

Erschließung des Baugebiets „Reihenzach“ in Herzogenaurach

Baugrunduntersuchung und Baugrundgutachten / Geotechnischer Bericht

Aktenzeichen: 21717

Auftraggeber: Stadt Herzogenaurach

Planung: Landschaftsplanung Klebe, Nürnberg

Pyrbaum, den 07.08.2017

Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH

Geschäftsführer:

Prof. Dr. Jörg Gründer

Dipl.-Geol., öbuv SV

Stefan Gründer

Dipl.-Geol. (TU)

Büro Pyrbaum (bei Nürnberg)

Lindelburger Straße 1
90602 Pyrbaum

Telefon 09180 / 94 04 0

Telefax 09180 / 94 04 18

info@geogruender.de

Büro München

Schusterwolfstraße 25
81241 München

Telefon 089 / 55 13 57 00

Telefax 089 / 55 13 57 01

muenchen@geogruender.de

Sparkasse Neumarkt

IBAN: DE52 760 520 80 0000 911 800
BIC: BYLADEM1NMA

Commerzbank Neumarkt

IBAN: DE40 760 800 40 0805 514 200
BIC: DRESDEFF760

HypoVereinsbank Neumarkt

IBAN: DE32 760 200 70 0022 327 917
BIC: HYVEDEMM460





INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Projekt / Veranlassung / Vorgang	1
2 Örtliche Feststellungen / Untersuchungsergebnisse	2
2.1 Allgemeines, Untersuchungen	2
2.2 Bohrung	2
2.3 Schichtenaufbau	4
2.4 Grundwasseranalyse	6
2.5 Versickerungsversuche	6
3 Geologie	8
4 Folgerungen für den Kanalbau	8
4.1 Allgemeine Empfehlungen beim Kanalbau	8
4.2 Kanalbau im Bereich des Baugebiets „Reihenzach“	14
4.3 Baugruben beim Kanal- und Leitungsbau	15
5 Folgerungen für den Straßenbau	17
5.1 Bauklassen gemäß RStO 2001 bzw. Belastungsklassen gemäß RStO 2012	17
5.2 Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus	18
5.3 Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrunds bzw. Unterbaus	21
6 Bodenkennwerte / Bodenklassen / Homogenbereiche / Verdichtbarkeitsklassen	24
7 Schlussbemerkungen	26

Aktenzeichen: 21717





Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH · Lindelburger Straße 1 · 90602 Pyrbaum

über:
Stadt Herzogenaurach Landschaftsplanung Klebe
Marktplatz 11 Glockenhofstraße 28
91074 Herzogenaurach 90478 Nürnberg

E-Mail vorab:
s.klebe@landschaftsplanung-klebe.de

Ihre Nachricht

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Pyrbaum,

21717 PSW

07.08.2017

Geotechnik
Ingenieurgeologie
Baugrundgutachten
Erd- und Grundbau
Bodenmechanik
Felsmechanik
Beweissicherungen
Felssicherungen
Hydrogeologie
Trinkwasser
Grundwasser
Lagerstätten
Altlasten
Deponietechnik
Geothermie
Fachbauleitung
Gerichtsgutachten
Schiedsgutachten

Erschließung des Baugebiets „Reihenzach“ in Herzogenaurach Baugrunduntersuchung und Baugrundgutachten / Geotechnischer Bericht

1 Projekt / Veranlassung / Vorgang

Die Stadt Herzogenaurach beabsichtigt die Erschließung des Baugebiets „Reihenzach“ in Herzogenaurach (Übersichtslageplan, **Anlage 1**).

Die Planung obliegt dem Ingenieurbüro Landschaftsplanung Klebe, Nürnberg.

Zur Abklärung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden wir mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und der Erstellung eines Baugrundgutachtens (Geotechnischer Bericht) beauftragt.

Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH
Geschäftsführer:
Prof. Dr. Jörg Gründer
Dipl.-Geol., öbuv SV
Stefan Gründer
Dipl.-Geol. (TU)

Büro Pyrbaum (bei Nürnberg)
Lindelburger Straße 1
90602 Pyrbaum
Telefon 09180 / 94 04 0
Telefax 09180 / 94 04 18
info@geogruender.de

Büro München
Schusterwolfstraße 25
81241 München
Telefon 089 / 55 13 57 00
Telefax 089 / 55 13 57 01
muenchen@geogruender.de

Sparkasse Neumarkt
IBAN: DE52 760 520 80 0000 911 800
BIC: BYLADEM1NMA

Commerzbank Neumarkt
IBAN: DE40 760 800 40 0805 514 200
BIC: DRESDEFF760

HypoVereinsbank Neumarkt
IBAN: DE32 760 200 70 0022 327 917
BIC: HYVEDEMM460



2 Örtliche Feststellungen / Untersuchungsergebnisse

2.1 Allgemeines, Untersuchungen

Im Vorfeld wurden uns per E-Mail die GPS-Koordinaten der geplanten Bohrpunkte übermittelt.

Am 07.06.2017 wurde eine Ortsbesichtigung durchgeführt, bei der die Untersuchungspunkte vor Ort festgelegt wurden.

Das vorgesehene Baugebiet befindet sich nördlich von Herzogenaurach. Es handelt sich derzeit noch um Grün- und Ackerflächen.

Zur Abklärung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden an den im Lageplan (**Anlage 2**) gekennzeichneten Stellen am 07.06.2017, 08.06.2017 und 14.07.2017 12 Bohrungen gemäß DIN 4021 (**B 1** bis **B 12**) durchgeführt.

Die Lage und die Ansatzhöhen der Untersuchungspunkte wurden mittels hochgenauem GPS eingemessen.

2.2 Bohrungen

In der nachfolgenden **Tabelle 1** sind die Bohrungen **B 1** bis **B 12** zusammengestellt.

Tabelle 1: Bohrungen B 1 bis B 12 (Schichten / Homogenbereiche von - bis in m unter GOK)

Bohrung		B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	B 9	B 10	B 11	B 12	Bodenklasse gemäß DIN 18300:2012-09
Homogen- bereich	Ansatzhöhe, mNN	320,73	322,22	324,51	322,41	320,80	319,88	321,60	321,69	321,38	321,52	319,12	317,41	-
O	Oberboden	0,0 - 0,2	0,0 - 0,4	0,0 - 0,1	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2	0,0 - 0,3	0,0 - 0,5	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3	0,0 - 0,3	1
B	Ton, weich (- steif)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3 - 1,2	0,8 - 2,2 2,6 - 3,4	4 (5)
	Sand, schluffig	-	-	-	0,2 - 0,9	1,1 - 1,8	-	0,3 - 0,8	0,5 - 1,4	-	0,3 - 0,5	-	2,2 - 2,6	4
	Ton, z. T. Ton-Sand- Gemisch, ± halbfest	0,2 - 0,8 1,4 - 2,0	0,4 - 1,5 1,9 - 3,0	0,1 - 1,1	0,9 - 2,1	0,2 - 1,1 1,8 - 3,3	0,2 - 1,7	0,8 - 2,3	1,4 - 2,5	0,3 - 0,6 Ton- Sand- Gemisch	-	1,2 - 3,0	0,3 - 0,8 3,4 - 4,0	4 (5)
X	Ton, fest	-	-	-	-	-	-	-	2,5 - 3,0	-	-	-	-	6
	Sand, (sehr) schwach schluffig	0,8 - 1,4	1,5 - 1,9	1,1 - 1,6	2,1 - 2,4	3,3 - 3,4	1,7 - 3,0	2,3 - 2,6	-	-	0,5 - 0,8	-	-	3
	Tonstein, fest (hart)	-	3,0 - 3,1 KBF	-	-	-	-	-	3,0 - 3,1 KBF	-	-	-	-	6 (mit weiterer Tiefe auch 7?)
m unter GOK	Sandstein, mürbe - mittelhart	2,0 - 2,1 KBF	-	1,6 - 1,7 KBF	2,4 - 2,5 KBF	3,4 - 3,5 KBF	3,0 - 3,1 KBF	2,6 - 2,7 KBF	-	0,6 - 0,7 KBF	0,8 - 0,9 KBF	3,0 - 3,1 KBF	Kein Wasser	-
	Wasser, m unter GOK	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	1,35	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	-
mNN	Wasser, mNN	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	320,25	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	-
	Wasser, mNN	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	320,25	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	-

KBF = Kein Bohrfortschritt

Bohrprofile

Detaillierte Angaben zu den Bohrungen können den Bohrprofilen (**Anlagen 3.1** bis **3.12**) entnommen werden.

2.3 Schichtenaufbau

Auf der **Anlage 4** sind die Bohrprofile nebeneinander in höhenmäßiger Abhängigkeit dargestellt.

Nach den Bohrergebnissen lässt sich der Baugrund im Untersuchungsgebiet in verschiedene Schichten einteilen.

Die Homogenbereiche definieren sich durch bestimmte bodenmechanische Eigenschaften und lassen sich anhand ihrer geotechnischen Kennwerte voneinander abgrenzen.

Gemäß der **Tabelle 1** können folgende Schichten unterschieden und zu Homogenbereichen gemäß DIN 18300:2015 zusammengefasst werden:

Homogenbereich O: Oberboden

An allen Ansatzpunkten wurde ein 0,1 m (**B 3**) bis 0,5 m (**B 8**) dicker Oberboden festgestellt.

Homogenbereich B: gewachsener Baugrund

In weiten Bereichen besteht das Untersuchungsgebiet aus tragfähigen Tonen. Diese sind von steifer, halbfester aber auch fester Konsistenz. Lediglich die Tone bei der Bohrung **B 11** sind bis 1,2 m und bei **B 12** bis 2,2 m sowie von 2,6 m bis 3,4 m unter GOK von weich bzw. weich bis steifer Konsistenz und nur geringer Tragfähigkeit.

Den Tonen sind in unregelmäßigen Tiefen und Schichtdicken Sande zwischengeschaltet (Mächtigkeiten zwischen 0,4 m bei **B 2** und **B 12** bis zu 1,3 m bei **B 6**). Die Sande sind in den oberflächennahen Bereichen zumeist schluffig bis stark schluffig (oft aufgelockert und daher nur bedingt tragfähig) und in den tieferen Bereichen sehr schwach schluffig bis schwach schluffig (oft mitteldicht gelagert und daher tragfähig).

Lediglich bei den Bohrungen **B 9** und **B 11** konnte bis zum Erreichen der Sandsteinoberkante bei 0,6 m bzw. 3,0 m unter GOK kein Sand festgestellt werden.

Homogenbereich X: Ton- und Sandstein

Unterlagert werden die Tone und Sande von den Sand- und Tonsteinen des Keupers.

Diese konnten ab folgenden Tiefen erbohrt werden:

- **B 1:** 2,0 m unter GOK
- **B 2:** 3,0 m unter GOK
- **B 3:** 1,6 m unter GOK
- **B 4:** 2,4 m unter GOK
- **B 5:** 3,4 m unter GOK
- **B 6:** 3,0 m unter GOK
- **B 7:** 2,6 m unter GOK
- **B 8:** 3,0 m unter GOK
- **B 9:** 0,6 m unter GOK
- **B 10:** 0,8 m unter GOK
- **B 11:** 3,0 m unter GOK.

Ab Erreichen des Sandsteinhorizonts konnte mit dem eingesetzten Rammkernbohrverfahren kein weiterer Bohrfortschritt mehr erzielt werden.

Lediglich bei der Bohrung **B 12** konnte bis zur Bohrendtiefe von 4,0 m unter GOK der Festgesteinsuntergrund nicht erbohrt werden.

Wasser

Grundwasser wurde lediglich in der Bohrung **B 7** in einer Tiefe von 1,35 m unter GOK festgestellt.

2.4 Grundwasseranalyse

Aus der Bohrung **B 7** wurde eine Wasserprobe entnommen und hinsichtlich betonangreifender Inhaltsstoffe (Betonangriffsgrad des Grundwassers) gemäß DIN 4030 untersucht.

Hierbei wurden keinerlei Stofferhöhungen festgestellt. Demnach ist die untersuchte Wasserprobe als nicht betonangreifend zu beurteilen (Prüfzeugnis, siehe **Anlage 6**).

2.5 Versickerungsversuche

Die Bohrlöcher der Bohrungen **B 1**, **B 3**, **B 5**, **B 7**, **B 11** und **B 12** wurden temporär mittels Filter- und Vollrohren sowie Filterkies zu kleinen temporären Versuchsbrunnen ausgebaut.

Darin wurde jeweils ein Versickerungsversuch nach dem USBR-Verfahren (United States Bureau for Reclamation) ausgeführt.

Die Versuchsdaten sind den Versuchsprotokollen auf den **Anlagen 5.1** bis **5.6** zu entnehmen.

Die Auswertung der Versickerungsversuche erfolgte nach ÇÉÇÈN bzw. dem USBR-Verfahren.

Es wurden folgende charakteristische Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte ermittelt:

- **B 1:** $k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
- **B 3:** $k = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
- **B 5:** $k = 8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
- **B 7:** $k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
- **B 11:** $k = 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
- **B 12:** $k = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$

Die Wasserdurchlässigkeit der Böden ist gemäß DIN 18130 als „schwach durchlässig“ zu bezeichnen.

Zum Vergleich:

Dränagefähiges Material soll einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ aufweisen.

Allgemein wird ein Material mit $k < 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ als wasserstauend beurteilt.

In der DWA-A 138 wird als Mindestanforderung für eine Versickerungsanlage ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ genannt. Der geforderte Mindest-k-Wert wird am Standort also nicht erreicht.

Des Weiteren wird im o. g. Merkblatt ein Mindestabstand der UK Versickerungsanlage zum Grundwasser von 1,0 m gefordert.

Aufgrund der vorgenannten Einschränkungen kann aus gutachterlicher Sicht der Betrieb von Versickerungsanlagen am untersuchten Standort nicht befürwortet werden.

3 Geologie

Gemäß der Geologischen Karte von Bayern M = 1 : 25 000, Blatt 6431 Herzogenaurach, besteht der geologische Untergrund im Bereich der Baumaßnahme aus dem Unteren Burgsandstein (Keuper, Trias).

Der Untere Burgsandstein besteht aus fein- bis grobkörnigen Sandsteinen sowie zuunterst aus grüngrauen Basisletten (Tonstein).

Überlagert wird der Festgesteinsuntergrund von seinen eigenen überwiegend tonigen, untergeordnet auch sandigen Verwitterungsprodukten.

4 Folgerungen für den Kanalbau

Im Kapitel 4.1 werden zunächst allgemeine Angaben zum Kanalbau - auch in einem bereits bebauten Bereich - gemacht.

Im anschließenden Kapitel 4.2 wird konkret auf die Verhältnisse im vorliegenden Untersuchungsgebiet Bezug genommen.

4.1 Allgemeine Empfehlungen beim Kanalbau

Beim Herstellen von Baugruben sind u. a. folgende Richtlinien zu beachten:

DIN 4123: Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen.

DIN 4124: Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau.

EAB: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“.

In der Nähe einer vorhandenen Bebauung gelten grundsätzlich die folgenden allgemeinen Empfehlungen. Sie sind in Abhängigkeit von den jeweiligen Baugrundverhältnissen und vom Abstand zwischen Kanalgraben und Gründungstiefe der Gebäude bzw. Bauwerke (bestehende Leitungen, Kanäle, Straße) anzuwenden.

Seitens der Planung ist zu überprüfen, inwieweit diese Empfehlungen Anwendung finden müssen.

Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Zunächst ist zu beurteilen, ob günstige oder ungünstige Baugrund- und Grundwasserverhältnisse vorliegen.

Günstige Bodenverhältnisse

Günstig ist hierbei ein bindiger Untergrund mit einer mindestens steifen Beschaffenheit sowie ein kohäsiver, sandiger und kiesiger Untergrund sowie anstehender Fels.

Ungünstige Bodenverhältnisse

Ungünstig ist ein weicher bis sehr weicher, bindiger Boden oder ein „rolliger, kohäsionsloser“ Sand und Kies. Wasser ist sehr ungünstig.

Nähe zu bestehenden Bauwerken / Verbau

Als Nächstes ist die Nähe zur Bebauung (auch Einfriedungen oder Leitungsbauwerke) zu beurteilen.

Zur Beurteilung der möglichen Gefährdung einer vorhandenen Bebauung ist im Wesentlichen die Neigung der Verbindungslinie zwischen der Fundamentunterkante und der Kanalgrabensohle maßgeblich.

Weiterhin ist bei der Beurteilung der Gefährdung der Zustand, die Konstruktion und die Größe der vorhandenen Gebäude zu berücksichtigen.

In Abhängigkeit von der Neigung der Verbindungslinie zwischen Fundamentunterkante und Kanalgrabensohle ergibt sich Folgendes:

Verbindungslinie bis zu 30° geneigt (bei ungünstigen Verhältnissen)

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass bei auch ungünstigen Verhältnissen ein herkömmlicher Kanalgrabenverbau mittels Verbauplatten genügt, wenn die Verbindungslinie zwischen Fundamentunterkante und Grabensohle unter einem Winkel bis zu 30° geneigt ist.

Verbindungslinie bis zu 45° geneigt (bei günstigen Verhältnissen)

Liegen günstige Baugrund- und Grundwasserverhältnisse vor, dann kann dieser Winkel bis zu etwa 45° gewählt werden. Der Stahlplattenverbau ist dann jedoch im sog. „Absenkverfahren“ auszuführen, und die Öffnung des Kanalgrabens ist auf kurze Abschnitte (z. B. eine Verbauplatte) zu beschränken.

Ein Gleitschienenverbau kann bei tieferen Kanalgräben das Einbringen und den Rückbau erleichtern und erschütterungsärmer gestalten.

Mit dem Erreichen der Endtiefe des Verbaus sind die Platten gegenseitig auszusteifen. Eventuelle Hohlräume zwischen Verbauplatten und der Kanalgrabenwand sind unverzüglich mit geeignetem Material (z. B. trockener Sand oder Rieselmateriale, Splitt) zu verfüllen.

**Verbindungslinie größer als 30° (bei ungünstigen Verhältnissen)
bzw. 45° (bei günstigen Verhältnissen) geneigt**

Weist die Verbindungslinie Neigungswinkel größer als 30° bei ungünstigen Böden oder größer als 45° bei günstigen Böden auf, dann ist ein starrer Verbau erforderlich, der eine Bewegung des Bodens neben dem Graben ausschließt.

Der Verbau muss zu diesem Zweck dem Aushub vorausziehen, damit keine Hohlräume zwischen der Verbauwand und dem anstehenden Boden verbleiben bzw. entstehen. Geeignet hierfür ist ein Verbau mittels Spundwänden (mit Schloss; bei Wasser), eventuell unter Einschränkung auch mittels Kanaldielen (u. a. falls kein Wasser ansteht oder dieses sicher abgesenkt wird).

Neben dem Plattenverbau (siehe oben, auch Absenkverfahren) stehen folgende Verbauarten zur Wahl:

Gleitschienenverbau

Beim Gleitschienenverbau liegen eine obere und eine untere Verbauplatte vor. Nach dem Einbringen der oberen Platte kann die untere Platte mittels senkrechter Schienen nach unten eingebaut bzw. rückgebaut werden. Besonders bei größeren Grabentiefen wird hierdurch das Einbringen und vor allen Dingen das Ziehen des Verbaus erschütterungsärmer und effizienter.

Dielenkammer-Verbau

Günstig ist auch der Einsatz von Dielenkammer-Verbau-Einheiten (DKE). Die an beiden Seiten des Grabens angeordneten Kammerelemente (Höhe: 0,75 m bis 2,0 m) bilden gleichzeitig die Führung und die obere Abstützung eines Verbaus mit Kanaldielen (ggf. auch Spundwanddielen mit Schloss).

Die Kammerelemente werden zunächst fest am Erdreich angepresst. Die Kanaldielen werden sodann in die DKE eingestellt und nachgedrückt. Unten werden sie ausgesteift oder in den Boden eingespannt. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass zwischen den Dielen kein Material ausrieselt bzw. sind Spundwanddielen mit Schloss einzusetzen oder das Wasser ist so abzusenken, dass keine Ausspülungen auftreten.

Durch das richtungstreue Einbringen und Ziehen der Spunddielen erweist sich diese Verbauart als besonders verformungsarm.

Felsiger Baugrund

Steht schwer bis nicht rammbarer Fels an, dann können vor dem Rammen in einem angewitterten oder geklüfteten Fels Entspannungsbohrungen ausgeführt werden.

Bei einem massiveren, wenig geklüfteten und standsicheren Fels ist die oberhalb der Grabensohle auf dem Fels endende Spundwand im Fußbereich zusätzlich abzusteißen.

Als weitere Alternative bietet sich bei anstehendem massivem und weniger geklüftetem Fels die Ausführung einer Trägerbohlwand (Berliner Verbau) oder die Ausführung eines herkömmlichen Holzverbaus an (DIN 4124).

Rückbau des Verbaus

Der Rückbau des Verbaus hat grundsätzlich so zu erfolgen, dass keine Auflockerungen bzw. Hohlräume zurückbleiben (u. a. lagenweise verdichtete Verfüllung, sukzessive mit dem Ziehen).

Verlorener Verbau

Beträgt der Abstand zwischen Spundwand und Gebäude weniger als 2 m, so wird empfohlen, die Spundwand als „verlorenen Verbau“ im Boden zu belassen.

Bei einem nachträglichen Ziehen der Spundwand können sich nämlich durch das Schließen der beim Ziehen entstehenden Hohlräume Setzungen am Gebäude ergeben, deren Betrag ungefähr der Dicke des Spundwandprofils entspricht.

Kein Nachbrechen im Straßenbereich

Sollte - entgegen der o. g. Voraussetzungen - auch im Straßenbereich („rollige Tragschicht“ sowie eventuelle Leitungsbauwerke) und ggf. im Bereich von Einfriedungen, Gartenmauern, Garagenzufahrten etc. ein Nachverformen verhindert werden müssen, dann ist es erforderlich, einen starren Verbau vorzusehen, der eine Bewegung des Bodens neben dem Graben ausschließt.

Der Verbau muss zu diesem Zweck dem Aushub vorausziehen, damit keine Hohlräume zwischen der Verbauwand und dem anstehenden Boden verbleiben bzw. entstehen. Geeignet hierfür ist ein Verbau mittels Spundwänden, eventuell unter Einschränkung auch mittels Kanaldielen (siehe oben).

Das Dielenkammer-Verfahren ist ebenfalls geeignet. Bei Wasserandrang ist jedoch zu berücksichtigen, dass zwischen den Dielen ein Ausspülen von Bodenmaterial nicht ausgeschlossen werden kann (dann ggf. Spundwand mit Schloss).

Arbeitsweise, Erschütterungen

Beim Einbringen ist ein Verfahren zu wählen, bei dem die Gebäude möglichst wenig gefährdet werden. So stellt - im Hinblick auf Erschütterungen und möglicher Nachsackungen der Gebäude beim Spundwandverbau - das Einpressen der Spundwanddielen die günstigste Lösung dar.

Bei einem Einrammen muss eine hochfrequente Vibrationsramme verwendet werden, deren Schwingfrequenz über der Eigenfrequenz des Gebäudes liegt. Erschütterungsmessungen während der Rammung können empfohlen werden.

In Ausnahmefällen kann Einschlagen günstiger sein als Einrammen.

4.2 Kanalbau im Bereich des Baugebiets „Reihenzach“

Die Baugrundverhältnisse wurden oben umfassend beschrieben.

Demnach sind für den Kanalbau und für die Errichtung der Schächte inhomogene, überwiegend tonige aber auch sandige Bodenverhältnisse vorhanden.

In der Verlegetiefe des Kanals von ca. 3 m - 4 m unter GOK ist mit Ausnahme der Bohrung **B 12** von mürbem bis mittelhartem Sandstein bzw. Tonstein auszugehen, der ggf. einen erhöhten Aufwand beim Lösen erforderlich macht.

Es wird davon ausgegangen, dass der Kanalbau zeitlich so erfolgt, dass zum Zeitpunkt der Kanalgrabenherstellung keine Nachbarbauwerke in der Nähe sind, die durch den Kanalgraben gefährdet werden könnten. Diese Situation ist durch die Planung nochmal im Detail zu überprüfen.

Falls wider Erwarten in die Bodenaushubgrenzen bestehender Bauwerke gemäß DIN 4123 eingeschnitten werden sollte, wird um Rücksprache gebeten, damit die dann erforderlichen Maßnahmen abgestimmt werden können.

Im unbebauten Bereich kann bei den vorhandenen Baugrundverhältnissen davon ausgegangen werden, dass ein herkömmlicher Kanalgrabenverbau (= Plattenverbau) genügt.

Alternativ ist es möglich, die Kanalgräben frei zu böschen.

4.3 Baugruben beim Kanal- und Leitungsbau

Aushub, Eignung zum Wiedereinbau

Für den überwiegend tonigen Bodenaushub gilt die Bodenklasse 4 nach DIN 18300. Die voraussichtlich nur in geringem Umfang anfallenden nichtbindigen Böden sind in die Bodenklasse 3 einzustufen.

Die anstehenden Tone können (ohne aufwendige Aufbereitungsmaßnahmen, z. B. Beifräsen von Kalk-Zement-Gemisch) nicht zum qualifizierten Wiedereinbau verwendet werden, da sie nicht entsprechend zu verdichten sind. Sie müssen an anderen Stellen eingebaut oder abgefahren werden.

Die feinteilfreien bzw. feinteilarmen Sande mit einem Feinkornanteil (Ton- / Schluff-Gehalt) $\leq 15\%$ sind zum verdichteten Wiedereinbau geeignet.

In felsigen Bereichen muss, wenn der Aushub mittels leistungsstarkem Hydraulikbagger verhindert ist, entsprechend gemeißelt werden. Der Einsatz einer Grabenfräse ist hier grundsätzlich ebenfalls möglich.

Für den Sand- bzw. Tonstein gilt voraussichtlich die Bodenklasse 6 (leicht lösbarer Fels); mit zunehmender Tiefe ggf. auch die Bodenklasse 7 (schwer lösbarer Fels).

Felsaushub fällt voraussichtlich überwiegend stückig an und ist dann nicht für den qualifizierten Wiedereinbau geeignet. Lediglich Sandstein, der beim Lösen zu Sand zerfällt und einen Feinkornanteil von maximal 15 % aufweist, kann dem Wiedereinbau zugeführt werden.

Der Materialeinbau erfolgt prinzipiell in Lagen zu maximal 0,3 m Dicke unter jeweils 5-facher Nachverdichtung. Beizufahrendes Fremdmaterial soll nichtbindig (d. h. sandig-kiesig), gut kornabgestuft und gut verdichtbar sein.

Baugrubenböschungen, Verbau

Für frei angelegte Baugrubenböschungen gelten in Abhängigkeit von den örtlich auftretenden Bodenarten die nachfolgenden maximalen Böschungsneigungen:

Ton, weich:	45°
Ton, mindestens steif:	60°
Sand, ± schwach schluffig / tonig:	45°
Sand- und Tonstein:	70° - 80°.

Beim Verbau der Kanalgrabenwände sind die weiter oben im Kapitel 4.2 gemachten Ausführungen zu berücksichtigen (herkömmlicher Plattenverbau oder frei unter 45° abböschten).

Kanalgrabensohle

Bezüglich der Gestaltung der Rohrbettung und der Auflagerung des Rohres sind die Empfehlungen der DIN EN 1610 zu beachten.

Im Bereich der Kanalgrabensohle oder auch darüber wird bereits der Felshorizont aufgefahren, d. h. es ist mit entsprechenden Erschwernissen beim Aushub zu rechnen.

In felsigen Bereichen der Aushubsohle soll ein Bodenaustausch von 0,3 m Dicke vorgenommen werden, damit sich das Kanalrohr nicht punktuell "aufhängt".

Falls örtlich vorhanden, sind gering tragfähige, aufgeweichte Bereiche aus der Grabensohle zu entfernen und gegen verdichtbares Material auszutauschen.

Zur besseren Bearbeitbarkeit der Rohrgrabensohle kann es sinnvoll sein, eine dünne kiesige Tragschicht einzubauen.

Wasserhaltung

Grundwasser wurde lediglich im Bereich der Bohrung **B 7** in einer Tiefe von 1,35 m unter GOK festgestellt. Hierbei handelt es sich aller Voraussicht nach lediglich um geringmächtiges Schichtenwasser.

Wasserhaltungsmaßnahmen, welche über eine obligatorische Tagwasserhaltung (Pumpensumpf, ggf. kiesgefüllte Drainagegräben) hinausgehen, werden daher aller Voraussicht nach nicht erforderlich.

5 Folgerungen für den Straßenbau

5.1 Bauklassen gemäß RStO 2001 bzw. Belastungsklassen gemäß RStO 2012

Die Bauklassen der RStO (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) 2001 wurden mit Einführung der RStO 2012 geändert. Die Einstufung erfolgt nun in Abhängigkeit von den äquivalenten 10-t-Achsübergängen in sog. Belastungsklassen.

Die ehemaligen Bauklassen der RStO 2001 können in etwa mit den Belastungsklassen der RStO 2012 gemäß nachfolgender **Tabelle 2** verglichen werden.

Tabelle 2: Bauklassen (RStO 2001) und Belastungsklassen (RStO 2012)

RStO 2001			RStO 2012	
Bemessungsrelevante Beanspruchung (äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.)	Bauklasse	Straßenart	Dimensionierungsrelevante Beanspruchung (äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.)	Belastungsklasse (RStO 2012)
> 32	SV	Schnellverkehrsstraße, Industriesammelstraße	> 32	Bk100
> 10 bis 32	I		> 10 bis 32	Bk32
> 3 bis 10	II	Hauptverkehrsstraße, Industriestraße, Straße im Gewerbegebiet	> 3,2 bis 10	Bk10
> 0,8 bis 3	III		> 1,8 bis 3,2	Bk3,2
> 0,3 bis 0,8	IV	Wohnsammelstraße, Fußgängerzone mit Ladeverkehr	> 1,0 bis 1,8	Bk1,8
> 0,1 bis 0,3	V		> 0,3 bis 1,0	Bk1,0
< 0,1	VI	Anliegerstraße, befahrbarer Wohnweg, Fußgängerzone	< 0,3	Bk0,3

5.2 Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Das Gebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II gemäß RStO 2012.

Das Erdplanum der Straße wird sowohl innerhalb bindiger Sande (**B 4**, **B 7** und **B 8**) als auch innerhalb der gewachsenen Tone liegen. Aufgrund des hohen Feinkornanteils gilt die Frostempfindlichkeitsklasse F 3.

Bei F 3-Böden ergibt sich die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus gemäß nachfolgender **Tabelle 3**.

Tabelle 3: Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F 3	65	60	50

Gemäß RStO 2012 ermitteln sich entsprechend der örtlichen Verhältnisse für die o. g. Schichten die in der nachfolgenden **Tabelle 4** fett hervorgehobenen Mehr- oder Minderdicken.

Tabelle 4: Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse

Örtliche Verhältnisse		A	B	C	D	E
Frosteinwirkung	Zone I	± 0 cm				
	Zone II	+ 5 cm				
	Zone III	+ 15 cm				
Kleinräumige Klimaunterschiede	Ungünstige Klimaeinflüsse, z. B. durch Nordhang oder in Kammlagen von Gebirgen		+ 5 cm			
	Keine besonderen Klimaeinflüsse		± 0 cm			
	Günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße		- 5 cm			
Wasser- verhältnisse im Untergrund	Kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum			± 0 cm		
	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum			+ 5 cm		
Lage der Gradiente	Einschnitt, Anschnitt				+ 5 cm	
	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m				± 0 cm	
	Damm > 2,0 m				- 5 cm	
Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen					± 0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen					- 5 cm

Es ergibt sich somit eine Mehrdicke von $A + B + C + D + E = 5 + 0 + 0 + 0 \pm 0 = 5 \text{ cm}$.

Die Gesamtdicke ergibt sich somit bei einem F 3-Boden für die jeweiligen Belastungsklassen wie folgt:

Bk100 bis Bk10:	65 cm + 5 cm = 70 cm
Bk3,2 bis Bk1,0:	60 cm + 5 cm = 65 cm
Bk0,3:	50 cm + 5 cm = 55 cm.

Sollte die Entwässerung der Fahrbahn und der Randbereiche konsequent über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen erfolgen, so können die o. g. Gesamtdicken des frost-sicheren Oberbaus um jeweils 5 cm reduziert werden.

5.3 Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrunds bzw. Unterbaus

Auf der OK Tragschicht ist in Abhängigkeit von der Bauweise ein Tragfähigkeitsbeiwert von mindestens $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Gemäß RStO 2012 und ZTVE-StB 09 muss im Erdplanum durch Lastplattendruckversuche gemäß DIN 18134 ein Tragfähigkeitsbeiwert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erzielt werden.

In den (stark) schluffigen Sanden und den anstehenden Tonen des Erdplanums wird es erforderlich werden, Ertüchtigungsmaßnahmen im Erdplanum vorzunehmen, um die erforderliche Tragfähigkeit ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) zu erzielen.

Mehraushub und Bodenaustausch

Falls gering tragfähige, weiche Bodenabschnitte im Erdplanum festgestellt werden, erfolgt ein Mehraushub und Bodenaustausch von etwa 0,3 m Dicke gegen verdichtungsfähiges, nichtbindiges Material, wobei die Aushubsohle 5-mal nachverdichtet werden soll.

Alternativ und bei Bedarf ergänzend:

Eindrücken von Schroppen

Für den Fall, dass wider Erwarten sehr weiche Bereiche in der Aushubsohle auftreten, wird empfohlen, eine gewisse Menge an Steinen (sog. Schroppen, Durchmesser 5 cm - 12 cm) im Leistungsverzeichnis vorzuhalten.

Diese können in die Aushubsohle so lange lagenweise eingedrückt werden, bis eine offensichtliche Standfestigkeit der Sohle erreicht ist.

Wenn die Schroppen nicht mehr eingedrückt werden können, muss auf kornabgestuftes Material umgestellt werden. Andernfalls würden in den Schroppen unzulässige Poren Hohlräume verbleiben.

Alternativ:

Einfräsen von Kalk-Zement-Mischbinder

Der Mischbinder kann vor Ort eingefräst werden. Es empfiehlt sich eine Zugabe von 2 bis 3 Gewichtsprozent. Bei einer zu bearbeitenden Tiefe von 0,3 m ergibt das eine Menge von 12 kg bis 18 kg Kalk pro m².

Anschließend wird mindestens 5-mal nachverdichtet.



Es kann davon ausgegangen werden, dass nach Durchführung einer der o. g. Maßnahmen der auf dem Planum erforderliche Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht bzw. eine dauerhaft sichere Standfestigkeit erzielt wird.

Der genaue Umfang ergibt sich erst entsprechend des Befunds beim Aushub, was in der Ausschreibung zu berücksichtigen ist.

Beim Kalkstabilisieren muss eine übermäßige Staubentwicklung weitestgehend vermieden werden.

**6 Bodenkennwerte / Bodenklassen /
Homogenbereiche / Verdichtbarkeitsklassen**

Für Berechnungs- und Dimensionierungszwecke können die Bodenkennwerte der folgenden **Tabelle 5** angesetzt werden.

Tabelle 5: Bodenkennwerte

Material		Wichte feuchter Boden	Wichte Boden unter Auftrieb	Winkel der inneren Rei- bung	Kohä- sion	Steife- modul	Boden- gruppen gemäß DIN 18196	Boden- klassen gemäß DIN 18300: 2012-09	
		γ	γ^*	ϕ	c^*	E_s	-	-	
		kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²	-	-	
Schichten / Homogenbereiche	O	Oberboden	16 - 18	6 - 8	15	0	-	OH	1
	B	Ton, weich (- steif)	18	8	22,5	1 - 5	3 - 5	TL / TM / (TA)	4 (5)
		Sand, schluffig	18 - 19	10 - 11	30	0	20	SU*	4
		Ton, z. T. Ton-Sand- Gemisch, ± halbfest	20	10	25	10	15	TL / TM / (TA)	4 (5)
		Ton, fest	21	11	27,5	20	20	TL / TM / (TA)	6
		Sand, (sehr) schwach schluffig	18 - 19	10 - 11	32,5	0	30	SE / SW / SU	3
	X	Tonstein, fest (hart)	22	12	27,5 - 30	20	30	-	6 (mit wei- terer Tie- fe auch 7?!)
		Sandstein, mürbe - mittelhart	22	12	40	50	100	-	

Bodenklassen / Homogenbereiche

Die gemäß DIN 18300:2012-09 zu erwartenden Bodenklassen können den **Tabellen 1** und **5** entnommen werden.

Nach der neuen DIN 18300:2015-08 anzugebende Homogenbereiche sind im vorliegenden Gutachten analog der in den **Tabellen 1** und **5** angegebenen Baugrundsichtung.

Verdichtbarkeitsklassen

In der nachfolgenden **Tabelle 6** sind die Verdichtbarkeitsklassen aufgelistet.

Tabelle 6: Verdichtbarkeitsklassen

Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe (DIN 18196)
V 1	nichtbindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V 2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V 3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM

7 Schlussbemerkungen

Die Untersuchungen haben ergeben, dass bis in Tiefen zwischen 0,6 m (**B 9**) und 3,4 m (**B 5**) unter GOK überwiegend Tone, z. T. aber auch Sande anstehen.

Die Tone sind mit Ausnahme der **B 11** und **B 12** durchwegs tragfähig. Die Sande weisen zumeist einen hohen Feinkornanteil auf und sind daher nur bedingt tragfähig.

Darunter folgt mürber bis mittelharter Sand- bzw. Tonstein, der ebenfalls gut tragfähig ist.

Hinsichtlich des Kanalbaus kann ein herkömmlicher Plattenverbau Anwendung finden, sofern keine benachbarten Bauwerke in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Kanalgräben können alternativ frei angelegt werden.

Für den Straßenbau soll einheitlich von einem F 3-Boden ausgegangen werden. Verbesserungsmaßnahmen im Erdplanum werden erforderlich.

Grundwasser wurde lediglich in der Bohrung **B 7** in einer Tiefe von 1,35 m unter GOK festgestellt.

Für Rückfragen im Verlauf der weiteren Planungen sowie bei Ausführung der Gründungsarbeiten, für Baugrubensohlabnahmen, Bodenklassifizierungen oder für die Durchführung bodenmechanischer Kontrollversuche (Rammsondierungen, Lastplatten-druckversuche etc.) stehen wir gerne zur Verfügung.


Philipp Swoboda
Dipl.-Geol.


Stefan Gründer
Dipl.-Geol.





VERZEICHNIS DER ANLAGEN

Anlage	Anlagengruppe
1	Übersichtslageplan (M = 1 : 25 000)
2	Lageplan (M = 1 : 2 000) mit Kennzeichnung der Bohrpunkte
3.0	Legende
3.1 - 3.12	Bohrprofile B 1 - B 12
4	Baugrundaufschlüsse nebeneinander in höhenmäßiger Abhängigkeit
5.1 - 5.6	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (k-Wert) in situ
6	Probenahme und Beurteilung betonangreifender Wässer gemäß DIN 4030

Aktenzeichen: 21717

Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH
Geschäftsführer:
Prof. Dr. Jörg Gründer
Dipl.-Geol., öbuv SV
Stefan Gründer
Dipl.-Geol. (TU)

Büro Pyrbaum (bei Nürnberg)
Lindelburger Straße 1
90602 Pyrbaum
Telefon 09180 / 94 04 0
Telefax 09180 / 94 04 18
info@geogruender.de

Büro München
Schusterwolfstraße 25
81241 München
Telefon 089 / 55 13 57 00
Telefax 089 / 55 13 57 01
muenchen@geogruender.de

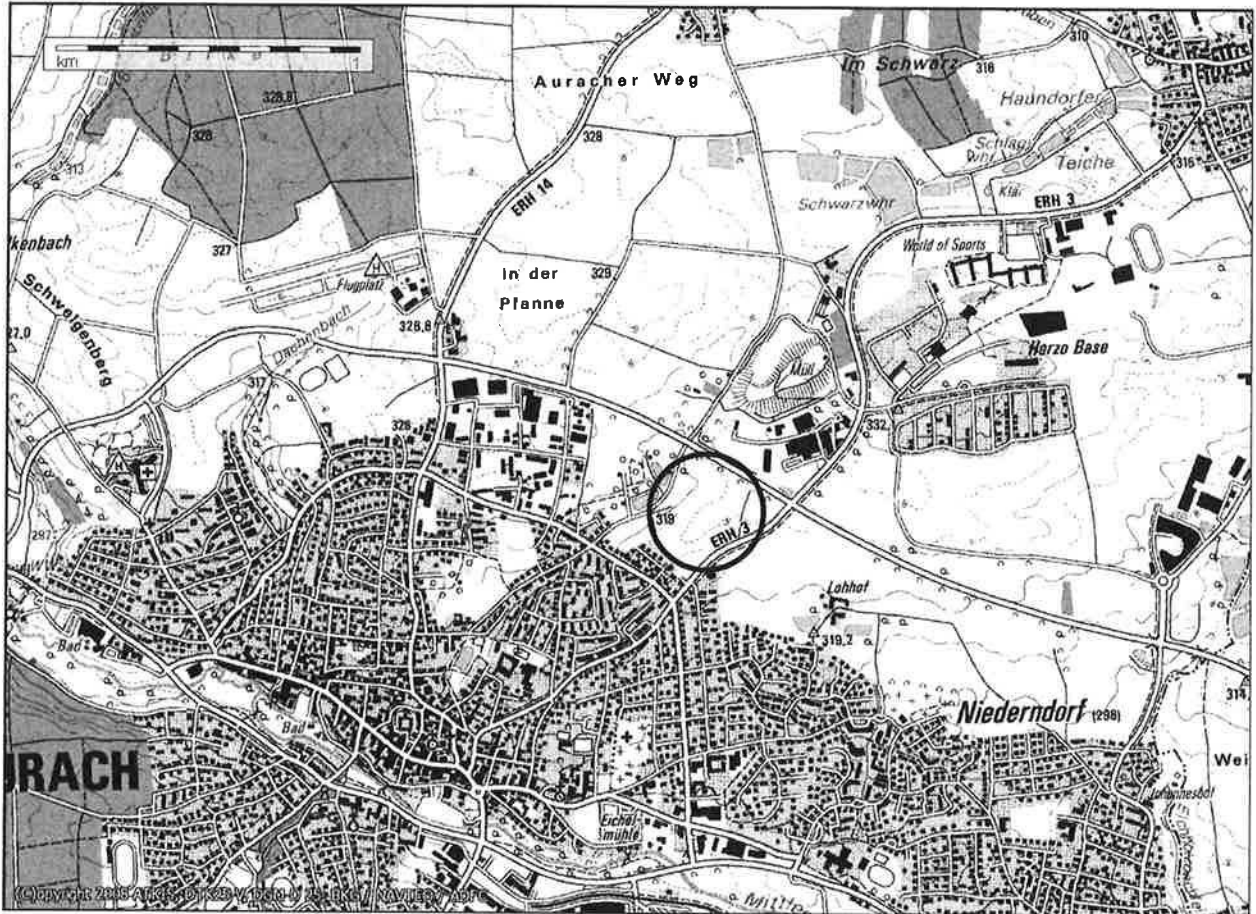
Sparkasse Neumarkt
IBAN: DE52 760 520 80 0000 911 800
BIC: BYLADEM1NMA

Commerzbank Neumarkt
IBAN: DE40 760 800 40 0805 514 200
BIC: DRESDEFF760

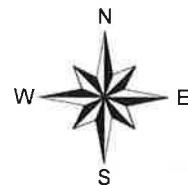
HypoVereinsbank Neumarkt
IBAN: DE32 760 200 70 0022 327 917
BIC: HYVEDEMM460



Projekt: **Erschließung des Baugebiets "Reihenzach" in Herzogenaurach**



Lage des Projekts



Projekt: Erschließung des Baugebiets "Reihenzach"
in Herzogenaurach

Datum: 27.07.2017

Bearbeiter: P. Swoboda

Gezeichnet: P. Swoboda

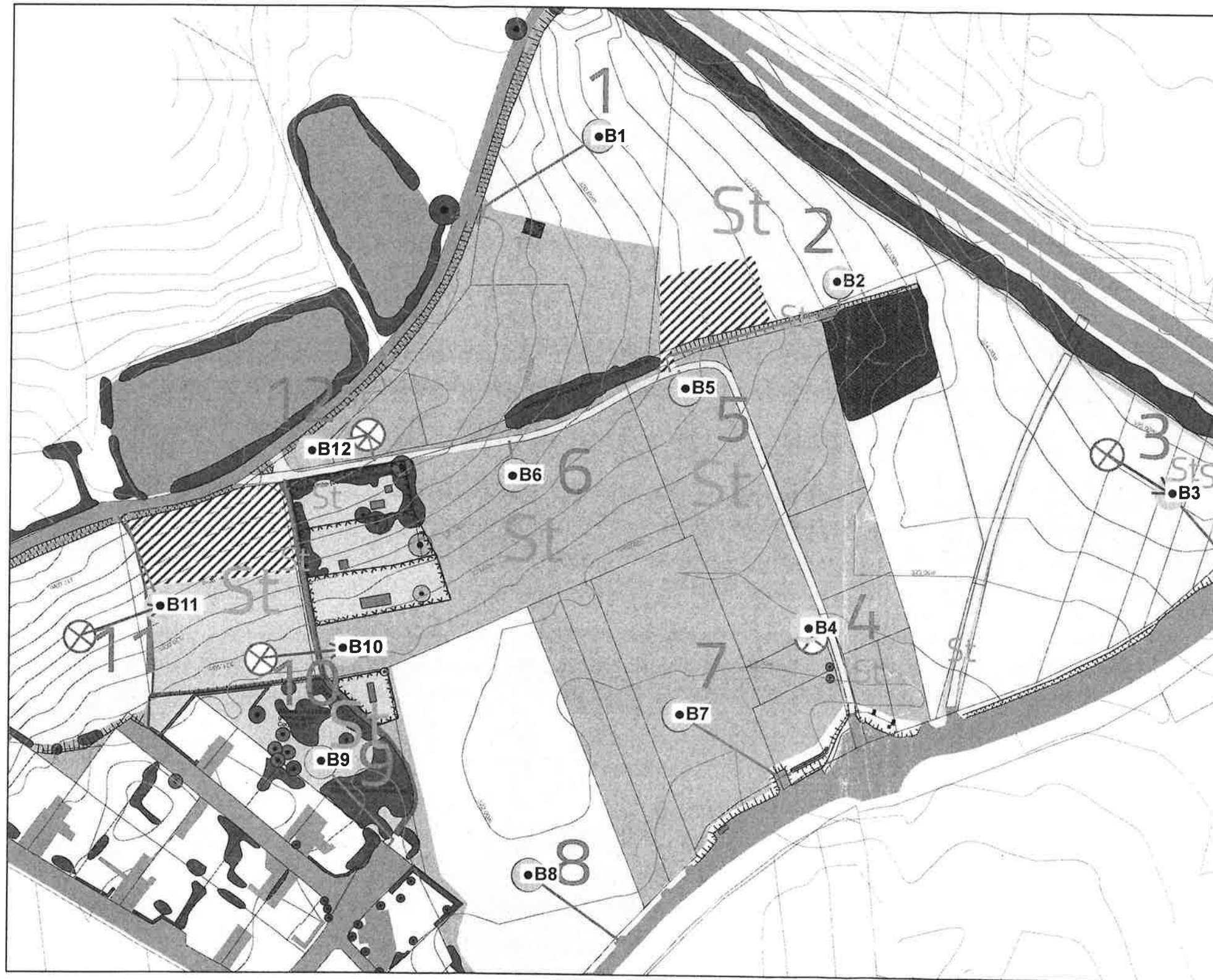
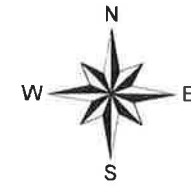
Lageplan
mit Kennzeichnung
der Bohrpunkte

M = 1 : 2 000

Az.: 21717

Anlage: 2

● B Bohrung



Legende

klüftig		Ton (T)
fest		Schluff (U)
halbfest - fest		Feinsand (fS)
halbfest		Mittelsand (mS)
steif - halbfest		Grobsand (gS)
steif		Feinkies (fG)
weich - steif		Mittelkies (mG)
weich		Grobkies (gG)
breiig - weich		Steine (fX)
breiig		Auffüllung (A)
naß		Sandstein (^s)
		Tonstein (Tst)
		Kalkstein (Kst)
		Dolomitstein (Dst)

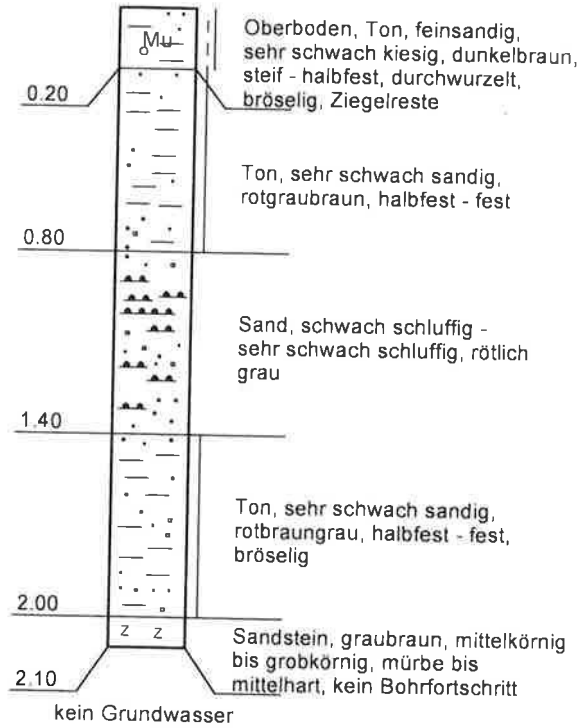
Bohrung B 1

M: 1 : 25

Az.:
21717

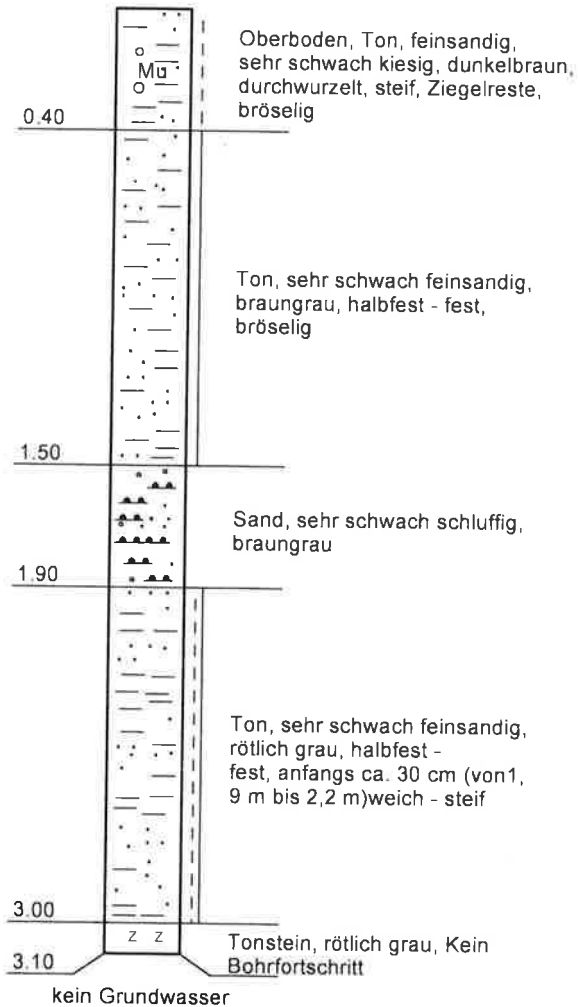
B 1

Ansatzhöhe +320,73 mNN



B 2

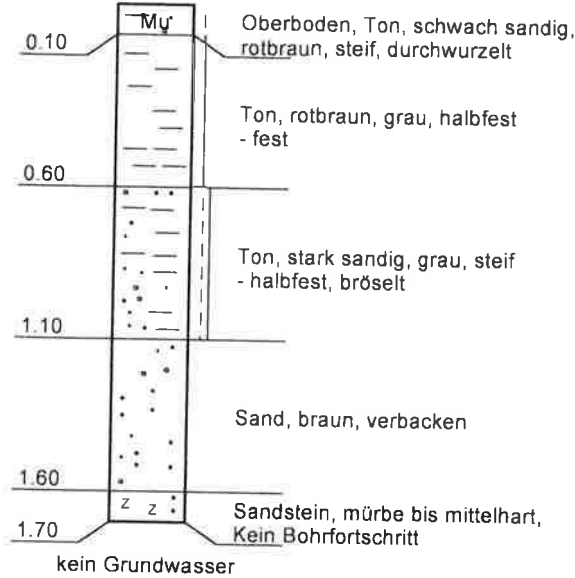
Ansatzhöhe +322,22 mNN



Geotechnik Prof. Dr. Gründer GmbH 90602 Pyrbaum Tel. (09180) 9404-0	Erschließung des Baugebiets "Reihenzach" in Herzogenaurach		Anlage Nr.: 3.3
	Bohrung B 3	M: 1 : 25	Az.: 21717

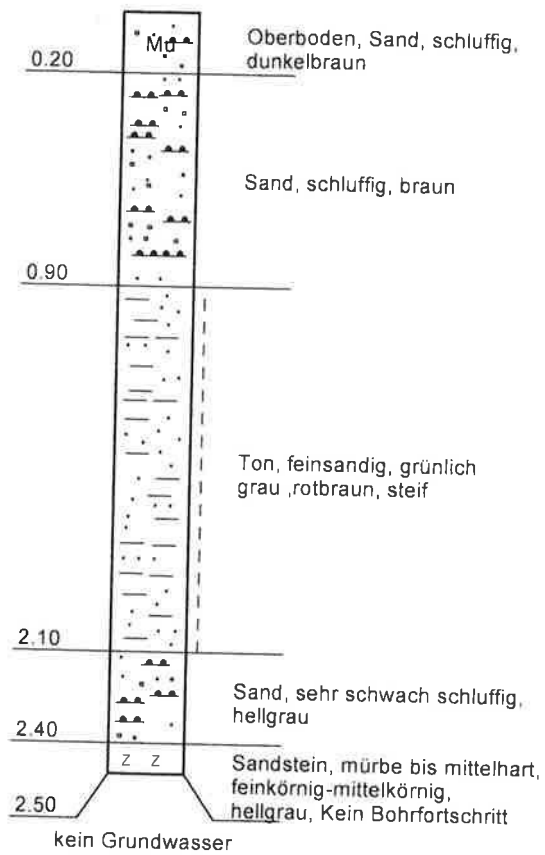
B 3

Ansatzhöhe +324,51 mNN



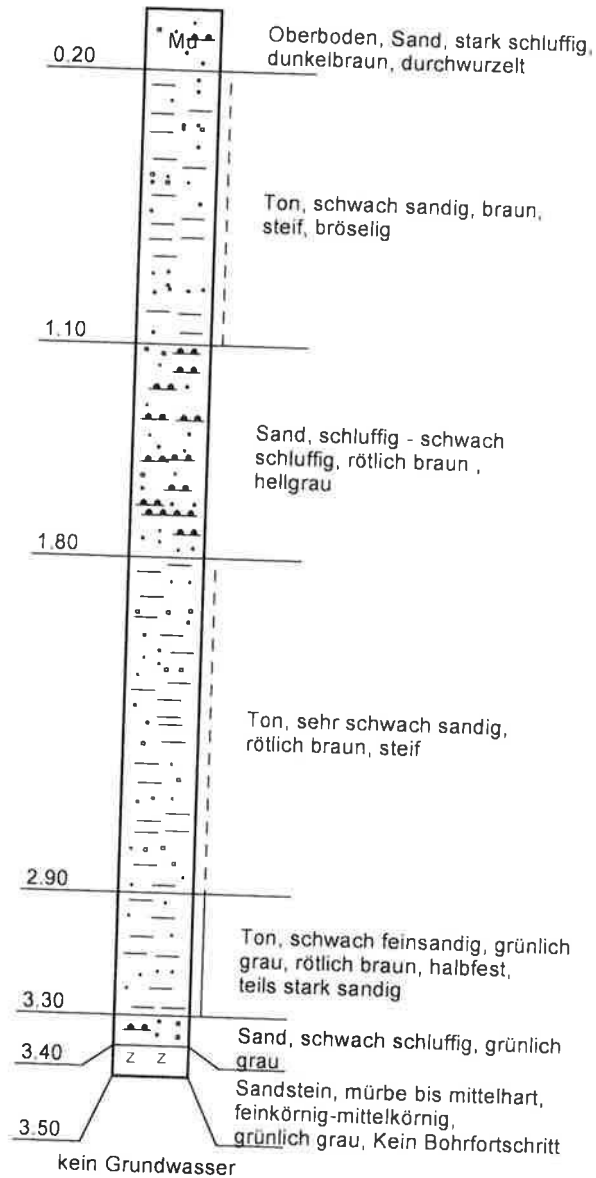
B 4

Ansatzhöhe +322,41 mNN



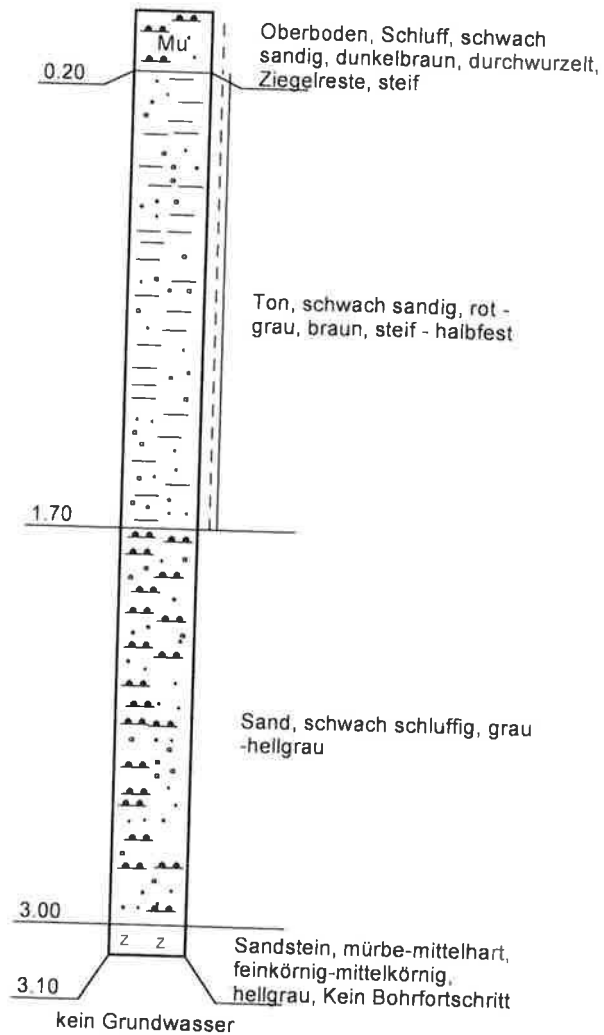
B 5

Ansatzhöhe +320,80 mNN



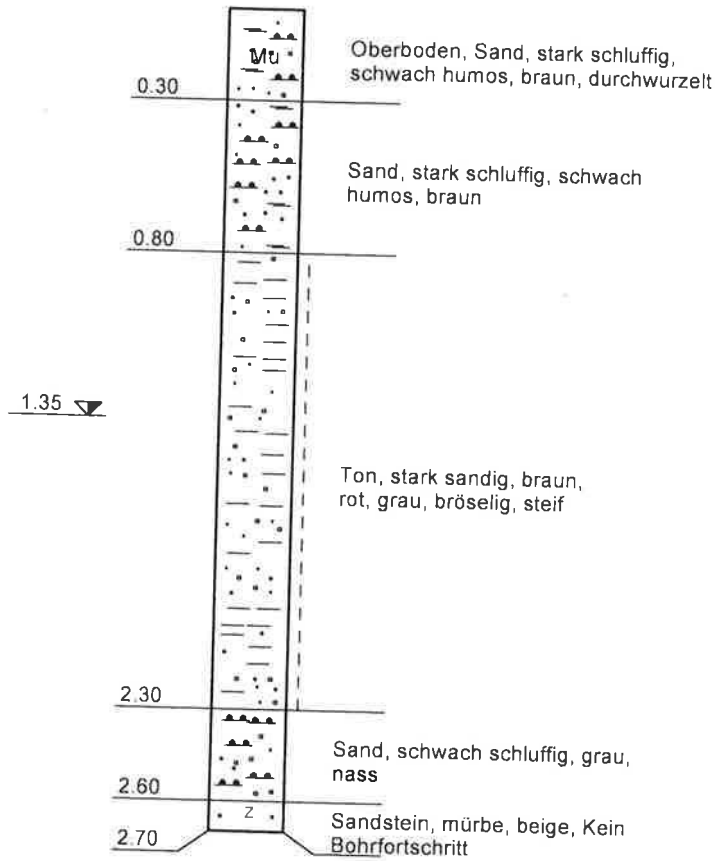
B 6

Ansatzhöhe +319,88 mNN



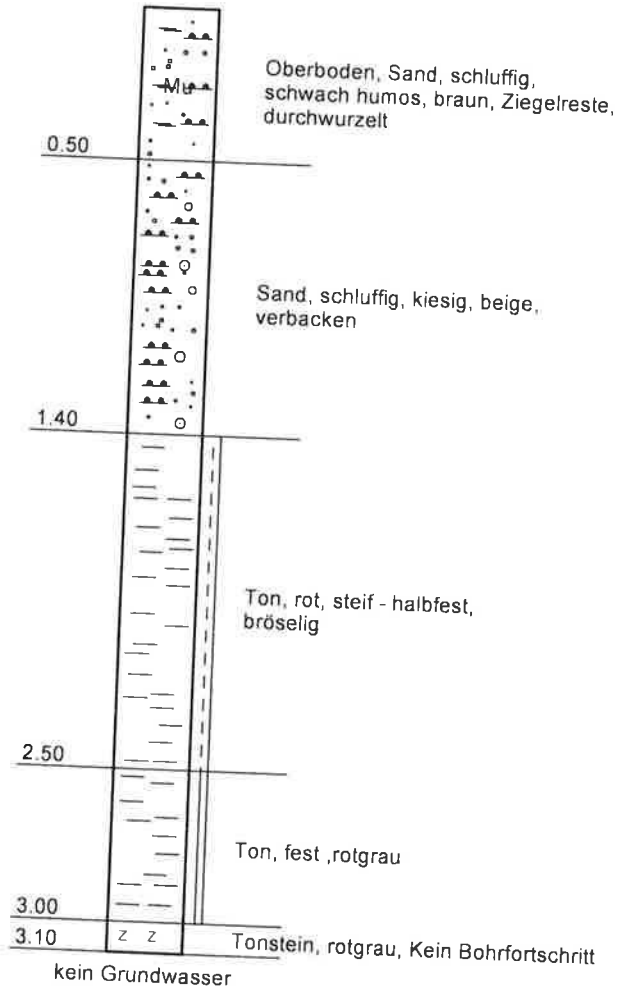
B 7

Ansatzhöhe +321,60 mNN



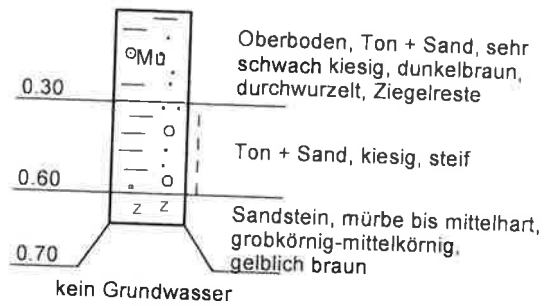
B 8

Ansatzhöhe +321,69 mNN



B 9

Ansatzhöhe +321,38 mNN



Geotechnik
Prof. Dr. Gründer GmbH
90602 Pyrbaum
Tel. (09180) 9404-0

Erschließung des Baugebiets "Reihenzach"
in Herzogenaurach

Anlage Nr.:
3.10

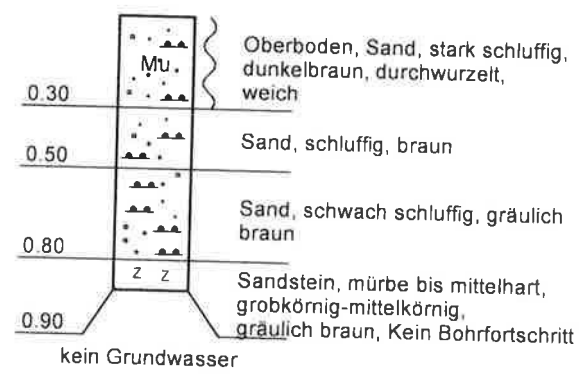
Bohrung B 10

M: 1 : 25

Az.:
21717

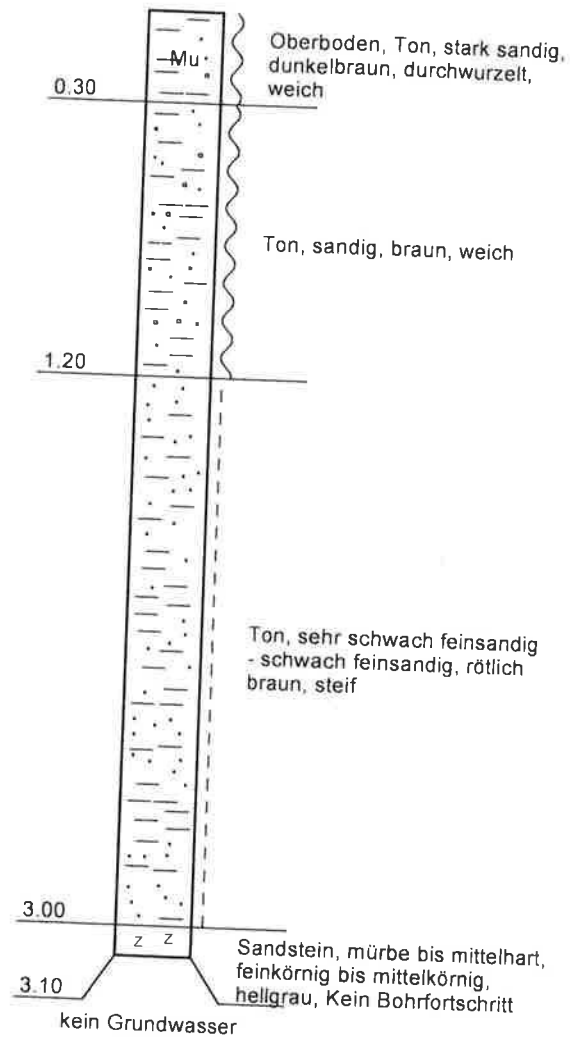
B 10

Ansatzhöhe +321,52 mNN



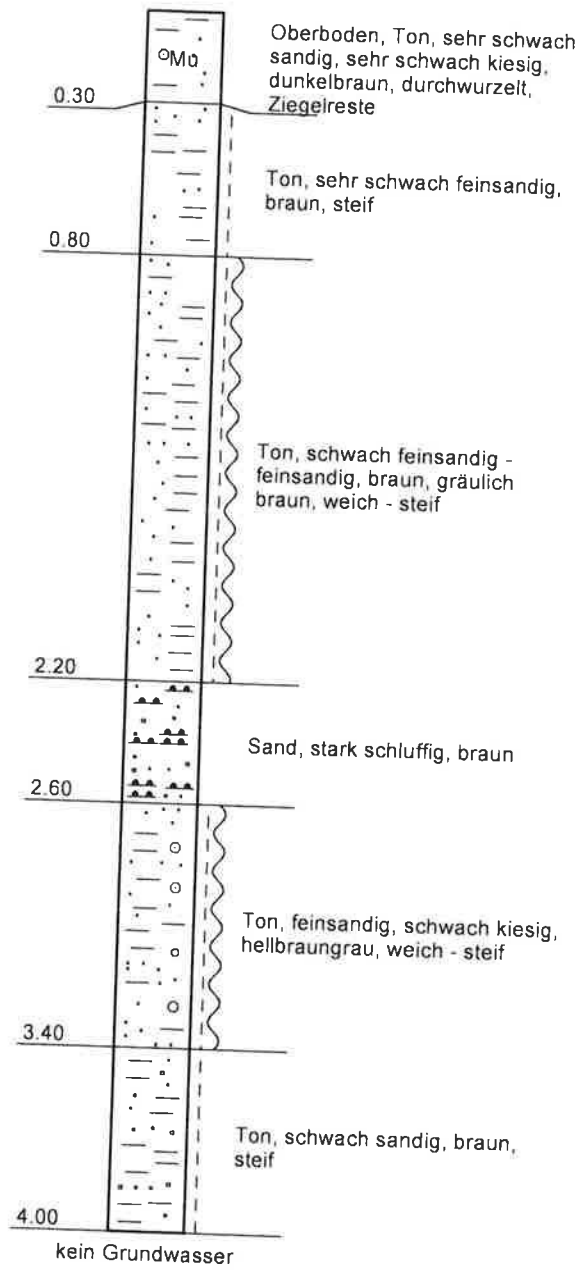
B 11

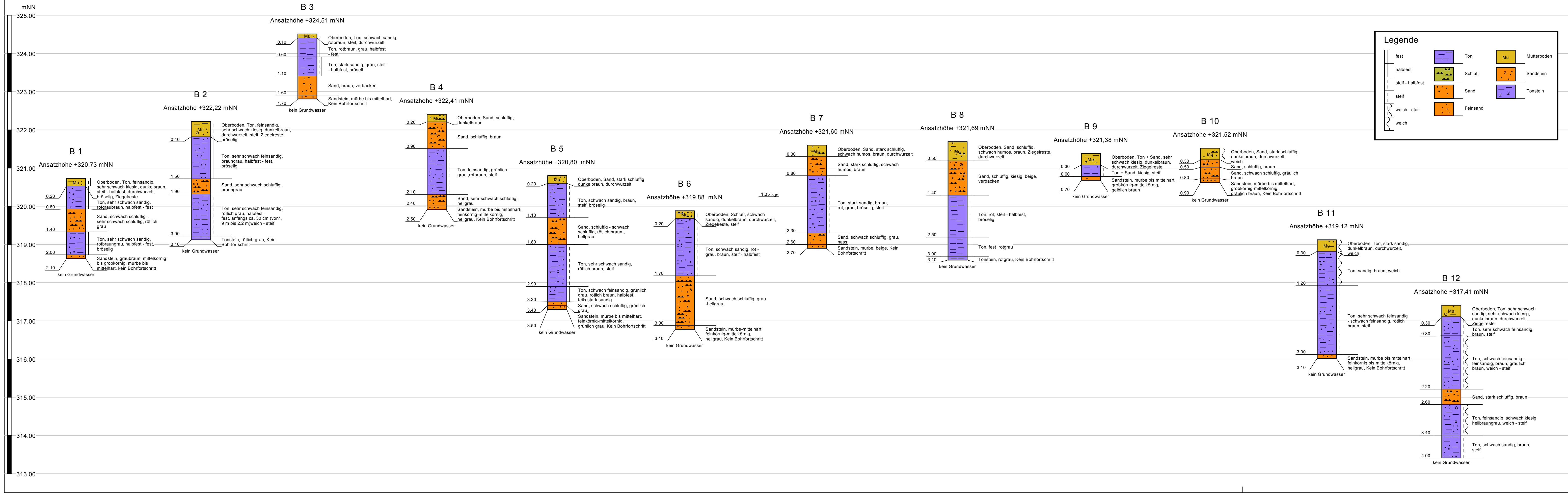
Ansatzhöhe +319,12 mNN



B 12

Ansatzhöhe +317,41 mNN





**Bestimmung des
 Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (k-Wert)
 in situ**

Verfahren: Sickerversuch in situ, Auswertung nach ÇEÇEN

Projekt: Erschließung des Baugebiets "Reihenzach" in Herzogenaurach

Bearbeiter: Philipp Swoboda **POK über GOK:** 0,50 m

Bohrung: B 3 **Bohrtiefe:** 1,70 m

Versuch: 1 von 1 **Bohrlochdurchmesser:** 0,06 m

Versuchsdaten:

Δt	h_1	h_2	k
40	1,70	1,60	1,14E-05
50	1,60	1,50	9,68E-06
100	1,50	1,40	5,17E-06
240	1,40	1,30	2,31E-06
600	1,30	1,20	1,00E-06
290	1,20	1,15	1,10E-06
770	1,15	1,10	4,33E-07
863	1,10	1,05	4,04E-07
1223	1,05	1,00	2,99E-07
2056	1,00	0,95	1,87E-07
2296	0,95	0,90	1,77E-07
2286	0,90	0,85	1,87E-07
890	0,85	0,80	5,11E-07
1083	0,80	0,75	4,47E-07
1131	0,75	0,70	4,57E-07
1053	0,70	0,65	5,28E-07
3196	0,65	0,55	3,91E-07

Δt = Meßzeitspanne [s]

h_1 = Wasserstand über Sohle Versuchsbeginn [m]

h_2 = Wasserstand über Sohle Versuchsende [m]

k = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

Charakteristischer k-Wert:

k = **4E-07** m/s

**Bestimmung des
 Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (k-Wert)
 in situ**

Verfahren: Sickerversuch in situ, Auswertung nach ÇEÇEN

Projekt: Erschließung des Baugebiets "Reihenzach" in Herzogenaurach

Bearbeiter: Philipp Swoboda **POK über GOK:** 0,22 m

Bohrung: B 5 **Bohrtiefe:** 3,50 m

Versuch: 1 von 1 **Bohrlochdurchmesser:** 0,06 m

Versuchsdaten:

Δt	h_1	h_2	k
25	3,42	3,32	8,90E-06
40	3,32	3,22	5,73E-06
80	3,22	3,12	2,96E-06
151	3,12	3,02	1,62E-06
308	3,02	2,92	8,20E-07
569	2,92	2,82	4,59E-07
331	2,82	2,72	8,18E-07
292	2,72	2,62	9,62E-07
358	2,62	2,52	8,15E-07
327	2,52	2,42	9,29E-07
279	2,42	2,36	6,75E-07

Δt = Meßzeitspanne [s]
 h_1 = Wasserstand über Sohle Versuchsbeginn [m]
 h_2 = Wasserstand über Sohle Versuchsende [m]
 k = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

Charakteristischer k-Wert:

k = **8E-07** m/s

Geotechnik
 Prof. Dr. Gründer GmbH
 90602 Pyrbaum
 Telefon (09180) 9404-0

**Bestimmung des
 Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (k-Wert)
 in situ**

Anlage: 5.4
 Az.: 21717

Verfahren: Sickerversuch in situ, Auswertung nach USBR (zylinderförmig)

Projekt: Erschließung des Baugebiets "Reihenzach" in Herzogenaurach

Bearbeiter: Philipp Swoboda **POK über GOK:** 0,43 m

Bohrtiefe: 2,70 m

Bohrung: B 7 **Bohrloch-Ø (innen):** 0,06 m

mit Grundwasser **Bohrloch-Ø (außen):** 0,06 m

Versuch: 1 von 1 **Grundwasser (unter GOK):** 1,35 m

Versuchsdaten:

Δt	h_1	h_2	k
73	2,63	2,58	4,21E-07
100	2,58	2,53	3,25E-07
167	2,53	2,48	2,06E-07
262	2,48	2,43	1,39E-07
534	2,43	2,38	7,28E-08
759	2,38	2,33	5,46E-08
457	2,33	2,28	9,71E-08
318	2,28	2,23	1,50E-07

Δt = Meßzeitspanne [s]

h_1 = Wasserstand über Sohle Versuchsbeginn [m]

h_2 = Wasserstand über Sohle Versuchsende [m]

k = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

Charakteristischer k-Wert:

k = **2E-07** m/s

