ist als Anlage 3 beigefügt.

4.3 Thermophysikalische Bewertung der erbohrten geologischen Schichten

Die prozentualen Anteile der erbohrten Substrate stellen sich bis zur Erschließungstiefe der Erdwärmesonde dem Anteil nach zunehmend wie folgt dar:

- ca. 1 % Geschiebemergel
- ca. 2 % Schluff
- ca. 97 % Fein- bis Mittelsand; teils schluffig, teils grobsandig bzw. kiesig

Die geologischen Einheiten können aufgrund der gesteinsphysikalischen Eigenschaften sowie variierender Wassergehalte erhebliche Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Des Weiteren können regionale Unterschiede der scheinbaren bzw. effektiven Wärmeleitfähigkeit infolge eines zusätzlich lateralen Wärmetransportes durch das Grundwasser auftreten. Der Grundwasserstand wurde aufgrund des verwendeten Spülbohrverfahrens nicht dokumentiert. Gemäß der geologischen Vorrecherche liegt der freie Grundwasserspiegel bei ca. 2 bis 3 m unter GOK.

In der VDI-Richtlinie 4640 sowie in der Datenbank der Geosoftware Earth Energy Designer werden für die einzelnen Substrate entsprechende Wärmeleitfähigkeiten und volumenbezogene spezifische Wärmekapazitäten beispielhaft angegeben, u.a. für:

	Wärmeleitfähigkeit	spezifische Wärmekapazität
- Kies (wassergesättigt)	1,6 - 2,5 W/(m·K)	2,2 - 2,6 MJ/(m ³ ·K)
- Schluff (wassergesättigt)	1,1 - 3,1 W/(m·K)	2,0 - 2,8 MJ/(m ³ ·K)
- Geschiebelehm/-mergel	1,1 - 2,9 W/(m·K)	1,5 - 2,5 MJ/(m ³ ·K)
- Sand (wassergesättigt)	2,0 - 3,0 W/(m·K)	2,2 - 2,8 MJ/(m ³ ·K)

Je nach Anteil, Zusammensetzung und Wassergehalt der Schichten kann die Wärmeleitfähigkeit bzw. die spezifische Wärmekapazität variieren.

5 Allgemeines zum Geothermal Response Test (GRT)

Für die Planung und Leistungsberechnung - insbesondere von mittleren bis großen Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie - sind möglichst exakte Kenntnisse über die thermophysikalischen Eigenschaften des Untergrundes erforderlich. Im Allgemeinen kann nach Durchführung eines GRT auf Sicherheitszuschläge der konventionellen Bemessung nach Literaturwerten verzichtet werden. Zudem ermöglicht der Geothermal Response Test eine Absicherung der in der Vorplanung angesetzten Rechenwerte. Mittels GRT ist eine in-situ-Bestimmung entscheidender Parameter zur optimalen Bemessung der Erdwärmearanlage möglich.

Der Vorteil eines GRT im Vergleich zu Laboruntersuchungen an Bodenproben ist, dass die Messung bei quasi ungestörten Untergrundverhältnissen über die gesamte Erdwärmesondenlänge durchgeführt wird und thermische Einflüsse der Bohrlochverfüllung, die technische Qualität der Erdwärmesonde bzw. des Sondeneinbaus sowie eine ggf. vorhandene Grundwasserströmung mit in die Messung eingehen. Die Test-Erdwärmesonde steht nach Beendigung des GRT für eine uneingeschränkte Nachnutzung zur Verfügung.

Im Zuge der Auswertung des Geothermal Response Tests werden die Parameter

- ungestörte Erdreichtemperatur T_u
- lokale effektive Wärmeleitfähigkeit λ_{eff} und
- ausbauspezifischer thermischer Bohrlochwiderstand R_b bestimmt.

Die ungestörte Untergrundtemperatur hat entscheidenden Einfluss auf das Potential bzw. die Betriebscharakteristik der geothermischen Gesamtanlage. Sie definiert im Rahmen der Erdwärmesondensimulation den Ausgangswert für betriebsrelevante und i.d.R. wasserrechtlich definierte zulässige Temperaturveränderungen.

Die **Wärmeleitfähigkeit** [$W/(m \cdot K)$] beschreibt das Wärmetransportvermögen mittels Wärmeleitung (Konduktion) im Untergrund. Sie wird im Wesentlichen vom anstehenden Gestein und dessen Wassersättigung bestimmt. Kann sich Grundwasser frei bewegen oder sind wasserführende Klüfte vorhanden, so ist zusätzlich ein lateraler Wärmetransport gegeben. Die „effektive“ Wärmeleitfähigkeit berücksichtigt sowohl den konduktiven als auch den lateralen Wärmetransport.

Der **thermische Bohrlochwiderstand** [$K/(W/m)$] ist ein Maß für die Temperaturdifferenz, die infolge des Wärmestroms vom Gebirge zum Wärmeträgerfluid in der Sonde bzw. umgekehrt entsteht. Der thermische Bohrlochwiderstand setzt sich üblicherweise aus den thermischen Materialwiderständen des Verfüllmaterials und des Rohrmaterials sowie aus dem thermischen Übergangswiderstand von den Sondenrohren zum zirkulierenden Wärmeträgerfluid zusammen. Weiteren Einfluss auf den Bohrlochwiderstand haben die Sondentiefe, die Eigenschaften des verwendeten Wärmeträgerfluids sowie der Sole-Volumenstrom in den Wärmeübertragerrohren. Der thermische Bohrlochwiderstand R_b verhält sich umgekehrt proportional zur Wärmeleitfähigkeit, d.h. je höher die Wärmeleitfähigkeit der Bohrlochinstallation (Verfüllung, Sondenmaterial), desto kleiner ist der Wärmewiderstand. Der mittels Geothermal Response Test gemessene thermische Bohrlochwiderstand R_b beschreibt somit die thermische Qualität der Installation einer Erdwärmesonde.

6 Temperatur-Profilmessung, GRT-Durchführung und -Auswertung

6.1 Messung der ungestörten Untergrundtemperatur

Zur Bestimmung der mittleren ungestörten Gebirgstemperatur wurde am 10.12.2019 - nach einer Stand-/Ruhezeit der Erdwärmesonde von 7 Tagen - in der Test-Erdwärmesonde eine meterweise Temperatur-Profilmessung mit einem werkskalibrierten (kabelgebundenen) Temperaturlichtlot (Hydrotechnik GmbH, Typ 110) durchgeführt. Die Einführung des Lichtlotes in die Sonde war bis zu einer Tiefe von 78,5 m möglich.

Im Ergebnis der dokumentierten Temperatur-Profilmessung stellte sich ein Temperatur-Teufen-Verlauf gemäß der Abbildung 2 dar. Den tiefenbezogenen Gradienten des gesamten Profils (Auflösung: alle 5 m) zeigt Abbildung 3 (jeweils Seite 7).

Von der Erdoberfläche bis ca. 20 m unter Gelände ist der Temperaturverlauf allgemein durch saisonale Umwelteinflüsse („Solarspeicherzone“, hier: Wirkung klimatischer Randbedingungen, Strahlung, Niederschlag aber auch ggf. auch Grundwasserschwankungen) gekennzeichnet. Im Zuge der Messung ist von 7 m bis 37 m unter GOK eine Absenkung der Untergrundtemperatur nachgewiesen worden. Dieser Wärmestrom von der Erdoberfläche zur Tiefe hin ist häufig in zentralstädtischen Lagen mit langjähriger Besiedlung und hohem Anteil versiegelter Flächen zu beobachten. Zudem ist vermutlich auch die Klimaveränderung mit einer langjährigen Erhöhung der Lufttemperatur mitverantwortlich für diesen Temperaturverlauf. Der Tiefenbereich bis 37 m ist somit ebenfalls der „Solarspeicherzone“ mit anthropogenen/klimatischen Einflüssen zuzuordnen.

Von 37 m bis zur Messtiefe in 68 m ist keine signifikante Änderung der Temperatur mit eindeutigen Tendenzen ersichtlich. Dies kennzeichnet den „Geosolaren Bereich“ mit nahezu konstanter Untergrundtemperatur bzw. nur geringen Temperaturveränderungen. Die Untergrundtemperatur liegt hier zwischen 11,4 und 11,6 °C.

Eine Zunahme der Gebirgstemperatur (Terrestrische Zone) ist von 68 m bis zur Messendtiefe nur im geringen Maße bis auf maximal 11,9 °C ersichtlich und wird erst in größerem Tiefenbereich mit einem deutlicheren Anstieg erwartet.

Aus der durchgeführten Temperaturmessung von 0 bis 78,5 m Tiefe wurde eine momentane mittlere Gebirgstemperatur von 11,8 °C rechnerisch ermittelt.

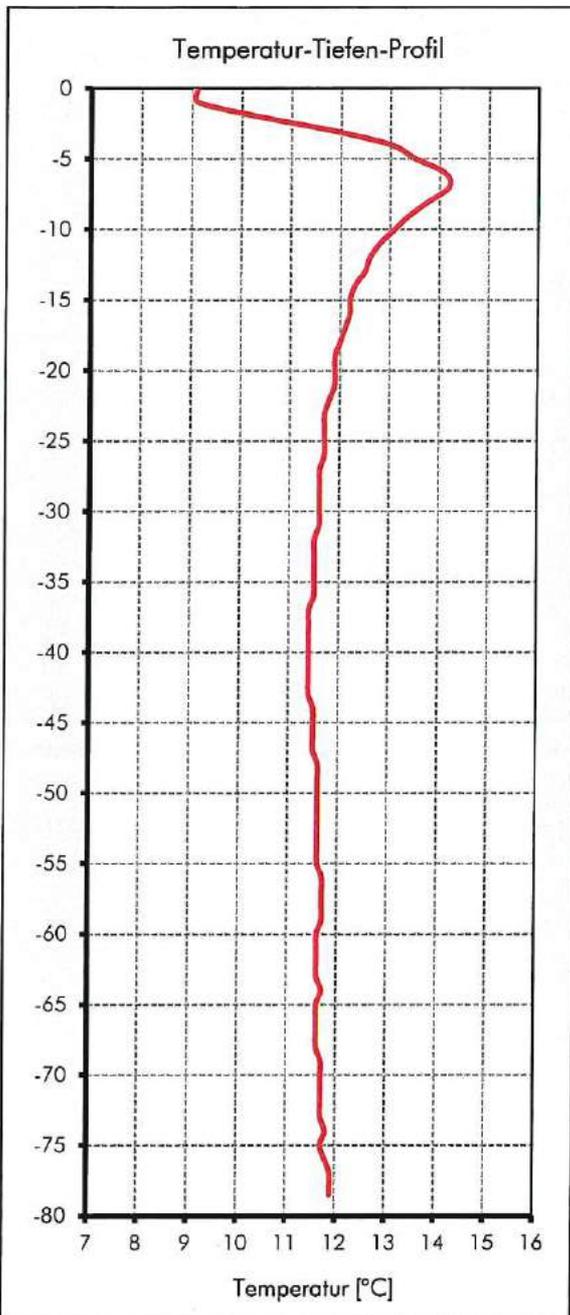


Abbildung 2: Temperatur-Tiefen-Verlauf der Temperaturmessung

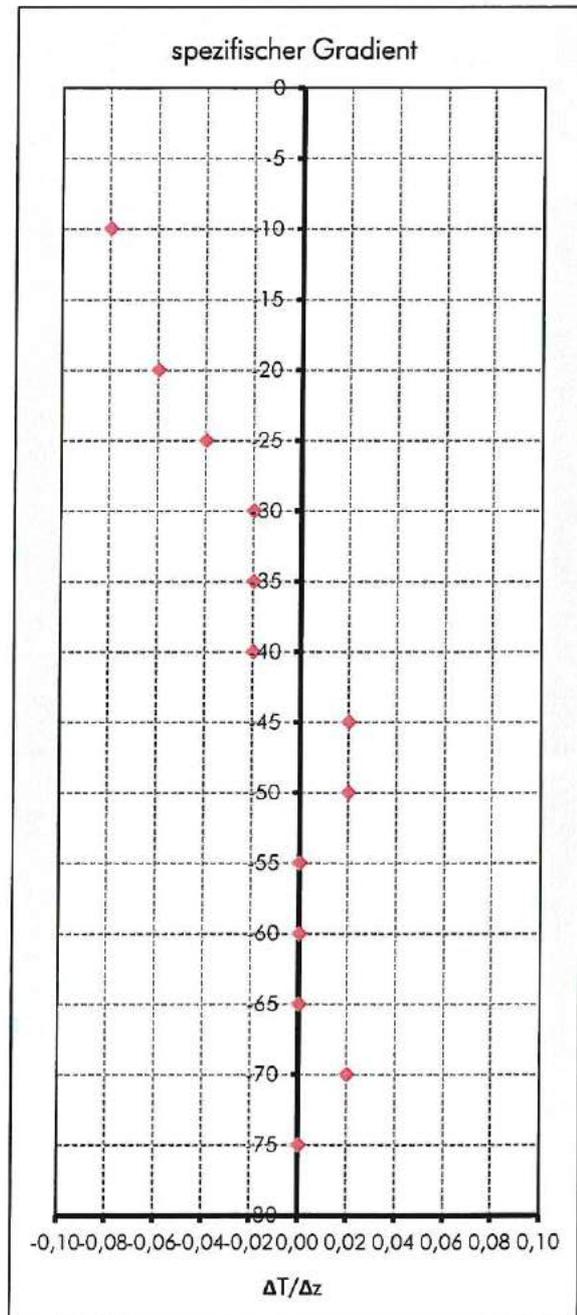


Abbildung 3: Tiefenbezogener Temperaturgradient ($\Delta T/\Delta z$)

6.2 Übersicht zur GRT-Durchführung

Eine Übersicht der Sonden- und Bohrlochparameter der Test-Erdwärmesonde sowie zur Testausführung und -ausrüstung gibt nachfolgende Tabelle:

Dokumentierte Tiefe der Bohrung/der Erdwärmesonde/Tiefe der Temperaturmessung	80 m / 78,5 m / 78,5 m
Bohrdurchmesser/Schutzrohr	ca. 160 mm / 178 mm (bis 8 m unter GOK)
Erdwärmesonde Typ /Rohrdurchmesser	Doppel-U, PE 100 RC / 32 x 3 mm
Bohrlochverfüllung Typ/Hersteller	Calidutherm Öko / Terra Calidus GmbH

Fertigstellung der EWS/Beginn des GRT/Stand-Ruhezeit der Bohrung	03.12.2019 / 13.12.2019 / 10 Tage
Wärmeeinspeisung/Volumenstrom	Ø 4,1 kW (entspricht ca. 52 W/m) / Ø 1,2 m ³ /h
Gesamtdauer der Messung bis Abschaltung/ausgewerteter Messzeitraum	ca. 72 Stunden / ca. 72 Stunden
Testausrüstung	mobiles GRT-Gerät / Baujahr 2017
verwendete Messtechnik	Temperaturfühler: PT100 Durchflussmessung: IDM

Bei der Durchführung des GRT kam ein mobiles GRT-Gerät mit spezieller speicher-programmierbarer Steuerung (SPS) zum Einsatz. Die Temperaturmessung [°C] erfolgte während der gesamten Testzeit am Vor- und Rücklauf der Sonde (bodengleich). Des Weiteren wurden mit einer Taktung von 60 Sekunden jeweils Datum und Uhrzeit, Lufttemperatur [°C], Volumenstrom [m³/h] sowie die injizierte Wärmemenge [kWh] geloggt.

Den prinzipiellen Testaufbau zeigt nachfolgende Abbildung 4:

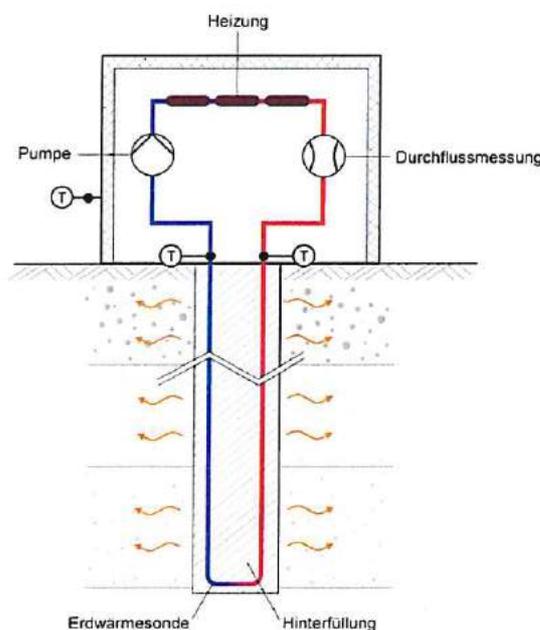


Abbildung 4: prinzipieller Aufbau der GRT-Messung (Quelle: H.S.W. GmbH)

6.3 Umwälzphase

In der Test-Erdwärmesonde fand vor Beginn der Temperatureinspeisung eine Phase der ausschließlichen Umwälzung des Fluids von ca. 75 Minuten statt. Die Fluid-Temperaturen wurden bei dieser Umwälzphase im Vor- und Rücklauf der Sonde an der GRT Test-Einheit mit durchschnittlich 11,5 °C aufgezeichnet (Abbildung 5). Dies bestätigt weitestgehend die mittlere Untergrundtemperatur aus der Messung des Temperatur-Profils (11,8 °C, siehe Seite 7).

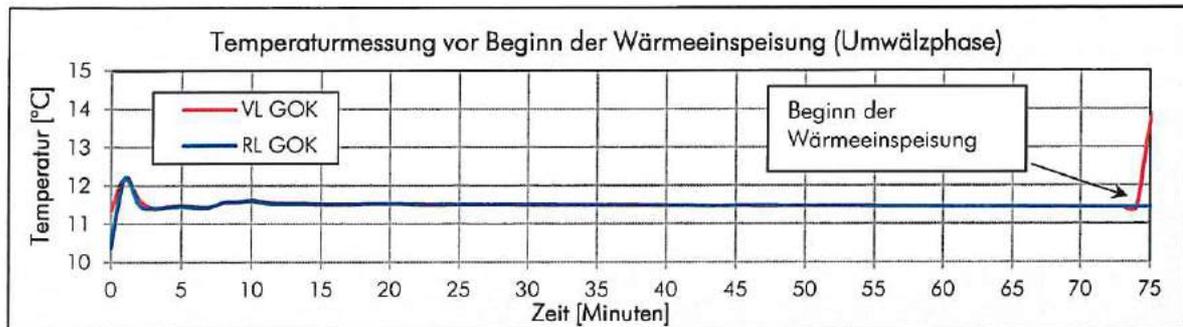


Abbildung 5: Umwälzphase, Messung der Fluidtemperatur vor GRT-Beginn

6.4 Wärmeeinspeisung

Der Geothermal Response Test begann mit der Wärmeeinspeisung in den Untergrund am 13.12.2019 um 16:03 Uhr und somit 10 Tage nach der Fertigstellung der Test-Erdwärmesonde.

Die Abbildung 6 (Seite 10) zeigt den Temperaturverlauf während der Wärmeeinspeisung sowie die eingebrachte thermische Leistung über den gesamten Messzeitraum. Die Temperaturganglinien (Vorlauf- und Rücklaufftemperatur) erreichten sehr schnell einen einheitlich parallelen Verlauf (ΔT_i). Die injizierte thermische Leistung wurde während der gesamten Wärmeeinspeisung auf durchschnittlich 4,1 kW geregelt.

Die Abschaltung der Wärmeeinspeisung erfolgte durch einen Abbruch der Stromversorgung am 16.12.2019 um 15:38 Uhr. Die Messdauer betrug somit ca. 72 Stunden. Für die Auswertung wurde der gesamte Messzeitraum herangezogen.

Zur Mindest-Messdauer eines Geothermal Response Tests werden Empfehlungen von 48 bzw. 50 h gegeben [u.a. Sanner, B. (2001)]. Die Verlängerung der Messdauer im Vergleich zu den Empfehlungen kann den Einfluss von äußeren Störfaktoren statistisch minimieren und somit die Genauigkeit der Messergebnisse erhöhen.

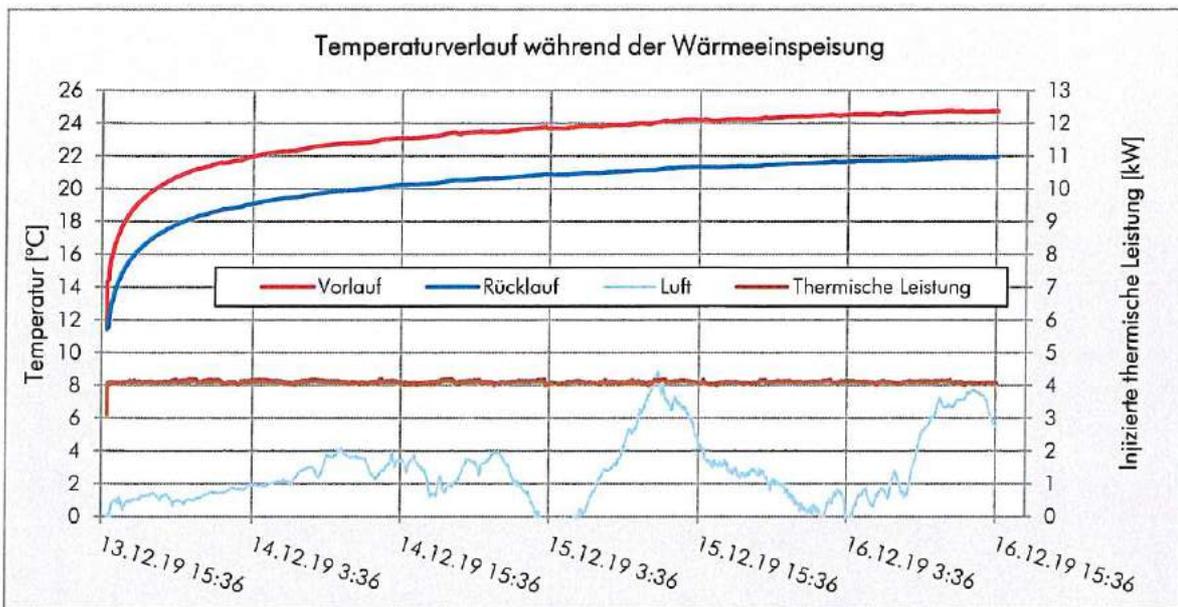


Abbildung 6: Temperaturverläufe und Heizleistung während der Wärmeeinspeisung

6.5 Auswertung

Die konventionelle Auswertung eines GRT erfolgt nach der Kelvin'schen Linienquellentheorie [u.a. Hellström, G. (1991 - 1994), Gehlin, S. (1996 - 2000)]:

Gl. 1

$$T_f = \frac{\dot{Q}}{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot H} \cdot \ln(t) + \left[\frac{\dot{Q}}{H} \left(\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \left[\ln \left(\frac{4 \cdot \alpha}{r_0^2} \right) - \gamma \right] + R_b \right) + T_s \right]$$

mit:

T_f	mittlere Fluidtemperatur	[°C],	\dot{Q}	Heizleistung	[W]
λ	Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes	[W/(m·K)],	H	Tiefe der Erdwärmesonde	[m]
t	Zeit	[h],	α	Temperaturleitfähigkeit	[m ² /s]
r_0	Bohrlochradius	[m],	γ	Euler'sche Zahl	
R_b	thermischer Bohrlochwiderstand	[K/(W/m)],	T_s	Temp. des ungestörten Untergrundes	[°C]

Grundlage der Auswertung des GRT ist der mittlere Fluid-Temperatur-Verlauf in der Erdwärmesonde während des Tests. Im Ergebnis einer Auftragung der Messwerte der während eines GRT aufgezeichneten mittleren Fluidtemperatur auf eine logarithmische Zeitachse kann die effektive Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes aus der Steigung der sich ergebenden Geraden ermittelt werden. Nach Bestimmung der effektiven Wärmeleitfähigkeit wird der thermische Widerstand zwischen Fluid und Bohrlochwand (thermischer Bohrlochwiderstand) berechnet.

Der Verlauf der Fluidtemperatur in der stationären Betriebsphase stellt sich beim Logarithmieren der Zeitwerte für den durchgeführten Test gemäß Abbildung 7 (Seite 11) dar.

Das ermittelte Bestimmtheitsmaß R^2 (im Diagramm links oben) gibt den linearen Zusammenhang zwischen der Messreihe und der Regressionsgeraden an. Demzufolge können 100 % der Streuung der Ordinatenwerte (Y) durch lineare Abhängigkeit der Abszissenwerte (X) beschrieben werden.

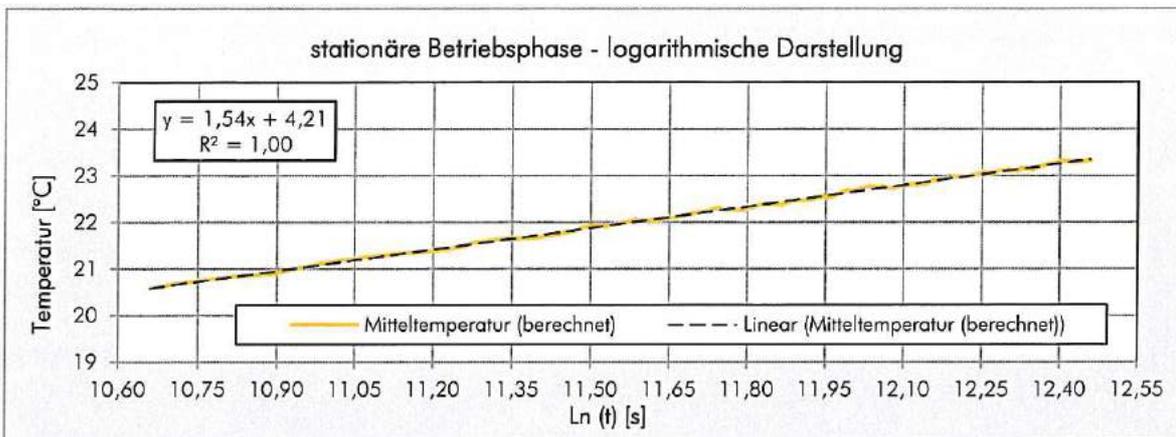


Abbildung 7: Verlauf der Fluidtemperatur in der stationären Betriebsphase

Für die Auswertung der Kurvenanpassung nach „objective function“ werden der gemessene und der sich gemäß funktionalem Zusammenhang [u.a. Hellström, G. (1991 - 1994), Gehlin, S. (1996 - 2000)] ergebende mittlere Fluid-Temperatur-Verlauf für die gesamte Messdauer gegenübergestellt (Abbildung 8).

Die mathematischen Parameter der „fitting curve“ werden durch Kurvenanpassung als „best fit“ gemäß der „objective function“ ermittelt. Dabei gilt als Kriterium der Anpassung: Summe der Abweichungsquadrate $\rightarrow 0$.

Bei der Auswertung der gesamten Messkurve über Kurvenanpassung nach „objective function“ ist zu berücksichtigen, dass die Eigenschaften der Sonde/Sondeninstallation mit in das Gesamt-Ergebnis einbezogen werden.

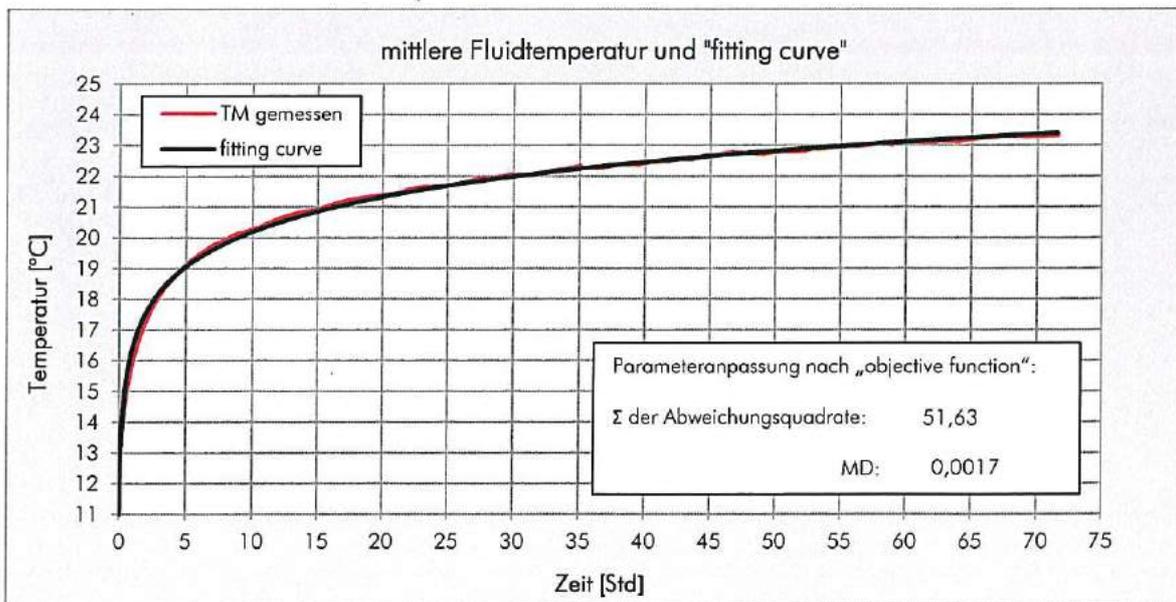


Abbildung 8: mittlere Fluidtemperatur und „fitting curve“

Die Abweichung der gemessenen Fluidtemperaturen von der „fitting curve“ wird in der Abbildung 9 (Seite 12) dargestellt. Insgesamt lässt sich eine sehr gute Übereinstimmung des Messverlaufes mit den theoretischen Ansätzen (geringe Abweichung) konstatieren.

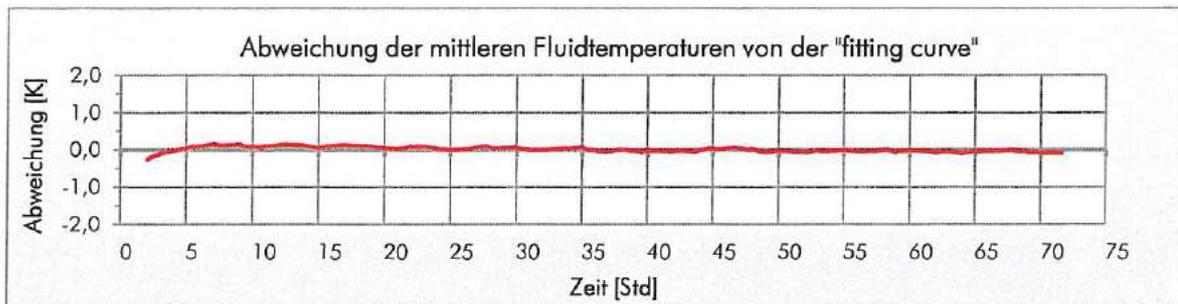


Abbildung 9: Abweichung der Messwerte von der „fitting curve“

6.6 Ergebnisse der GRT-Auswertung

Maßgeblichen Einfluss auf das Ergebnis des durchgeführten Tests haben u.a. nachfolgend berücksichtigte Parameter:

- Bohrl Lochdurchmesser (gemittelt inkl. Verrohrung): ca. 162,0 mm
- Einbautiefe der Erdwärmesonde: ca. 78,5 m
- mittlere Erdreichtemperatur vor Messbeginn: ca. 11,8 °C
- durchschnittlich injizierte thermische Leistung: ca. 4,1 kW
- gemittelte spezifische Wärmekapazität des Erdreichs: ca. 2,5 MJ/(m³·K)
 (mittlerer Erwartungswert gemäß VDI-Richtlinie 4640 für die angetroffenen Substrate).

Im Ergebnis der Auswertung des Geothermal Response Tests wurden für die beschriebenen Verfahren und unter Berücksichtigung der vorgenannten Eingangsdaten nachfolgende thermophysikalische Parameter für den Test-Standort bzw. für die Test-Erdwärmesonde ermittelt:

Auswertemethodik	effektive Wärmeleitfähigkeit λ_{eff}	thermischer Bohrlochwiderstand R_b
konventionell (Auswertung der stationären Betriebsphase)	2,77 W/(m·K)	0,084 K/(W/m)
„objective function“ (Auswertung des gesamten Temperaturanstiegs)	2,60 W/(m·K)	0,077 K/(W/m)

Die beiden Auswertemethoden zeigen ähnliche Ergebnisse, was auf eine gute Gesamtmessung zurückzuführen ist. Der etwas geringere Wert nach „objective function“ ist mit dem anfänglichen Einfluss der verwendeten Ausbaumaterialien (Verfüllmaterial, PE-Rohre) mit geringeren Materialwärmeeitfähigkeiten zu erklären.

6.7 Fehlerabschätzung

Anhand der Darstellung der Fehlerabschätzung ist der Einfluss von Abweichungen der verwendeten Eingangsparameter in Bezug auf die daraus resultierenden Ergebnisse dokumentiert. Grundlage der Fehlerabschätzung ist die konventionelle Auswertung der stationären Betriebsphase.

Ausgangswerte			2,77		0,084	
Bemessungsparameter	Mess-/ Erwartungswert	Abweichung vom Mess-/ Erwartungswert	Ergebnis λ_{eff} [W/(m·K)]		Ergebnis R_b [K/(W/m)]	
Tiefe der Erdwärmesonde	78,5 m	+ / - 1 %	2,74	2,80	0,085	0,083
mittlerer Durchmesser GRT-Bohrung	162 mm	+ / - 10 %	(kein Einfluss)		0,090	0,078
beim Test injizierte thermische Leistung	4,1 kW	+ / - 5 %	2,91	2,63	0,079	0,090
ungestörte Erdreichtemperatur	11,8 °C	+ / - 10 %	(kein Einfluss)		0,062	0,106
gemittelte spezifische Wärmekapazität des Erdreichs	2,5 MJ/(m³K)	+ / - 10 %	(kein Einfluss)		0,087	0,081

6.8 schrittweise Auswertung der GRT-Messungen

Die schrittweise, konventionelle Auswertung des GRT (zeitlich fortschreitende Auswertung bei gleichem Startzeitpunkt, siehe Abbildung 10) zeigt, dass der Wert der effektiven Wärmeleitfähigkeit ab der 30. Betriebsstunde nur noch geringen Änderungen unterliegt.

Generell lässt ein zeitlich fast unveränderter Ergebniswert auf eine ausreichende Messdauer sowie auf keine bzw. nur geringe äußere Störeinflüsse bzw. auf keine bzw. nur geringe grundwasserdynamische Einflüsse schließen. Eine tendenzielle Steigerung des Ergebniswertes mit zunehmenden Messzeitraum zeigt im Regelfall den Einfluss von signifikanten Grundwasserfließbewegungen an, was bei dieser Messung nicht erkennbar ist.

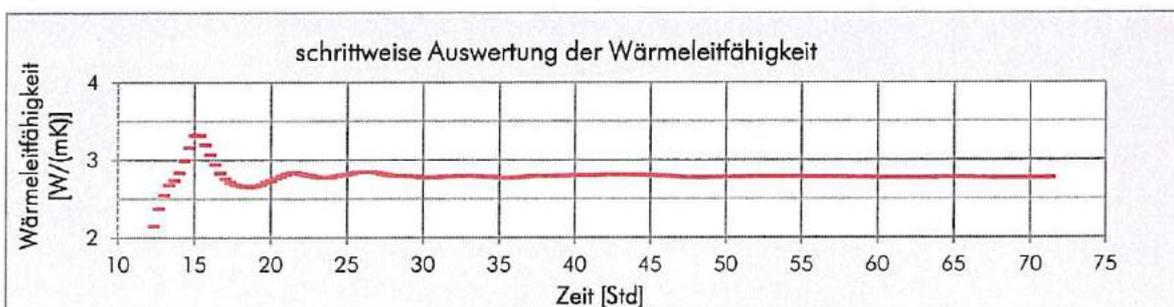


Abbildung 10: Schrittweise Auswertung (konventionelle Methode)

6.9 Temperatur-Profilmessung nach dem GRT

Zur Ableitung ggf. vorhandener schichtenspezifischer Unterschiede in der Temperaturwiederangleichung (z.B. infolge von Grundwassereinflüssen bzw. heterogener Substrateigenschaften) wurde am 18.12.2019, um ca. 14:00 Uhr (ca. 46 Stunden nach Beendigung des GRT) eine weitere Temperatur-Profilmessung in der Test-Erdwärmesonde vorgenommen. Die Ergebnisse der Messung wurden zur Bewertung und Interpretation dem Temperaturprofil vor dem GRT unter Einbeziehung des Bohrprofils gegenübergestellt - siehe Abbildung 11 (Seite 14).

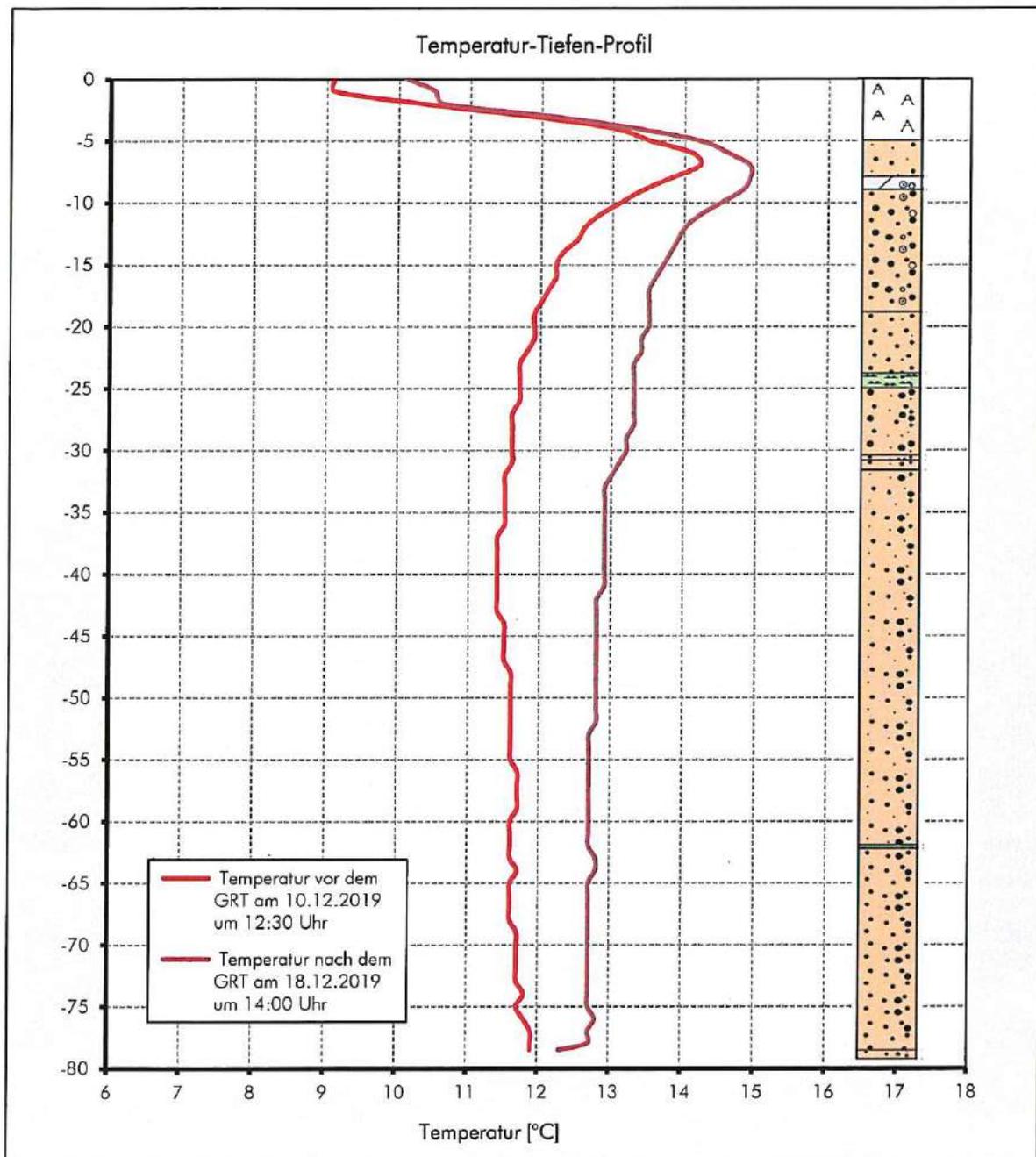


Abbildung 11: Temperatur-Tiefen-Profile vor und nach dem GRT sowie Bohrprofil

Die gemessene Temperaturwiederangleichung an die Ursprungstemperatur verläuft relativ gleichmäßig. Signifikante Grundwasserbewegungen bzw. eine unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit im Profil sind aus der Messung nicht abzuleiten.

Die schnellere Temperaturwiederangleichung am Sondenfuß ist auf den zusätzlichen Wärmeabtransport nach unten zurückzuführen.

Die ermittelte effektive Wärmeleitfähigkeit liegt somit im mittleren bis oberen Erwartungsbereich für die angetroffenen und dokumentierten geologischen Schichten. Für die weiterführenden Planungen kann eine Wärmeleitfähigkeit von $2,7 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ verwendet werden.

Literatur:

- Bernier M.: Ground-coupled heat pump system simulation. ASHRAE Transactions. 107, p.605-616, 2001
- Bernier M. und Shirazi A. S.: Solar Heat Injection Into boreholes: A preliminary analysis, 2nd Canadian Solar Buildings Conference, Calgary, June 10-14, 2007
- Carlsaw H.S. und Jaeger J.C.: Conduction of Heat in Solids, Clarendon Press, Oxford University Press, 2nd Edition, 1947
- Chiasson, A. - Advances in Modelling of Ground-Source Heat Pump Systems. Dissertation Oklahoma State University, 1999
- Deng Z.: Modelling of standing column wells in ground source heat pumps, P.hD Thesis, Oklahoma State University, 2004
- Diao N. et al.: Heat transfer in ground heat exchangers with groundwater advection, Int. Journal of Thermal Sciences, 43, 1203-1211, 2004
- Eugster, W.J. und Laloui, L. - Workshop „Geothermische Response Tests“, Geothermische Vereinigung e.V. 49744 Geeste, 2002
- Gustafson, A.-G. - Thermal Response Test - Numerical simulations and analyses, Lulea University of Technology, 2006
- Gehlin S. - Thermal Response Test - In Situ Measurements of Thermal Properties in Hard Rock, Licentiate Thesis, Lulea 1998
- Hanschke, Th. & Freund, R. Geothermal Response Tests mit geregeltm Wärmeeintrag - erste Betriebserfahrungen mit der neuen GRT-Messeinheit. 9. Geothermische Fachtagung Karlsruhe, Oktober 2006
- Hanschke, Th.; Kühl, J.-U.; Oldorf, B. & Uebigau M.: Energetischer Doppelnutzen; Energiepfähle und thermoaktive erdberührte Bauteile, Deutsches IngenieurBlatt, Ausgabe 07-08, 2010
- Ingersoll L. R. et al.: Heat Conduction with Engineering, Geological and other applications, Madison, WI: The University of Wisconsin Press, 1954
- Kastura T. et al.: Heat transfer experiments in the ground with groundwater advection, Proceedings of 10th Energy Conservation Thermal Energy Storage Conference Ecostock'2006, New Jersey
- Kavanaugh S.P. et al.: Investigating Methods for Determining Soil and Rock Formation Thermal Properties From Short Term Field Tests, ASHRAE, Final Report September 1999 – September 2000
- Kübert, M. et al: Thermal Response Tests und Temperaturtiefenprofile Erfahrungen aus Praxis und Forschung, Beitrag zum Geothermiekongress 2009
- Koelbel T.: Grundwassereinfluss auf Erdwärmesonden: Geländeuntersuchungen und Modellrechnungen, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2010
- Sass, I. und Lehr, C.: Improvements on the Thermal Response Test Evaluation, Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, 2011

Kopie

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz – 10179 Berlin

II D 301

Berliner Verkehrsbetriebe (BVG)
Holzmarktstraße 15-17
10179 Berlin

Wasserbehörde

Bearbeiterin	Frau Lubosch
Zeichen	II D 301 - 6793/07.07-00369
Dienstgebäude:	♿
Brückenstr. 6	
10179 Berlin - Mitte	
Zimmer	3127
Telefon	030 9025-2111
Fax	030 9025-2983
intern	(925) 2111
Datum	27.08.2019

Grundwasserbenutzungen auf dem Grundstück Köpenicker Straße 1 in 12489 Berlin

Antrag vom 14.06.2019 , hier eingegangen am 19.06.2019
Anhörung vom 30.07.2019

Sehr geehrte Damen und Herren,

für Sie wurde beantragt, auf dem o. g. Grundstück eine Pilotsonde errichten und einen GRT als Grundlage für die spätere Errichtung und den Betrieb einer Erdwärmesondenanlage durchführen zu dürfen.

Die Errichtung und der Betrieb einer Erdwärmesondenanlage und die mit der Durchführung des GRT verbundene thermische Beeinflussung des Grundwassers und des Bodens stellen nach den Bestimmungen des § 9 WHG Benutzungen dar, die nach § 8 Abs. 1 WHG einer wasserbehördlichen Erlaubnis bedürfen.

Die Erlaubnis wird nach den Bestimmungen der §§ 8 bis 13 WHG auf der Grundlage des Antrages und der dazu eingereichten Unterlagen erteilt. Soweit durch die Nebenbestimmungen der Erlaubnis keine anderen Festlegungen getroffen werden, bezieht sich diese auf das im Antrag und in den Unterlagen dargestellte Vorhaben. Etwaige Abweichungen von dem maßgeblichen Antragsinhalt bedürfen ggf. einer neuen wasserbehördlichen Prüfung und sind daher nicht von der erteilten Erlaubnis abgedeckt. Änderungen bedürfen ggf. einer entsprechenden Anpassung dieser.

Ich weise darauf hin, dass ich auf Grund der aktuellen behördlichen Vorgaben, die Frist zur Durchführung der Bohrung (Bedingung 2.1.1.) bis zum 31.08.2021 verlängert habe.

Sprechzeiten
nach telefonischer Vereinbarung

E-Mail
michaela.lubosch@senuvk.berlin.de
post@senuvk.berlin.de*
* Elektronische Zugangseröffnung gem. § 3a Abs. 1 VwVfG
Hinweis zur Information zum Datenschutz nach Art. 13 und 14
Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO):
<https://www.berlin.de/senuvk/service/formulare/de/datenschutz.shtml>

Internet
www.berlin.de/sen/uvk/

Fahrverbindungen:
U 2 Märkisches Museum
U 8 Jannowitzbrücke, Heinrich-Heine-Str.
S 3, 5, 7, 9, Jannowitzbrücke
M 147, 165, 265 U-Bhf. Märkisches Museum

Zahlungen bitte bargeldlos an die Landeshauptkasse Berlin:
Postbank Berlin IBAN: DE47100100100000058100 BIC: PBNKDEFFXXX
Berliner Sparkasse IBAN: DE25100500000990007600 BIC: BELADEBEXXX
Bundesbank, Filiale Berlin IBAN: DE5310000000010001520 BIC: MARKDEF1100

- 3.2.3. Der Erlaubnisinhaber ist verpflichtet, Bediensteten und Beauftragten der Wasserbehörde auf Anfrage unverzüglich schriftlich darüber Auskunft zu erteilen, ob bzw. wann die Anlagenerrichtung begonnen und die Anlage fertiggestellt bzw. in Betrieb genommen wurde.
- 3.2.4. Der Erlaubnisinhaber muss die sachgemäße Durchführung der Bohrung, der Errichtung der Pilotsonde und des GRT sicherstellen.
- 3.2.5. Über den gesamten Zeitraum des GRT muss ein Betriebsbuch geführt werden. Die Betreiberin hat Leckagen im Pilotsondenkreislauf, Betriebsstörungen und sonstige Vorkommnisse, von denen eine Beeinträchtigung des Grundwassers ausgeht, der Wasserbehörde – II D 35 – unverzüglich unter Angabe des o. g. Aktenzeichens schriftlich zu melden und in das Betriebsbuch einzutragen. Das Betriebsbuch ist der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.
- 3.2.6. Die Errichtung der Erdwärmesondenanlage muss entsprechend den technischen Vorschriften und Regeln, insbesondere der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 1 und 2 erfolgen.
- 3.2.7. Nach Abschluss der Arbeiten ist der Wasserbehörde das Ergebnis der Tests unverzüglich in Berichtsform (nicht per E-Mail) mitzuteilen. Die Sondenköpfe sind wasserdicht zu verschließen.
- 3.2.8. Bei dauerhafter Stilllegung der Anlage ist die Wärmeträgerflüssigkeit aus dem Sondenkreislauf rückstandsfrei auszuspülen und ordnungsgemäß zu entsorgen. Sofern die Wärmetauscherrohre im Baugrund verbleiben können, sind die vertikalen Rohrleitungen vollständig mit einer dauerhaft abdichtenden Ton/Zement-Suspension zu verfüllen.
Ggf. ist dazu der Sondenkopf freizulegen und die horizontalen Anbindungen sind zu kapfen. Die beabsichtigte Stilllegung ist der Wasserbehörde vorab schriftlich mitzuteilen.

3.3. Auflagen zur Errichtung der Erdwärmesonden (Pilotsonden)

- 3.3.1. Die Bohrarbeiten müssen unter Berücksichtigung der VDI-Richtlinie 4640 von einem Bohrunternehmen ausgeführt werden, das nach dem Technischen Regelwerk des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.) Arbeitsblatt DVGW W 120 bzw. W 120-2 vom DVGW Cert GmbH oder der Zertifizierung Bau GmbH zertifiziert sein muss. Zur Bedienung des Bohrgerätes auf der Baustelle ist Fachpersonal einzusetzen, das die Qualifikationsanforderungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 120 bzw. 120-2 erfüllt.
- 3.3.2. Zwei Wochen vor dem Beginn der Bohrarbeiten ist gegenüber der Wasserbehörde der Nachweis zu erbringen, dass die Bohrarbeiten von einem nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 120 bzw. 120-2 zertifizierten Bohrunternehmen ausgeführt werden. Der Nachweis ist durch Vorlage der Beauftragung und der Zertifizierung des Bohrunternehmens zu erbringen.
- 3.3.3. Der Termin der Bohrung für die Pilotsonde ist der Wasserbehörde – II D 35 – sowie dem zuständigen bezirklichen Umweltamt Treptow-Köpenick (Herr Ranft, thomas.ranft@ba-tk.berlin.de) spätestens 1 Woche vor dem Beginn mit Benennung des gewählten Bohr- und Verfüllverfahrens schriftlich anzuzeigen.
- 3.3.4. Bei Auffälligkeiten (Farbe o. Geruch des Bohrgutes) oder wenn bei den Arbeiten kontaminiertes Material angetroffen wird, ist das Umweltamt Treptow-Köpenick (Herr Ranft, Tel. 90297-5940, thomas.ranft@ba-tk.berlin.de) zu informieren.
- 3.3.5. Der Wasserbehörde ist der Beginn des GRT spätestens 3 Tage zuvor schriftlich mitzuteilen.
- 3.3.6. Der Bohrdurchmesser ist in Abhängigkeit vom Durchmesser des Sondenbündels (Sondenrohre inkl. Innenzentrierungen) so zu wählen, dass um das Sondenbündel ein Ringraum von mindestens 30 mm zur Verfügung steht. Bei herkömmlichen Doppel-U-Sonden mit einem Außendurchmesser von 32 mm ergibt sich ein Mindestbohrdurchmesser von 150 mm.

- 3.3.17. Die Suspension zur Verfüllung des Ringraumes muss einen erhöhten Frostwiderstand aufweisen. Der Nachweis des erhöhten Frostwiderstandes ist durch eine Prüfung des Materials auf Frost-Tau-Wechselbeständigkeit durch den Hersteller zu führen. Die Ergebnisse der Prüfung müssen der Wasserbehörde in Form von Produktdatenblättern bzw. entsprechenden Prüfberichten des Herstellers vor der Bauabnahme vorgelegt werden.
- 3.3.18. Die einzusetzende Verfüllsuspension muss umweltverträglich sein. Der Nachweis ist auf der Grundlage der Bewertungskriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) mittels Eluatuntersuchungen des Herstellers zu erbringen.
- 3.3.19. Nach dem Einbau der jeweiligen Pilotsonde und nach dem Hinterfüllen ihres Ringraumes, vor dem Abbinden des Hinterfüllmaterials, ist eine Funktionsendprüfung der Pilotsonde gemäß VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 Punkt 5.2.3 durchzuführen (Prüfdruck: mindestens 6 bar; Vorbelastung: 30 Minuten; Prüfdauer: 60 Minuten; tolerierter Druckabfall: 0,2 bar). Die jeweilige Erdwärmesonde muss zum Zeitpunkt der Druckprobe luftfrei mit Wasser befüllt sein. Die Prüfung ist zu protokollieren und in Kopie der Wasserbehörde zu übersenden.
- 3.3.20. Der Wärmeträgerflüssigkeitskreislauf ist einer Inbetriebnahmeprüfung zu unterziehen. Die horizontal verlegten Leitungen müssen bei dieser Prüfung sichtbar sein. Die Prüfung muss gemäß VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2 Punkt 5.2.7 erfolgen, d. h. mit dem 1,5-fachen Betriebsdruck. Der Wärmeträgerflüssigkeitskreislauf muss zum Zeitpunkt der Druckprobe luftfrei mit Wasser bzw. Wärmeträgerflüssigkeit befüllt sein. Die Prüfung ist zu protokollieren.
- 3.3.21. Bohrungen sind entsprechend
DIN EN ISO 22475-1 in Verbindung mit
DIN EN ISO 14688-1 und
DIN EN ISO 14688-2
zu dokumentieren (z. B. Schichtenfolgen, Grundwasserstände und Spülverluste).
- 3.3.22. Nach Fertigstellung der Sondenanlage, jedoch spätestens drei Tage vor Ausführung des GRT sind die nachfolgend gelisteten Unterlagen in Papierform (nicht per E-Mail) bei der Wasserbehörde einzureichen:**

in zweifacher Ausfertigung

- Datenblätter der Sondenbohrungen
- Bohrprotokolle der Bohrungen
- Schichtenverzeichnisse der Bohrungen einschließlich Kopfblatt, zeichnerische Darstellung gemäß DIN 4023 sowie Ausbauezeichnung der eingebauten Sonde
- Lageplan des Grundstücks mit Darstellung der Sondenstandorte (Einmessung an unveränderlichen Festpunkten wie z. B. Grundstücksgrenzen oder Hausecken) sowie Verlauf der Sondenleitungen und Nutzungen im Umkreis von 3,00 m; die Koordinaten sind in ETRS89 (hilfsweise in Soldner) anzugeben.
- geophysikalische Messprotokolle
- ein auf der Grundlage der geophysikalischen Messprotokolle erstelltes Schichtenverzeichnis;

in einfacher Ausfertigung

- Art und Hinterfüllbaustoffmenge der Sonden in m³
- Art und Menge der verwendeten Bohrzusätze
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Pilotsonden **vor dem Befüllen** mit Wärmeträgerflüssigkeit (Funktionsendprüfung)
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Pilotsonden **nach dem Befüllen** mit Wärmeträgerflüssigkeit (Inbetriebnahmeprüfung)
- Protokolle der werksseitig vorgenommenen Dichtheitsprüfungen der Pilotsonden.

- Filter- und Abstandsgeschwindigkeit
 - Speicherkoeffizient
 - Grundwasserzu- und -abflüsse
 - Beeinflussungen der hydraulischen Verhältnisse
 - effektive Wärmeleitfähigkeit
 - thermischer Bohrlochwiderstand
 - lokaler geothermischer Wärmefluss
 - gemessene ungestörte Erdreichtemperatur
- 3.5.6. Die Auswahl, die etwaige Vereinfachung sowie ggf. der Wegfall einer der jeweiligen Parameter ist durch den Modellierer zu begründen.
- 3.5.7. Das Strömungsmodell ist unter Berücksichtigung der in den vorgenannten Punkten aufgeführten hydraulischen Parameter zu kalibrieren, so dass eine Übereinstimmung mit den gemessenen Grundwasserständen vorliegt.
- 3.5.8. Als Prognosezeitraum für die Auswirkungen der thermischen Beeinflussung des Untergrundes ist von einem Betriebszeitraum von 25 Jahren auszugehen.
- 3.5.9. Das unter Einbeziehung der landesgeologischen Auskunft erarbeitete geologisch-hydrogeologische Schichtenmodell ist der Landesgeologie im Vorfeld der numerischen Simulation zur Abstimmung und Plausibilitätsprüfung vorzulegen. Erst nach der Zustimmung der Landesgeologie ist die numerische Simulation auszuführen.
- 3.5.10. Die Modellierung muss eine 3-dimensionale Auswertung des zu erwartenden Wärmestroms, etc. enthalten. Darüber hinaus müssen in einem zugehörigen Bericht auch nachvollziehbare Angaben bzgl. aller verwendeten Datengrundlagen und gewählten Vereinfachungen sowie zur Auswahl des verwendeten Simulationsprogramms enthalten sein.
- 3.5.11. Die Modellierungsergebnisse (z. B. Darstellung der Temperaturentwicklung, maximal zu erwartende Abkühlung auch innerhalb des Erdwärmesondenfeldes) sind durch maßstäbliche Karten und Profildarstellungen, Grafiken, Ganglinien, etc. (für ausgewählte Zeitschritte) mit entsprechenden Schlussfolgerungen zu dokumentieren.
- 3.5.12. In Abhängigkeit der Modellierungsergebnisse sind vom Modellierer Standorte für Messstellen zur Temperaturüberwachung im An- und Abstrom des ermittelten Temperaturfeldes vorzuschlagen und zu begründen.

4. Begründung

Die formellen und materiellen Voraussetzungen für die Erteilung der wasserbehördlichen Erlaubnis sind erfüllt.

Die Erteilung von Bedingungen und Auflagen erfolgt auf der Grundlage des § 13 WHG in Verbindung mit § 14 BWG. Die Überwachungs- und Kontrollaufgaben der Wasserbehörde bzw. die Aufgaben und Befugnisse der Gewässeraufsicht ergeben sich aus den §§ 100, 101 WHG, 67, 68 und 69 BWG.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass unter Berücksichtigung der dargestellten Belange eine wasserbehördliche Erlaubnis zur Errichtung und zum Betrieb der Erdwärmesondenanlage auf dem o. a. Grundstück erteilt werden kann.

Die mit der Erlaubnis festgesetzten Bedingungen und Auflagen bezüglich der Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen sind gerechtfertigt, da nur so die erforderliche, einwandfreie Durchführung der Maßnahmen gewährleistet werden kann.

Stoffen und die hydraulische Verbindung unterschiedlicher Grundwasserstockwerke zu verhindern.

Anders als beim Trockenbohrverfahren können beim Spülbohrverfahren die Lithologie und die Schichtgrenzen der Sedimente und damit auch die Schichtmächtigkeiten nur ungenau bestimmt werden. Bindige Anteile werden gegenüber dem Anteil rolliger Sedimente deutlich unterschätzt. Dadurch kann es zur Fehleinschätzung von spezifischen Entzugsleistungen im Rahmen der Anlagendimensionierung kommen. Auch die Fehlinterpretation von grundwasserhemmenden und -leitenden Schichten kann eine Folge sein. Ferner können im Spülbohrverfahren eventuell angetroffene Salinarwasserbereiche nicht erkannt werden.

Aus diesen Gründen ist für die genaue Beurteilung des Untergrundes nach Lagerstätten-gesetz, zum Grundwasserschutz und daraus folgend auch für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und der spezifischen Entzugsleistung zur korrekten Bemessung der Erdwärmesonden eine geophysikalische Messung der Bohrung erforderlich.

Zusammen mit dem Bohrmeisterschichtenverzeichnis, dem geologischen Vorprofil und der geophysikalischen Messung können dann die Gesteinsschichten genau beschrieben und eine dezimetergenaue Angabe der Schichtgrenzen und -mächtigkeiten ermöglicht werden.

Der Rückbau der Anlage entsprechend den Anforderungen an den Grundwasserschutz auf Kosten des Erlaubnisinhabers ergibt sich aus § 21 Abs. 1 Nr. 1 b) bzw. Nr. 2 BWG.

Aus den genannten Gründen sind die mit der wasserbehördlichen Erlaubnis verbundenen Nebenbestimmungen angemessen und verhältnismäßig. Nebenbestimmungen mit einem geringeren Aufwand für den Bauherrn kommen nicht in Betracht.

5. Rechtsbehelfsbelehrung

Gegen diesen Bescheid ist die Klage vor dem Verwaltungsgericht statthaft. Sie ist innerhalb eines Monats nach Zustellung dieses Bescheides beim Verwaltungsgericht Berlin, Kirchstraße 7, 10557 Berlin, schriftlich oder zur Niederschrift des Urkundsbeamten oder als elektronisches Dokument nach Maßgabe der Verordnung über die technischen Rahmenbedingungen des elektronischen Rechtsverkehrs und über das besondere elektronische Behördenpostfach vom 24. November 2017 (Elektronischer-Rechtsverkehr-Verordnung – ERVV, BGBl. I S. 3803) versehen mit einer qualifizierten elektronischen Signatur oder signiert über einen sicheren Übermittlungsweg bei der elektronischen Poststelle des Gerichts einzureichen; der Klageschrift soll eine Abschrift beigefügt werden. Die Klage muss den Kläger, den Beklagten und den Gegenstand des Klagebegehrens bezeichnen. Sie soll einen bestimmten Antrag enthalten. Die zur Begründung dienenden Tatsachen und Beweismittel sollen angegeben werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass bei schriftlicher oder elektronischer Einlegung der Klage die Klagfrist nur dann gewahrt ist, wenn die Klage innerhalb dieser Frist beim Verwaltungsgericht eingegangen ist.

6. Hinweise

- 6.1. Bei allen Arbeiten zur Errichtung der Anlage (Bohrung und Anlagenbau) sowie der nachfolgende Anlagennutzung müssen die Bedingungen und Auflagen des Bescheides eingehalten werden. Dies setzt u. a. voraus, dass alle mit der Durchführung der Errichtungsarbeiten Beauftragten (z. B. Bohrunternehmer, Anlagenbauer u. ä.) den Inhalt des wasserbehördlichen Bescheides vor Beginn ihrer Arbeiten bzw. Tätigkeiten zur Kenntnis bekommen, um alle sie betreffenden Nebenbestimmungen auch einhalten zu können.

Fundstellenverzeichnis

AVV Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (Geräusch-immis-sionen) vom 19. August 1970
AwSV	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) in der Fassung vom 18. April 2017 (BGBl. S. 905)
BWG	Berliner Wassergesetz (BWG) in der Neufassung vom 17. Juni 2005 (GVBl. S. 357), das zuletzt durch Artikel 27 des Gesetzes vom 2. Februar 2018 (GVBl. S. 160) geändert worden ist
LagerstättenG	Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstät-ten vom 4. Dezember 1934 (Lagerstättengesetz – LagerstG) in der im Bundesge-setzblatt Teil III, Gliederungsnummer 750-1 veröffentlichten bereinigten Fassung, die zuletzt durch Artikel 22 des Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992) geändert worden ist
UGebO	Verordnung über die Erhebung von Gebühren im Umweltschutz (Umweltschutz-gebührenordnung - UGebO) vom 11. November 2008 (GVBl. S. 417), die zuletzt durch Verordnung vom 5. Juni 2018 (GVBl. S. 405) geändert worden ist
VwGO	Verwaltungsgerichtsordnung (VwGO) in der Fassung vom 19. März 1991 (BGBl. I S.686), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 12. Juli 2018 (BGBl. I. S. 1151) geändert worden ist
VwVG	Verwaltungs-Vollstreckungsgesetz (VwVG) vom 27. April 1953 (BGBl. III, Gliede-rungsnummer 201-4), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. Juni 2017 (BGBl. I S. 2094) geändert worden ist
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I. S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254) geändert worden is

Firma: HM Kampfmittelberaumung GmbH
Berliner Straße 40
13127 Berlin
Tel: 030-12059212



Verteiler: - Senatsverwaltung
- Eigentümer / Antragsteller
- KMR - Firma

Rahmenplannummer

Auftragsnummer

- Teil -
 Abschluss
- ### Protokoll über die Räumung kampfmittelbelasteter Flächen

Anhänge: Übersichtskarte, Koordinatenliste

1.	Anschrift / Gemarkung der Räumstelle
	Berlin Adlershof Köpenicker Straße - BVG Betriebshof
Land	Berlin
Auftraggeber	HSW Ingenieurbüro Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH, Gerhart-Hauptmann-Straße 19, 18055 Rostock

In der Zeit vom 08.11.2019 bis 08.11.2019 wurde die nachstehend genau bezeichnete Räumstelle (Lageplan mit Angaben der Koordinaten der Eckpunkte gemäß Anlage) von Kampfmitteln geräumt. Die Räumung erfolgte mit bestem Wissen und Können nach dem letzten gesicherten Stand der Technik.

Die Kampfmittelfreiheit wird hiermit **bescheinigt** **nicht bescheinigt.**

Freigegebene Fläche in m² 2 m²

2. Dem Eigentümer wurden folgende Hinweise gegeben:

Der Auftraggeber beabsichtigt eine Tiefenbohrung durchzuführen. Dazu wurden zwei Bohransatzpunkte mittels Oberflächensondierung mit einem Magnetometer freigemessen. Einen Primärpunkt und einen Punkt der als Ersatz dient, sollte es bei der Bohrung zu Problemen um Untergrund kommen. Je Punkt wurde 1 m² rund um den Bohrpunkt freigemessen. Die Punkte wurden mit einem Pflock auf der Fläche verortet. Munition oder Munitionsteile wurden nicht gefunden. Der Auftraggeber hat durch die beauftragten Kampfmittelräumaßnahmen seine Sorgfaltspflicht bezüglich der Absicherung von erdeingreifenden Baumaßnahmen erfüllt. Die Kampfmittelräumarbeiten wurden nach dem Stand der Technik durchgeführt. Es ist dennoch nicht völlig ausgeschlossen, dass sich Kampfmittel aus Besonderheiten, die mit dem Magnetfeld zusammenhängen, einer Detektion entziehen. Dies ist zwar äußerst selten der Fall; gleichwohl werden Sie gebeten, die Bauarbeiten mit der notwendigen Vorsicht durchzuführen. Bei Auffinden unbekannter, insbesondere kampfmittelverdächtiger Gegenstände bitten wir Sie, den zuständigen Kampfmittelräumdienst unverzüglich zu verständigen.

3. Suchmethode:

Sondierung mittels Magnetometer des Typs Sensys SBL 10
Suchstufe 3 / 30 Nt.

Luftbildauswertung lag

- vor
 nicht vor

4. Geborgene Kampfmittel

Schlüssel-Nr.	Bezeichnung	Anzahl	
1	Handwaffenmunition		Stück
2	Nahkampfmittel		Stück
3	Minen		Stück
4.1	Sprengmittel		Stück
4.2	Zündmittel		Stück
5	Granaten bis 5 cm Durchmesser		Stück
6	Granaten bis 15 cm Durchmesser		Stück
7	Granaten über 15 cm Durchmesser		Stück
8	Stabbrandbomben		Stück
9	sonstige Brandbomben		Stück
10	Sprengbomben bis 5 kg		Stück
11	Sprengbomben über 5 kg		Stück
12	Raketen		Stück
13	Zünder		Stück
14	sonstige spreng- und zündkräftige Kampfmittel		Stück
15	Waffen/ Waffenteile		Stück

5. Geborgene Kampfmittel (ohne Explosivstoff)

_____ kg

Ort: Berlin

Name: E. Müller

Name: _____

**Enrico
Müller**

Digital
unterschrieben von
Enrico Müller
Datum: 2019.11.13
16:51:51 +01'00'

Datum / Unterschrift / Firmenstempel

- Räumstellenleiter Kampfmittelräumfirma -

Datum / Unterschrift / Bereichsstempel

Auftraggeber/ Kampfmittelräumdienst



HM Kampfmittelbergung GmbH



Auftraggeber: H.S.W. Ingenieurbüro Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH
Gerhart-Hauptmann-Str. 19
18055 Rostock

Auftragnehmer: HM Kampfmittelbergung GmbH
Berliner Straße 40
13127 Berlin

Maßnahme: Berlin, Köpenicker Straße
BVG Betriebshof
Kampfmittelsondierung- und räumung

Auftragsnummer:

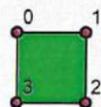
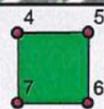
Leistungszeitraum:	08.11.2019	Verantwortliche Person:	M. Bechtloff
Koordinatensystem:	ETRS 89 UTM Zone 33	Maßstab:	1:1000
erstellt:	E. Müller	Datum:	13.11.2019
geprüft:	M. Bechtloff	Datum:	13.11.2019

Übersichtskarte

Legende

 Fläche_freigegeben

FID	x	y
0	401172,89	5809886,86
1	401173,88	5809886,86
2	401173,88	5809885,86
3	401172,89	5809885,86
4	401168,08	5809892,27
5	401169,09	5809892,28
6	401169,09	5809891,27
7	401168,09	5809891,27



Auftraggeber:
H.S.W. Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19

Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock

PLZ, Ort

Bauvorhaben

BVG Berliner Verkehrsbetriebe

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1

Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin

PLZ, Ort



angefertigt:

04.12.2019


Dipl.-Ing. (FH) Christian Möser

Geothermics Mainka

Erdwärme & Brunnenbau GmbH

Pappelhain 29

D-15378 Rüdersdorf b.Berlin/ OT Hennickendorf

Tel.: +49(0)33434-14880

Fax: +49(0)33434-148820

E-Mail: info@geothermics.de

Web: www.geothermics.de

Anlagen

- Allgemeine Informationen zur Anlage
- Schichtenverzeichnis und Ausbauzeichnung
- Verfüllprotokoll für Verpresssuspensio
- Protokoll der Spülungszusätze
- Druckprüfungsprotokoll der Sonden
- Prüfprotokoll der Gesamtanlage
- Sondenzertifikate
- Fachunternehmererklärung

Anzahl der Sonden	1	Stück
Bohrtiefe der Bohrpunkte	80	Meter
Sondenlänge	80	
Erwärmesondentyp	PE 100-RC	Gerothem
Sonden-Hersteller	HAKA-Gerodur	
DIN Bezeichnung der Sondenrohre	doppel U 32 x 3,0 mm	
Herstellerseitiger Prüfdruck der Sonde	16,00	bar
Prüfdruck vor dem Einbau	6,00	bar
Prüfdruck nach dem Einbau	6,00	bar
Prüfdruck nach dem Verpressen	6,00	bar
Dimension der Anbindeleitung	keine Anbindung, da GRT noch folgt	

Die Verbindungs- und Anbindeleitungen sind mit einer gleichmäßigen Steigung von mindestens 2% verlegt. Die Anlage ist dicht und die Rohrenden der Anbindeleitung wurden gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Schmutz sicher geschützt.

GEO THERMICS MAINKA
 ERDWÄRME & BRUNNENBAU GMBH
 Pappelhain 29, 15378 Hennickendorf
 Te.: 033434-14880 Fax: 148820


 (Auftragnehmer)

Auftraggeber
H.S.W. Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19

Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock

PLZ, Ort

Bauvorhaben

BVG Berliner Verkehrsbetriebe

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1

Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin

PLZ, Ort

Ausführungszeit: 02.12.2019 bis 04.12.2019

Bohrverfahren: Spülbohrung

Team: Haberland, Graetz-Müller,

Bohrdurchmesser / Schutzrohrdurchmesser: 160 / 178 mm

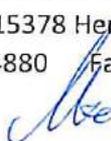
Höhe des Ansatzpunktes bezogen auf NN: 30 m

Ruhewasserspiegel bezogen auf GOK: Nicht bekannt (Spülbohrung)

Wasser angetroffen: Nicht bekannt (Spülbohrung)

Ausbau: Erdsonde 4 x 32 x 3,0 mm laut Werkszeugnis
Verpressung mit Calidutherm Öko

GEO THERMICS MAINKA
ERDWÄRME & BRUNNENBAU GMBH
Pappelhain 29, 15378 Hennickendorf
Te.: 033434-14880 Fax: 148820



	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Anlage: Bericht: AZ:
--	---	----------------------------

Bauvorhaben: **BV.: BVG Berliner Verkehrsbetriebe, Köpenicker Straße 1, 12489 Berlin**

Bohrung Bohrung für einen Resonanztest / Blatt 1	Datum: 4.12.2019
--	-------------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾		Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
5,00	a) Auffüllung						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)	i)			
8,00	a) Feinsand, Mittelsand						
	b)						
	c)	d)	e) hellbraun				
	f)	g)	h)	i)			
11,00	a) Mergel, kiesig, sandig						
	b)						
	c)	d)	e) grau				
	f)	g)	h)	i)			
20,00	a) Mittelsand, schwach kiesig						
	b)						
	c)	d)	e) grau				
	f)	g)	h)	i)			
23,00	a) Grobsand						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)	i)			
59,00	a) Mittelsand, Feinsand, stark kiesig, (in Lagen), steinig						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)	i)			

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben	Anlage: Bericht: AZ:
--	---	------------------------------------

Bauvorhaben: **BV.: BVG Berliner Verkehrsbetriebe, Köpenicker Straße 1, 12489 Berlin**

Bohrung Bohrungs für einen Resonsetest / Blatt 2	Datum: 4.12.2019
--	-------------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkungen ')		Art	Nr.	Tiefe in m Unter-kante		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ')	h) ')/ Gruppe
80,00	a) <i>Mittelsand, Feinsand, stark kiesig, steinig, BKR</i>						
	b)						
	c)		d)	e) <i>grau</i>			
	f)		g)	h)	i)		

'/) Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

Auftraggeber
H.S.W. Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19

Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock

PLZ, Ort

Bauvorhaben

BVG Berliner Verkehrsbetriebe

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1

Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin

PLZ, Ort

Beschreibung der Verfüllung:

Calidutherm Öko laut Datenblatt über Einhängerohrleitung DN 25 mittels 40 bar Verpressmaschine eingebracht, bis zum Austritt der Suspension am Bohrlochhals.

Prüfdaten

Bohrlochdurchmesser / Schutzrohrdurchmesser: 160 / 178 mm

Ermittelte Suspensionsmenge: 16,40 / 21,17 l/m

Bohrlochanzahl: 1 Stück

Bohrlochtiefe Bohrpunkt: 80 m

Suspensionsdichte gem- Herstellerangaben: 1,65 kg/l

Datum	Bohrung-Nr.	Maschinendruck	Suspensionsdichte	Trockenmenge Verpressmittel
03.12.2019	1	22 bar	1650 kg/m ³	1550 kg
Wasserverbrauch:				930 Liter
verpresstes Volumen:				1,5 m ³

GEO THERMICS MAINKA
ERDWÄRME & BRUNNENBAU GMBH
 Pappelhain 29, 15378 Hennickendorf
 Te.: 033434-14880 Fax: 148820



(Auftragnehmer)

Protokoll der Spülmittelzusätze**Projekt-Nr.: E 10985**

Auftraggeber
H.S.W. Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19

Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock

PLZ, Ort

Bauvorhaben**BVG Berliner Verkehrsbetriebe**

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1

Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin

PLZ, Ort

Typ des Spülmittelzusatzes: Stüwamix

Datum	Bohrung-Nr.	Gesamtmenge
03.12.2019	1	50 kg

Typ des Spülmittelzusatzes: Antisol

Datum	Bohrung-Nr.	Gesamtmenge
03.12.2019	1	0 kg

GEO THERMICS MAINKA
ERDWÄRME & BRUNNENBAU GMBH
Pappelhain 29, 15378 Hennickendorf
Te.: 033434-14880 Fax: 148820


(Auftragnehmer)

Auftraggeber
 H.S.W. Ingenieurbüro
 Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19
 Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock
 PLZ, Ort

Bauvorhaben
 BVG Berliner Verkehrsbetriebe

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1
 Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin
 PLZ, Ort

Beschreibung der Sonde

Erdwärmesondentyp: HAKA Gerodur
 Sondenrohre: doppel U 32 x 3,0 mm

Prüfdaten

Einbau des Druckmeßgerätes am Sondenkopf
 Prüfdruck an der Einbaustelle des Druckmeßgerätes 6,0 bar
 Zulässiger Druckabfall: 0,2 bar

Druckprüfung	Sonde 1			
Datum	13.03.2019 04.12.2019			
	Art der Prüfung	Druck	Dauer	Druckabfall
Erste Prüfung	Herstellerprüfung	werksseitig		
	nach Befüllen der Sonde	6,0 bar	60 min	0,00 bar
	nach Verpressen des Bohrloches	6,0 bar	60 min	0,00 bar

GEO THERMICS MAINKA
 ERDWÄRME & BRUNNENBAU GMBH
 Pappelhain 29, 15378 Hennickendorf
 Te.: 033434-14880 Fax: 148820



(Auftragnehmer)

Auftraggeber
H.S.W. Ingenieurbüro
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19

Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock

PLZ, Ort

Bauvorhaben

BVG Berliner Verkehrsbetriebe

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1

Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin

PLZ, Ort



GEROthern®

Erdwärmesonde/Sonde géothermique/Geothermal probe
L=100m / de 32x3.0mm /PE100-RC/ PN16/ SDR 11

Artikel/Article/Article: 
072.32100

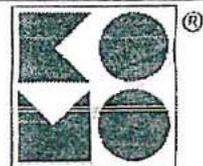
S/N: 
5032259680



Datum/Date/Date: **23/19** **0032**



Die Qualitätssicherung bestätigt ein Werkzeugegnis nach EN 10204 2.2
Das entsprechende Werkzeugegnis kann unter www.hakagerodur.ch heruntergeladen werden.
La direction de la qualité confirme un certificat d'usine d'après EN 10204 2.2
Le certificat d'usine correspondant peut être téléchargé à l'adresse www.hakagerodur.ch
The quality department confirms a product certificate according to EN 10204 2.2
The corresponding product certificate can be downloaded at www.hakagerodur.ch



CH-8717 Benken SG

www.hakagerodur.ch

Auftraggeber**H.S.W. Ingenieurbüro****Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH**

Name des Auftraggebers

Gerhardt-Hauptmann-Straße 19

Straße, Haus-Nr.:

18055 Rostock

PLZ, Ort

Bauvorhaben**BVG Berliner Verkehrsbetriebe**

Name des Bauvorhabens / Bauherrn

Köpenicker Straße 1

Adresse des Bauvorhabens

12489 Berlin

PLZ, Ort

**Geophysikalische Untersuchung der Erdwärmebohrung
 Berlin - Treptow-Köpenick - Adlershof,
 Köpenicker Straße 1 - B1/2019**

Auftraggeber: Geothermics Mainka GmbH
 Projekt: Erdwärmebohrung (BV: BVG)
 Standort: Köpenicker Straße 1
 Kreis/Stadtbezirk: Treptow-Köpenick - Adlershof
 Bundesland: Berlin

Messbezugspunkt: GCK geogr. Breite [*]: N52.43029 Teufenmaßstab
 Messbezugsp. über NN: geogr. Länge [*]: E 13.54628 1:200

Messeinsatz-Nr.	1
Messdatum	03.12.2019
Auftrags-Nr.	191615 / 13011 03
Ausführender	Herr W. Loos
Beobachter	
Messwagen/Apparatur	M47/Antares
Bohrtiefe n. Bohrm. [m]	80,0
Rohrschuh n. Bohrm. [m]	8,0
Rohrschuh n. Blm. [m]	8,2
Bohra n. Bohrm. [mm]	152
Verrohrung	

Spülung: Stüwamix
 Messbereich von [m]: 5,63
 Messbereich bis [m]: 80,13

Datum der Bearbeitung: 05.12.2019
 Bearbeiter: Dipl.-Landschaftsökologin S. Baltzer-Naaf, Dipl. Geophysik I. Willwacher
 Bericht Nr.: Anlage Nr.:

Bemerkungen:
 - Die Bestimmung der Rollig-Bindig-Schichtgrenzen erfolgte nach Bohrlochgeophysik, die Korngrößenansprache der rolligen Sedimente erfolgte in Anlehnung an das geologische Feldschichtenverzeichnis.
 - Oberhalb von 9,0 m und unterhalb von 79,3 m wurden die Angaben des Feldschichtenverzeichnisses übernommen.
 - Die Angaben der Farbe und des Kalkgehaltes wurden ebenfalls aus dem Feldschichtenverzeichnis übernommen.

Die Interpretation von Messergebnissen ist gleich, als wenn sie nur durch die Bohrlöcher selbst, sondern erfolgt nach besten Wissen und Gewissen. Da es keine Fernmessungen von Daten und keine Fernmessungen von Daten gibt, ist die Verantwortung für die Genauigkeit der Messungen bei der Bohrlöcher selbst zu suchen. Die Verantwortung für die Genauigkeit der Messungen bei der Bohrlöcher selbst zu suchen. Die Verantwortung für die Genauigkeit der Messungen bei der Bohrlöcher selbst zu suchen.

Einsatz-Nr.	Messverfahren	Typ	Sonden-		Quellen-	Mess-	Bemerkungen
			Nr.	Spacing [cm]			
1	Gamma-Ray Log	GRFEL	13			5,63 80,13 auf 4,0 5	
1	Foucault'sches Erdbeben-Log	GFPEL	13			5,63 79,28 auf 4,0 5	

Geräte- und Messdaten:

