

Büro für Bodengutachten - Dr. Ralf Hettich

- Baugrunduntersuchungen
- Schadensmanagement
- Sanierungen
- Altlasten
- Bodenlaborarbeiten
- Regenwasserversickerung

Stadt Rheinau

Bauamt

z.Hd. Herrn Roland Mündel

Rheinstraße 46

77866 Rheinau

Erschließungsgebiet „Bosch Areal“,**Freistett****Geotechnische Untersuchungen**

Datum: 27. Januar 2017

Verteiler: 1 x Stadt Rheinau Bauamt als pdf-Datei

Am Birkenweiher 22	Bankverbindung
77839 Lichtenau	Volksbank eG Schwarzwald Baar Hegau
Telefon: 07227/9958050	IBAN: DE55694900000033030304
Mobil: 0176/70001055	BIC: GENODE61VS1
Mail: ralfhettich@mac.com	Web: www.ralfhettich.de

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung	4
2. Lage des Baugebietes und durchgeführte Untersuchungen.....	5
3. Geplante Baumaßnahmen	6
3.1 Entwässerung /Kanalisation	6
3.2 Straßenoberbau.....	6
3.3 Wohnbebauung	6
3.4 Niederschlagsversickerung	7
4. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse.....	7
4.1 Baugrund	7
4.1.1 Schicht 1: Oberboden	7
4.1.2 Schicht 2: Schluffe	7
4.1.3 Schicht 3: Sande	8
4.1.4 Schicht 4: Kiese.....	9
4.2 Grundwasser	9
4.2.1 Statistische Datenauswertung.....	9
4.2.2 Durchlässigkeitsbeiwert	11
4.2.3 Betonaggressivität	11
4.3 Geotechnische Empfehlungen.....	11
5. Klassifizierung und bodenmechanische Kennwerte	12
6. Erdbeben	13
7. Bodendurchlässigkeit und Niederschlagsversickerung	14
8. Baugelände und vorgesehene Baumaßnahmen	15
8.1 Rohraufleger	15
8.2 Schachtbauwerke	18
8.3 Verkehrsflächen	18
8.4 Wohnbebauung	21
8.4.1 Bebauung ohne Keller	21
8.4.2 Bebauung mit Unterkellerung	22
8.5 Bauwerkabdichtungen.....	22
8.6 Befahrbarkeit des Planums.....	23
8.7 Herstellen der Baugruben	24
8.8 Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials.....	24
9. Allgemeines	25

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Lageplan, ohne Maßstab

Anlage 2: Bohrprofile der Rammkernbohrungen RKB 1 – RKB 7

Anlage 3: Profilschnitte A – A; B – B

Anlage 4: Ergebnisse der Laborversuche (Kornverteilung)

1. Veranlassung

Die Stadt Freistadt plant die Erschließung des Neubaugebietes „Bosch Areal“ am südöstlichen Stadtrand.

Unser Büro wurde vom Bauamt der Stadt Rheinau in Person von Herrn Mündel mit den geotechnischen Untersuchungen beauftragt.

Im Einzelnen waren über folgende Aspekte geotechnische Aussagen zu treffen:

- die Erstellung von Abwasser- und Regenwasserkanalisation;
- die Schachtbauwerke;
- der Straßenunterbau;
- die Wohnbebauung;
- die Versickerungsfähigkeit des Bodens.



Bild 1: Erschließungsgebiet „Bosch Areal“ – östlicher Bereich

2. Lage des Baugebietes und durchgeführte Untersuchungen

Das Neubaugebiet liegt am südöstlichen Ortsrand der Stadt Freistett. Im nördlich, südlichen und westlichen Bereich wird das Baugebiet von der bestehenden Bebauung und im Osten durch das Ackerland begrenzt.

Derzeit wird das Gebiet landwirtschaftlich genutzt. Das Gelände liegt zwischen 130,7 mNN im Osten und 132,6 m+NN im Westen und besitzt somit eine Neigung in Richtung Nordosten.

Zur Erkundung des Baugrundes und der Grundwasserverhältnisse wurden insgesamt 7 Rammkernbohrungen DN 80/60/50 (RKB 1 – RKB 7) bis in eine max. Tiefe von 5,0 m unter GOK niedergebracht.

Die Bohransatzpunkte wurden nach ihrer Lage und Höhe eingemessen.

Die in den Bohrungen aufgeschlossenen Bodenschichten wurden bodenmechanisch nach DIN beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen sind dem vorliegenden Bericht in Form von Bohrprofilen beigelegt.

Dem Bohrgut wurden Bodenproben entnommen und bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen (Kornverteilung).

3. Geplante Baumaßnahmen

Im Planungsgebiet sind Verlegungen von Versorgungs- und Entsorgungsleitungen sowie der Ausbau des Straßennetzes vorgesehen. Bei der Wohnbebauung sind ein- und zweigeschossigen Einfamilienhäuser (EFH) geplant.

3.1 Entwässerung /Kanalisation

Für die Schmutzwasser- und Regenwasserkanalisation sind geplante Verläufe und Verlegungstiefen nicht bekannt. Auch die Tiefen der Schachtsohlen der Schmutz- und Regenwasserkanäle liegen noch nicht fest.

Daher wurde für die Vorplanung für die Regenwasserkanal, DN 300-700 mit Sohlstiefen von 0,6/0,7 m unter derzeitiger GOK, d.h. bei ca. 131,0 m+NN angenommen.

Für den Schmutzwasserkanal, DN 300 werden Sohlstiefen von ca. 2,0 m unter GOK bzw. bezogen auf NN bei ca. 130,0 m+NN angenommen.

3.2 Straßenoberbau

Die geplanten Zufahrtstraßen sollen im Norden und Süden des Untersuchungsgebietes sowie im Westen an die bestehende Straßen angeschlossen werden (s. Anlage 1).

Die Oberkante der geplanten Fahrbahn soll nach Angaben der Planer ungefähr auf der derzeitigen Geländeoberkante zu liegen kommen.

Im Rahmen der Baumaßnahme würde nach RSTO für die Straßen eine Bauweise mit Asphaltdecke der Belastungsklassen Bk1,0/1,8 angenommen.

Für die PKW-Parkplätze wurde in Anlehnung an die RSTO eine Bauweise mit Pflasterdecke der Belastungsklasse Bk0,3 vorgesehen.

3.3 Wohnbebauung

Im Baugebiet ist eine ein- und mehrgeschossige Bebauung geplant. Allerdings liegt eine genaue Art der künftigen Wohnbebauung noch nicht fest.

Daher würde für die nicht unterkellerten Häuser mit einer Gründungstiefe von ca. 0,8 m unter GOK; für die unterkellerten mit ca. 2,5 m unter GOK gerechnet.

3.4 Niederschlagsversickerung

Für die das geplante Bebauungsgebiet ist Niederschlagsversickerung geplant. Versickerungsflächen bzw. Mulden sind noch nicht ausgewiesen.

4. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Das Baufenster liegt im Oberrheingraben im Bereich der Rheinaue. Durch die fluviatil bedingte Hochflutfazies stehen in diesem Bereich vor allem Auensedimente an, die von Sanden und Kiesen unterlagert werden.

4.1 Baugrund

Aufgrund der durchgeführten Aufschlüsse kann der Untergrund im Bereich des geplanten Neubaugebietes wie folgt beschrieben werden:

- Oberboden
- Schluffe
- Sande
- Kiese

4.1.1 Schicht 1: Oberboden

In allen Bohrungen wurden ab GOK braune sandige, tonige Schluffe mit organischen Beimengungen und steifer Konsistenz angetroffen.

Die Unterkante der Schicht 1 liegt relativ einheitlich bei ca. 0,3 m unter GOK.

Die Oberbodenschicht gehört nach:

- DIN 18 196 zur Bodengruppe OU;
- DIN 18 300 zur Bodenklasse 1;
- ZTVE 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3.

4.1.2 Schicht 2: Schluffe

Unter der Oberbodenschicht wurden braune, sandige, schwach kiesige Schluffe der Schicht 2 in schwankender Mächtigkeit angetroffen.

Die Sande der Schicht wurden in allen Bohrungen außer RKB 6 erbohrt.

Die Schluffe der Schicht 2 wurden in den Bohrungen:

- RKB 1 bis ca. 0,5 m unter GOK, bzw. die UK liegt bei 131,7 m+NN;
 - RKB 2 bis ca. 1,5 m unter GOK bzw. die UK liegt bei 130,1 m+NN;
 - RKB 3 bis ca. 1,5 m unter GOK bzw. die UK liegt bei 129,2 m+NN;
 - RKB 4 bis ca. 1,1 m unter GOK bzw. die UK liegt bei 130,0 m+NN;
 - RKB 5 bis ca. 0,9 m unter GOK bzw. die UK liegt bei 130,8 m+NN;
 - RKB 7 bis ca. 0,7 m unter GOK bzw. die UK liegt bei 130,7 m+NN
- angetroffen.

In der RKB 6 wurden die Schluffe dieser Schicht nicht festgestellt.

Die Mächtigkeit der Schluffschicht ist nicht durchgehend konstant und schwankt zwischen 0,2 m und 1,2. Die Schluffe weisen durchgehend steife Konsistenz auf und sind nach:

- DIN 18 196 der Bodengruppe UL;
- DIN 18 300 der Bodenklasse 4;
- ZTVE 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3

zuzuordnen.

4.1.3 Schicht 3: Sande

Unter der Schicht 2 schließen sich Sande (SE/SW) der Schicht 3 an. In der Bohrung RKB 7 wurden Sande nur innerhalb der Schicht 4 als Linse angetroffen.

Die Unterkante dieser Schicht liegt überwiegend bei ca. 2,0/2,5 m unter GOK; in den Bohrungen RKB 1 und RKB 3 senkt bis ca. 3,1/3,7 m unter GOK. Dabei schwankt die Mächtigkeit dieser Schicht zwischen 0,9 m und 3,2 m.

In die Schicht 3 sind mehrere stark sandigen Kieslagen eingelagert.

Die Sande weisen – dem Bohrfortschritt entsprechend – eine lockere bis mitteldichte Lagerung auf und sind nach:

- DIN 18 196 sind die Sande den Bodengruppen SE/SW;
- DIN 18 300 zur Bodenklasse 3;
- ZTVE 09 zur Frostempfindlichkeitsklassen F1

zuzuordnen.

4.1.4 Schicht 4: Kiese

Die Kiese der Schicht 4 wurden in allen Bohrungen angetroffen, dabei handelt es sich hier um sandige Fein- bis Mittelkiese, die bis zur Endtiefe der Bohrungen von 5,0 m unter GOK reichen.

Die Ablagerungen der Schicht 4 weisen – entsprechend dem Bohrfortschritt – eine durchgehend dichte Lagerung auf und sind nach:

- DIN 18 196 der Bodengruppen GW;
- DIN 18 300 zur Bodenklasse 3;
- ZTVE 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F1

zuzuordnen.

4.2 Grundwasser

Das Grundwasser wurde in den Bohrungen bei ca. 4,5 m (RKB 1) unter GOK angetroffen, was bezogen auf NN ca. 127,7 m+NN entspricht. Eine genaue Messung des Grundwasserspiegels war wegen nicht ausreichender Standfestigkeit der Bohrungen nicht möglich.

Die Errichtung von einer geplanten 2"-Grundwassermessstelle konnte wegen der sehr dichten Lagerung der Kiesschicht nicht ausgeführt werden.

4.2.1 Statistische Datenauswertung

Im nordwestlichen Bereich des Baufensters wurde eine 5" Messstelle vorgefunden, die für die Erkundung der Grundwasserverhältnisse herangezogen wurde. Die Messstelle (GWM 1) wurde nach ihrer Höhe eingemessen. Am 12.01.2017 lag der Grundwasserspiegel bei 127,04 m+NN.

Zur Abschätzung der Grundwasserspiegelschwankungen im Bereich des Untersuchungsgebietes wurden zwei amtliche Grundwassermessstellen: 61/113-0 und 2267113-7 herangezogen.

Die GWM 61/113-0 befindet sich ca. 2.000 m nordwestlich und die GWM 226/113-7 ca. 2000 m südöstlich des Baufensters (s. Abb. 1).

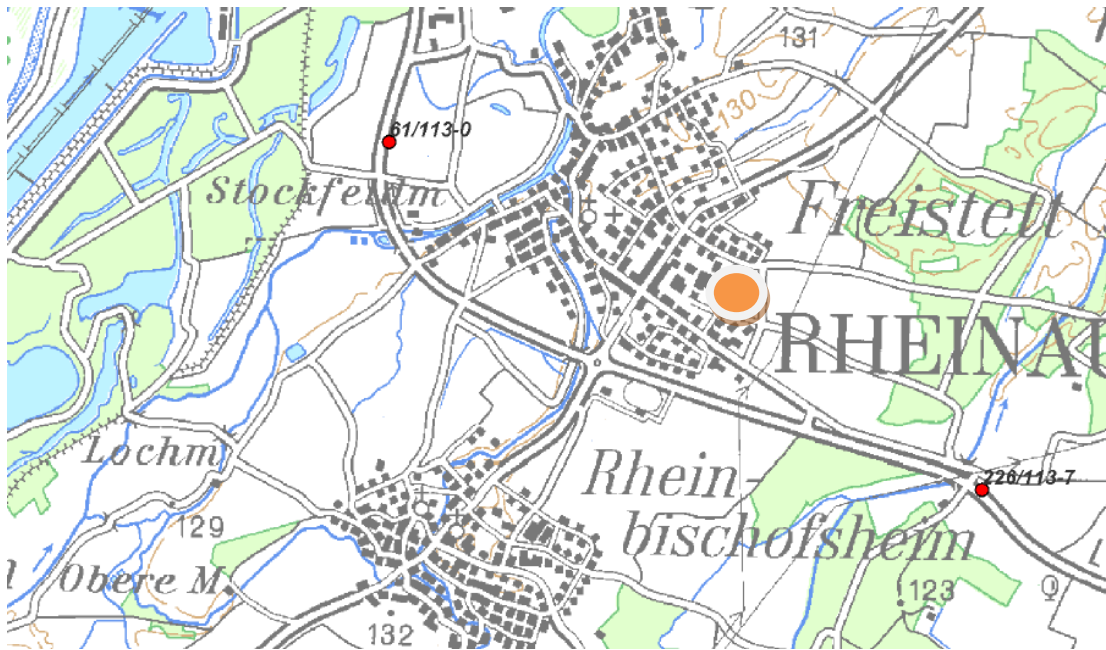


Abb. 1: Amtliche Geomessdaten,



Baugebiet

In der GWM 61/113-0 lag:

- der niedrigste Grundwasserstand (NGW) bei 125,68 m+NN (04.01.1999),
- der mittlere Grundwasserstand (MGW) bei 126,35 m+NN,
- der höchste Grundwasserstand (HGW) bei 127,11 m+NN (17.05.1999).

Damit liegt die Schwankungsbreite in der GWM 61/113-0 bei ca. 1,4 m.

In der GWM 226/113-7 lag:

- der niedrigste Grundwasserstand (NGW) bei 128,42 m+NN (08.08.1994),
- der mittlere Grundwasserstand (MGW) bei 129,86 m+NN,
- der höchste Grundwasserstand (HGW) bei 131,11 m+NN (03.06.2013).

Damit liegt die Schwankungsbreite in der GWM 226/113-7 bei ca. 2,7 m.

Nach der Interpolation der Grundwassergleichen kann, bezogen auf das Neubaugebiet, das HGW aus den amtlichen Grundwassermessstellen bedingt ermittelt werden. Danach wäre mit einem HGW von ca. 129,1 m+NN zu rechnen.

Im Bereich des geplanten Erschließungsgebietes wäre mit einem Bemessungswasserstand von rd. 129,4 m+NN (HGW + 0,3 m Sicherheitszuschlag) zu rechnen.

Anmerkung: Es kann in Erwägung gezogen werden, die im Bereich des Bebauungsgebiets befindliche 5"-Messstelle (GWM 1) für eine langzeitige

Beobachtung der Grundwasserschwankungen heranzuziehen. Dafür wäre es sinnvoll in die Messstelle eine Messsonde mit einem Data-Logger einzubauen.

4.2.2 Durchlässigkeitsbeiwert

Nach der Hydrogeologischen Kartierung Rastatt besitzen die anstehenden Kiese der Niederterrasse einen mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$.

4.2.3 Betonaggressivität

Nach unseren Erfahrungen ist das Grundwasser nicht betonaggressiv, jedoch wäre es als sinnvoll zu betrachten eine chemische Analyse einer Grundwasserprobe nach DIN 4030 durchzuführen.

4.3 Geotechnische Empfehlungen

Die Oberbodenschicht ist für die Abtragung der Bauwerkslasten grundsätzlich nicht geeignet. Vor der der Aufschüttung des Geländes sollen die organische Schluffe der Schicht 1 abgeschoben und ersetzt werden.

Die Schluffe der Schicht 2 besitzen eine steife Konsistenz und können als bedingt tragfähig eingestuft werden. Bei Abtragung der Punkt- und Linienlasten wäre die schwankende Mächtigkeit dieser Schicht zu berücksichtigen. Daher wäre bei der Gründung der Bauwerke in die Schicht 2 eine Bodenplattengründung vorzuziehen.

Die Sande der Schicht 3 können als tragfähig eingestuft werden, und sind für die Abtragung von Bauwerklasten geeignet.

Die Ablagerungen der Schicht 4 bilden eine einheitliche und durchgehende Schicht. Die Kiese sind in allgemein als gut tragfähiger Baugrund zu bezeichnen und für die Abtragung von Lasten geeignet.

5. Klassifizierung und bodenmechanische Kennwerte

Die Ansprache der Böden erfolgte nach DIN 18196; die der Bodenklassen nach DIN 18300. Die Klassifikation der Frostepfindlichkeit der Bodenarten wurde nach ZTVE-STB 09 vorgenommen.

Die einzelnen Bodenschichten können gemäß nachfolgender Tabelle 1 klassifiziert werden, wobei zugehörige mittlere Bodenkenngrößen in Tabelle 2 angegeben sind.

Tab. 1: Geotechnische Klassifizierung des Baugrundes

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300	Konsistenz/ Lagerungsdichte	Frostepfindlich- keit ZTVE 09	Verdichtbarkeits- klasse ZTVE 09
1 - Oberboden	OU	4	steif	F3	
2 - Schluffe	UL	4	steif	F3	V3
3 - Sande	SW/SE	3	locker	F1	V1
4 - Kiese	GW	3	dicht	F1	V1

Anmerkung: Klassifikation nach Frostepfindlichkeit: F1 – nicht frostepfindlich, F2 – gering bis mittel frostepfindlich, F3 – sehr frostepfindlich

Tab. 2: Charakteristische Bodenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen

Bodenart	Durchlässigkeit k_f [m/s]	Wichte,erdfeucht γ [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
1 - Oberboden	-				
2 - Schluffe	$1,6 \times 10^{-6}$	20	27,5	-	25
3 - Sande	$7,5 \times 10^{-5}$	20	30,0	-	30
4 - Kiese	$4,2 \times 10^{-3}$	21	35	-	100

6. Erdbeben

Für eine erdbebengerechte Projektierung von Bauwerken richtet sich die Beurteilung nach der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (ehem. DIN 4149: 2005-04).

Für das Baugelände können folgende Zuordnungen vorgenommen werden.

Tab. 3: Ausgewählte Parameter zur Bemessung der Erdbebensicherheit

ERDBEBENZONE	1
UNTERGRUNDKLASSE	S
BAUGRUNDKLASSE	C

7. Bodendurchlässigkeit und Niederschlagsversickerung

Zur Beurteilung der Möglichkeiten für eine Regenwasserversickerung wurden die angetroffenen Untergrundverhältnisse in Bereiche von unterschiedlicher Durchlässigkeit unterteilt.

Schluffe der Schicht 2: stark sandige Schluffe der Bodengruppe UL. Nach Literaturangaben können diese einen Durchlässigkeitsbeiwert von $n \times 10^{-5}$ bis $n \times 10^{-6}$ m/s (schwach durchlässig) aufweisen.

Sande der Schicht 3: sandige, kiesige Sande der Bodengruppen SW/SE. Nach Literaturangaben können die Sande der Schicht 3 einen Durchlässigkeitsbeiwert von $n \times 10^{-3}$ bis $n \times 10^{-5}$ m/s (durchlässig) aufweisen.

Kiese der Schicht 4: Sandige Fein- bis Mittelkiese der Bodengruppe GW. Nach Literaturangaben können die Kiese der Bodengruppe GW einen Durchlässigkeitsbeiwert von $n \times 10^{-2}$ bis $n \times 10^{-3}$ m/s (stark durchlässig) aufweisen.

Anmerkung: Für die Versickerung von Niederschlägen eignen sich i.d.R. Böden mit Durchlässigkeiten zwischen $n \times 10^{-3}$ m/s und $n \times 10^{-6}$ m/s.

Je geringer die Durchlässigkeit eines Bodens ist, umso größer ist der Flächenbedarf für die Versickerung bzw. umso mehr Speicherraum muss zur Verfügung gestellt werden.

Grundsätzlich sollte die Aufstauhöhe in einer Mulde so gewählt werden, dass eine Entleerung innerhalb von max. 48 h gewährleistet ist, das sonst die Gefahr der Verschlickung und Verdichtung herrscht.

Der Abstand zum mittleren höchsten Grundwassersstand sollte mindestens 1,0 m betragen.

Die Schluffe der Schicht 2 sind allgemein als schwach durchlässig anzusprechen. Damit sind die Versickerungsmöglichkeiten über die oberflächennahen bindigen Deckschichten als ungünstig einzustufen.

Die Sande der Schicht 3 und die Kiese der Schicht 4 sind als stark durchlässig bis durchlässig einzustufen und wären damit für eine Versickerung geeignet.

Der Flurabstand des Grundwasserspiegels würde im Untersuchungsgebiet zum Zeitpunkt der Untersuchungen je nach topographischer Höhenlage ca. 4,0 bis 4,5 m betragen.

Der Grundwasserhochstand kann im Untersuchungsgebiet bei ca. 129,1 m+NN angenommen werden. Daher sind die angetroffenen Grundwasserverhältnisse bei der Planung der Niederschlags-versickerung zu berücksichtigen.

Im Hinblick auf eine Dimensionierung zu planender Versickerungsanlagen ist die tatsächliche Versickerungsleistung der bindigen Deckschichten noch über ausstehende Versickerungsversuche zu ermitteln. Diese werden in Kürze durchgeführt.

8. Baugelände und vorgesehene Baumaßnahmen

8.1 Rohraufleger

Bei der Verlegung von Rohrleitungen müssen die Rohre gleichmäßig mit der ganzen Rohrlänge aufliegen. Der Boden muss im Bereich der oberen Bettungsschicht mindestens die gleiche Dichte aufweisen wie im Bereich unter dem Rohr.

Nach den Forderungen der DIN EN 1610 sind (s. Abb. 2):

- Bettung Typ 1: Tiefer ausgehobene Grabensohle, Rohrverlegung auf ein einzubringendes Auflager (untere Bettungsschicht);
- Bettung Typ 2: Rohrverlegung direkt auf die vorgeformte und vorbereitete Grabensohle (gewachsener Boden);
- Bettung Typ 3: Rohrverlegung direkt auf die Grabensohle (gewachsener Boden) möglich.

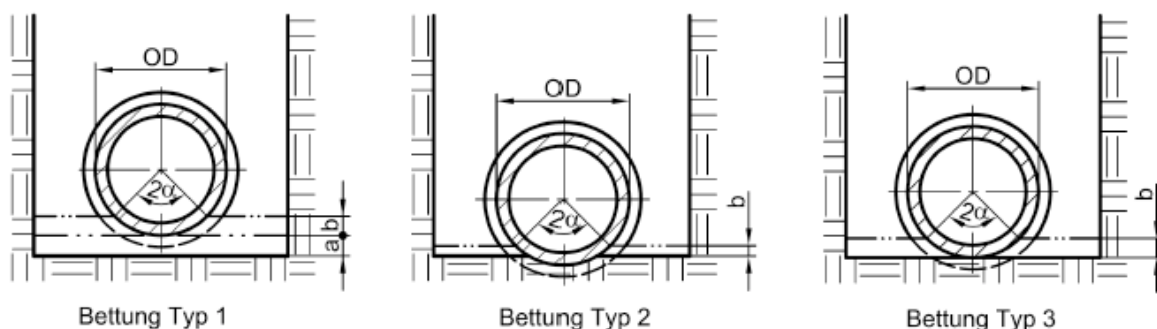


Abb. 2: Rohrbettungen nach DIN EN 1610, Ziffer 7.2

Nach den Bohraufschlüssen würden die Kanalsohlen in den Schluffen der Schicht 2 oder Sanden der Schicht 3 liegen.

Eine unmittelbare Rohrbettung nach Bettung Typ 2 und Typ 3 kann nach DIN EN 1610 bei gleichmäßigen, relativ feinkörnigen, nichtbindigen Böden aus Sand bis Mittelkies und bei bindigen Böden mit gleichmäßiger Tragfähigkeit erfolgen.

Dabei können die Rohre nach der Nachverdichtung der aufgelockerten Grabensohle unmittelbar auf den anstehenden Boden aufgelegt werden. Es ist zu empfehlen, zahnlose Baggerlöffel einzusetzen.

Im Untersuchungsgebiet, in den nichtbindigen Bodenschichten (SE, SW und GW) können die Rohrleitungen mit Rohraufleger auf die anstehenden Böden aufgelegt werden, so dass die Bettung nach DIN 1610, Typ 2 und Typ 3 ausgeführt werden kann.

Gemäß DIN 1610 sind Rohrgräben während dem Rohreinbau und dem Verdichten wasserfrei zu halten. Die Sohle des Grabens ist vor Aufweichung zu schützen.

Zum Schutz der Sohle gegen Aufweichung ist im Bereich der bindigen Böden das Belassen einer Schutzschicht zu empfehlen, die erst kurz vor Rohreinbau entfernt werden soll. Sollten im Grabensohlenbereich Schluffe mit weicher Konsistenz angetroffen werden, sind diese für ein stabiles Rohraufleger nicht ausreichend.

Daher ist in diesem Fall eine Stabilisierung der Grabensohle durch einen Bodenaustausch nach DWA-A 139 mit geeignetem Material in einer Mächtigkeit von mind. 30 cm erforderlich.

Die Gründungs- bzw. Stabilisierungsschicht ist mit einem geeigneten Geotextil (Anforderungen nach ZTVE09) zu ummanteln und zu verdichten.

Im Bereich des Rohrauflegers sollten die Baustoffe nach DIN 1610 bei Rohrdurchmessern bis DN 200 keine Bestandteile enthalten, die größer als 22 mm sind.

Bei Rohrdurchmessern DN 200 bis DN 600 sollen die Bestandteile nicht größer als 40 mm sein.

Die Mindestabdeckungen über den Rohrleitungen sind entsprechend DIN 1610 einzuhalten, d.h. die Dicke der Abdeckung ist mit 150 mm über dem Rohrschaft bzw. 100 mm über der Rohrverbindung festgelegt.

Eine mechanische Verdichtung darf im Bereich der Leitungszone bis 1,0 m Schichtdicke über Rohrscheitel nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen.

Besondere Belastungen während des Bauzustands, z.B. Befahren der überschütteten Rohrleitungen bei kleiner Überdeckung mit schweren Baugeräten und Fahrzeugen sowie Lagerung von Bodenaushub über der Leitung, sind unzulässig.

Nach ZTVE 09 muss die Verfüllung von Leitungsgräben einen nachgewiesenen Verdichtungsgrad von mind. $D_{Pr} = 97\%$ erreichen. Die Breite der Bettung muss mit der Grabenbreite übereinstimmen.

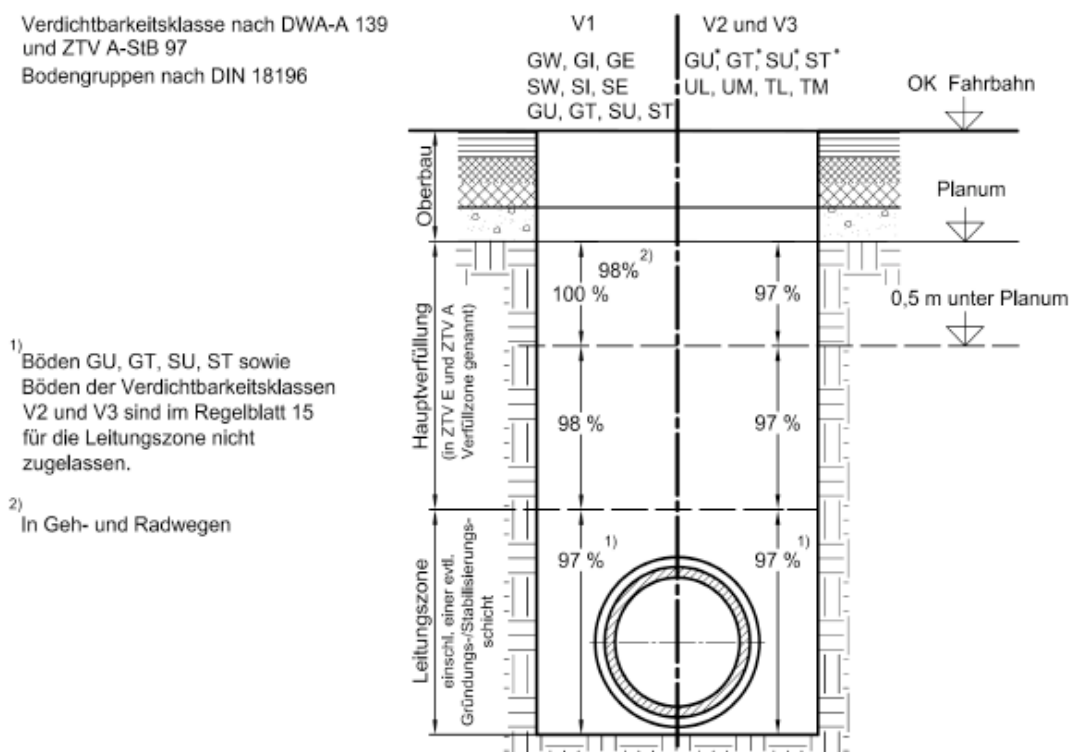


Abb. 3: Geforderte Lagerungsdichten nach ZTVE-StB 09

8.2 Schachtbauwerke

Bei einer Lage der Gründungssohle der Schachtbauwerke in den als gering tragfähig einzustufenden Schluffen der Schicht 2, sind diese im Bereich der Gründungssohlen durch einen Bodenaustausch mit einer tragfähigen Aufschüttung aus frostsicherem, durchlässigem und wasserfestem Material mit einer Dicke von $\geq 0,5$ m zu ersetzen.

Bei den Schachtbauwerken ist für ein gleichmäßiges Auflager und eine ausreichende Verdichtung des Verfüllmaterials unter dem auskragenden Schachtteil zu achten. Generell ist die Gründungssohle intensiv zu verdichten.

8.3 Verkehrsflächen

Die geplanten Straßen des Untersuchungsgebietes sollen an die bestehenden Straßen anschließen.

Straßen sind in allgemein auf dem Untergrund zu gründen, welcher die Anforderungen nach ZTVE 09 der Verdichtbarkeit erfüllt. Des Weiteren ist die Frostsicherheit nach ZTVE und RStO zu gewährleisten.

Nach den Richtlinien für die „Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen“ (RStO) ist die Verkehrsfläche bei PKW-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil gemäß Tabelle 4 (RStO) der Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk1,8 zuzuordnen.

Nach der RStO ist für eine ständig genutzte Straße eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenoberbaues abhängig vom Boden und von der Belastungsklasse erforderlich. Bei Böden der Frostsicherheitsklasse F2/F3 sind nach Tabelle 4 folgende Mindestdicken des frostsicheren Straßenaufbaues (Belastungsklasse Bk0,3/Bk1,0/Bk1,8) zugrunde zu legen.

Tab. 4: Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk0,3	Bk1,0	Bk1,8
F2	40	50	50
F3	50	60	60

Anmerkung: Mehr- oder Minderdicken infolge der örtlichen Verhältnisse sind nach RStO, Tabelle 7, zu berücksichtigen.

Demnach sind im Fahrbahnbereich bzw. PKW-Parkplätzen die bindigen Schichten (Mutterboden, Schluffe) bis in eine Tiefe von ca. 0,5/0,6 m unter OK-Fahrbahn/-befestigte Fläche durch verdichtbares, frostsicheres und gut abgestuftes Material zu ersetzen. Hierzu sind Böden der Bodengruppen GW, GI und GE geeignet.

Die erforderliche Aufschüttung ist nach RStO z.B. für Bauweisen mit Asphaltdecke (Fahrbahn) für die Belastungsklasse Bk1,0 und Bk1,8 wie folgt aufzubauen.

Tab. 5: Asphaltdecke auf Frostschutzschicht

Schicht	Bk1,0		Bk1,8	
	Dicke [cm]	Verdichtung E_{v2} [MN/m ²]	Dicke [cm]	Verdichtung E_{v2} [MN/m ²]
Planum F2/F3		≥45	-	≥45
Frostschutzschicht	47	120	45	120
Asphalttragschicht	14	-	16	-
Asphaltdecke	4	-	4	

Die erforderliche Aufschüttung ist nach RStO z.B. für Bauweisen mit Pflasterdecke (PKW-Parkplätze) für die Belastungsklasse Bk0,3 wie folgt aufzubauen.

Tab. 6: Pflasterdecke auf Frostschutzschicht

Schicht	Bk0,3	
	Dicke [cm]	Verdichtung E_{v2} [MN/m ²]
Planum F2/F3		≥45
Frostschutzschicht	38	100
Schottertragschicht	15	120
Sandbett	4	-
Pflasterdecke	8	-

Der Untergrund bzw. Unterbau für die Fahrbahn muss ausreichend dicht gelagert und tragfähig sein. Nach RStO ist auf dem Planum bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau (Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3) ein Verformungsmodul von mind. $E_{v2} \geq 45$ MN/m² zu erreichen.

Ist der erforderliche Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² auf dem witterungsempfindlichen Planum durch Verdichten nicht dauerhaft erreichbar, ist der Untergrund zu verbessern bzw. zu verfestigen oder die Dicke der ungebundenen Tragschicht ist zu vergrößern.

Die zu erreichenden Verformungsmoduln auf dem Planum und der Frostschutz- bzw. Tragschicht sind mittels Lastplattendruck-versuchen nach DIN 18 134 nachzuweisen.

Nach ZTVE-StB wäre dabei unter Annahme eines erreichten Verformungsmoduls von $E_{v2} = 10/20$ MN/m² auf den Schluffen der Schicht 2 ein zusätzlicher Bodenaustausch mit Frostschutzmaterial in einer Stärke von 20 cm bis 40 cm erforderlich, um auf dem Planum den geforderten Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² nachweisen zu können (Abb. 4).

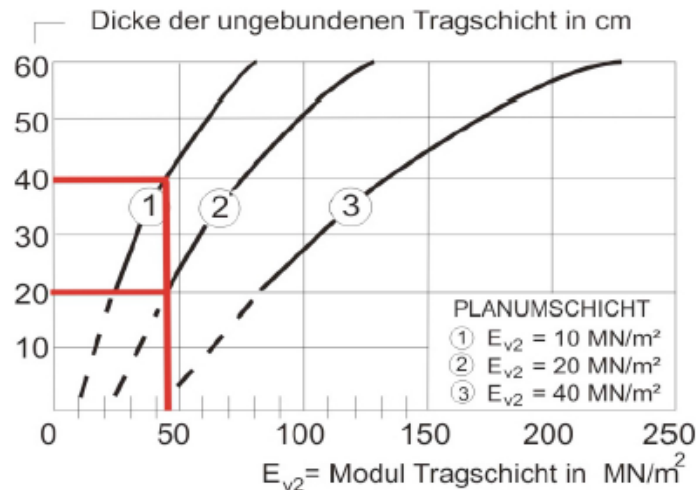


Abb. 4: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum

Anmerkung: Alternativ zu einem Bodenaustausch kann eine ca. 0,5 m mächtige Bodenverfestigung mit hydraulischen Bindemitteln (Kalk / Zement) durchgeführt werden. Die feinkörnigen Böden der Schicht 2 (Bodengruppe UL/UM) wären nach DIN 18 196 als geeignet für eine Bodenverfestigung einzustufen.

8.4 Wohnbebauung

Die Art der Bebauung liegt noch nicht fest, auch die Gründungsart und Gründungstiefen sind nicht bekannt. Wie gehen von einer Flächen- (keine Unterkellerung) und einer Tiefengründung (mit Unterkellerung) aus.

8.4.1 Bebauung ohne Keller

8.4.1.1 Bodenplatte

Bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen wäre als Gründungsvariante die Abtragung der Lasten über eine tragende Bodenplatte zu wählen.

Bei dieser Art der Ausführung würden die Lasten nach Abschiebung der Oberbodenschicht überwiegend in die Schluffe der Schicht 2 abgetragen.

Anmerkung: Diese Art der Gründung bietet allerdings keine Frostsicherheit und daher müssen Frostschrägen angeordnet werden.

Bei Abtragung der Lasten über ein Bodenaustauschpolster, d.h. die Lasten werden in die Sande der Schicht 3 abgetragen, würden die Setzungen minimiert und die Bettungsmoduli erhöht.

Anmerkung: Falls für den Aufbau des Bodenaustauschpolsters verdichtungsfähiges und frostsicheres Material verwendet wird, kann auf die Frostschräge verzichtet werden.

8.4.1.2 Fundamentierung

Bei den angetroffenen Untergrundverhältnissen ist auch die Abtragung der Lasten über Streifenfundamente möglich.

Bei einer frostsicheren Gründung, d.h. bei Fundamentanbindung von 0,8 m würden die Lasten teilweise in die Schluffe der Schicht 2 und z.T. in die Sande der Schicht 3 abgetragen.

Um die Setzungsunterschiede zu vermeiden bzw. zu reduzieren, wäre es sinnvoll die Fundamente einheitlich in die Sande der Schicht 3 zu gründen. Die Schluffe der Schicht 2 sollen unter der Fundamentsohle durch Magerbeton bzw. Bodenaustausch ersetzt werden.

8.4.2 Bebauung mit Unterkellerung

8.4.2.1 Bodenplatte

Auch bei einer Unterkellerung der Häuser wäre die Gründung auf einer biegesteif ausgebildeten Bodenplatte zu empfehlen. Bei einer angenommenen Gründungstiefe von ca. 2,5 m unter GOK würden die Lasten überwiegend in die Kiese abgetragen.

Daher wäre für die Gründung ein zusätzliches Bodenaustauschpolster nicht erforderlich, die Bodenplatte kann direkt in die Sande oder Kiese aufgelegt werden.

Anmerkung: Aufgrund der vertikal und horizontal wechselnden Tragfähigkeiten des Untergrundes wird bei der Errichtung von Gebäuden empfohlen, bereits im Vorfeld den Bodenaufbau im Bereich des geplanten Baufensters in Form eines geotechnischen Gründungsgutachtens erkunden zu lassen.

8.5 Bauwerkabdichtungen

Im Bereich der Schicht 2 sind die sandigen Schluffe allgemein als schwach durchlässig.

Die Sande und Kiese (Schicht 3+4) sind als durchlässig bis stark durchlässig zu bewerten.

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kann es bei einer Aufschüttung mit wenig durchlässigem Boden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) nach DIN 18 195 zur Bildung von Staunässe im Bereich der Gründungssohle kommen.

In diesem Fall sind erdberührte Bauteile und Bodenplatten nach DIN 18 195:

- Lastfall: Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser mit Drainung, Teil 4,
- Lastfall: aufstauendes Sickerwasser ohne Drainung, Abschnitt 9, Teil 6

abdichten.

Im Neubaugebiet ist mit HGW von ca. 129,1 m+NN bzw. mit einem Bemessungswasserstand von ca. 129,4 m+NN zu rechnen. Damit können die Gründungssohlen von unterkellerten Gebäuden im Schwankungsbereich des Grundwassers liegen.

Gemäß DIN 18 195 – erdberührte Wände, Bodenplatten unterhalb des Bemessungswasserstandes – sind die Bauwerksabdichtungen nach DIN 18 195, Teil 6, Lastfall: von außen drückendes Wasser (Grundwasser) vorzusehen.

8.6 Befahrbarkeit des Planums

Auf dem Planum (UL- Boden) ist ein Befahren mit Baufahrzeugen in der Regel nur bei guter Witterung möglich. Das Planum ist unbedingt vor Witterungseinflüssen zu schützen. Unter Wasserzutritt und Einwirkung von mechanischer Energie ist hier eine Änderung der Konsistenz in den breiigen Bereich zu erwarten, sodass die erforderliche Tragfähigkeit für das Befahren nicht mehr gegeben ist.

Vor Beginn der Arbeiten sind der Oberboden und die unmittelbar darunter liegenden stark sandige Schluffe bis ca. 0,5 m unter GOK abzutragen. Auf diesem Planum sollen 20/30 cm Bodenaufschüttung aufgebracht und verdichtet werden, die während der Kanalbaumaßnahmen als Baustraße dienen soll.

Wir empfehlen in der Ausschreibung auf jeden Fall darauf hinzuweisen, dass die Arbeiten auf einem witterungsempfindlichen Planum stattfinden.

8.7 Herstellen der Baugruben

Nach DIN 4124 sind folgende Böschungsneigungen einzuhalten:

- für nichtbindige Böden (Sande und Kiese), $\beta = 45^\circ$;
- für bindigen Böden mit weicher Konsistenz, $\beta = 30^\circ$;
- für steife bis feste bindige Böden (Schluffe), $\beta = 60^\circ$

Die Baugrubenböschung ist gegen Niederschlag mit Baufolie abzudecken und darauf zu achten, dass die Böschungsschulter über eine Breite von mindestens 1,5 m lastfrei gehalten wird.

Der Leitungsgraben ist während der Bauarbeiten wasserfrei zu halten, also durch Abdeckung zu schützen und ggf. durch Wasserhaltung zu entwässern.

Lotrechter Aushub darf nach DIN 4124 nur bis 1,25 m Tiefe erfolgen. Bei Tiefen zwischen 1,25 m und 1,75 m muss mit abgeböschter Kante oder Teilverbau gesichert werden. Bei Tiefen >1,75 m ist nach DIN 4124 abzuböschten oder zu verbauen.

8.8 Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials

Eine Einstufung der verschiedenen Bodengruppen in unterschiedliche Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE-StB 09 ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Damit ergibt sich eine Unterteilung in gut verdichtbare (Verdichtbarkeitsklasse V1) bis weniger gut verdichtbare Böden (Verdichtbarkeitsklasse V3).

Bezüglich der Hinterfüllung und Überschüttung für die Leitungszone empfehlen sich grundsätzlich Baustoffe der Verdichtbarkeitsklasse V1, die nach ZTVE-StB 09 allgemein gut geeignet sind.

Tab. 7: Verdichtbarkeitsklassen

Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe nach DIN 18196
V1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM, TA

Beim Aushub der Baugruben im Bereich der geplanten Fahrbahn ist mit Bodenmaterial der Schicht 1 (Oberboden) und der Schicht 2 (Schluffe) zu rechnen. In Tiefenbereichen (Schicht) 3 können die Sande und Kiese anfallen.

Für einen Wiedereinbau ist der Oberboden der Schicht 1 aufgrund des Gehaltes an organischen Beimengungen generell nicht geeignet ist. Es empfiehlt sich, die nach Abschiebung des Oberbodens nur für untergeordnete Schüttungen (Geländemodellierungen) zu verwenden.

Die Sande der Schicht 3 gehören nach DIN 18 196 zu den Bodengruppen SI/SW und sind damit der Verdichtbarkeitsklasse V1 zuzuordnen.

9. Allgemeines

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abschätzungen für die bindigen Schichten von der angetroffenen Konsistenz ausgehen.

Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Schichten infolge des Wasserzutritts ihre Konsistenz verändern.

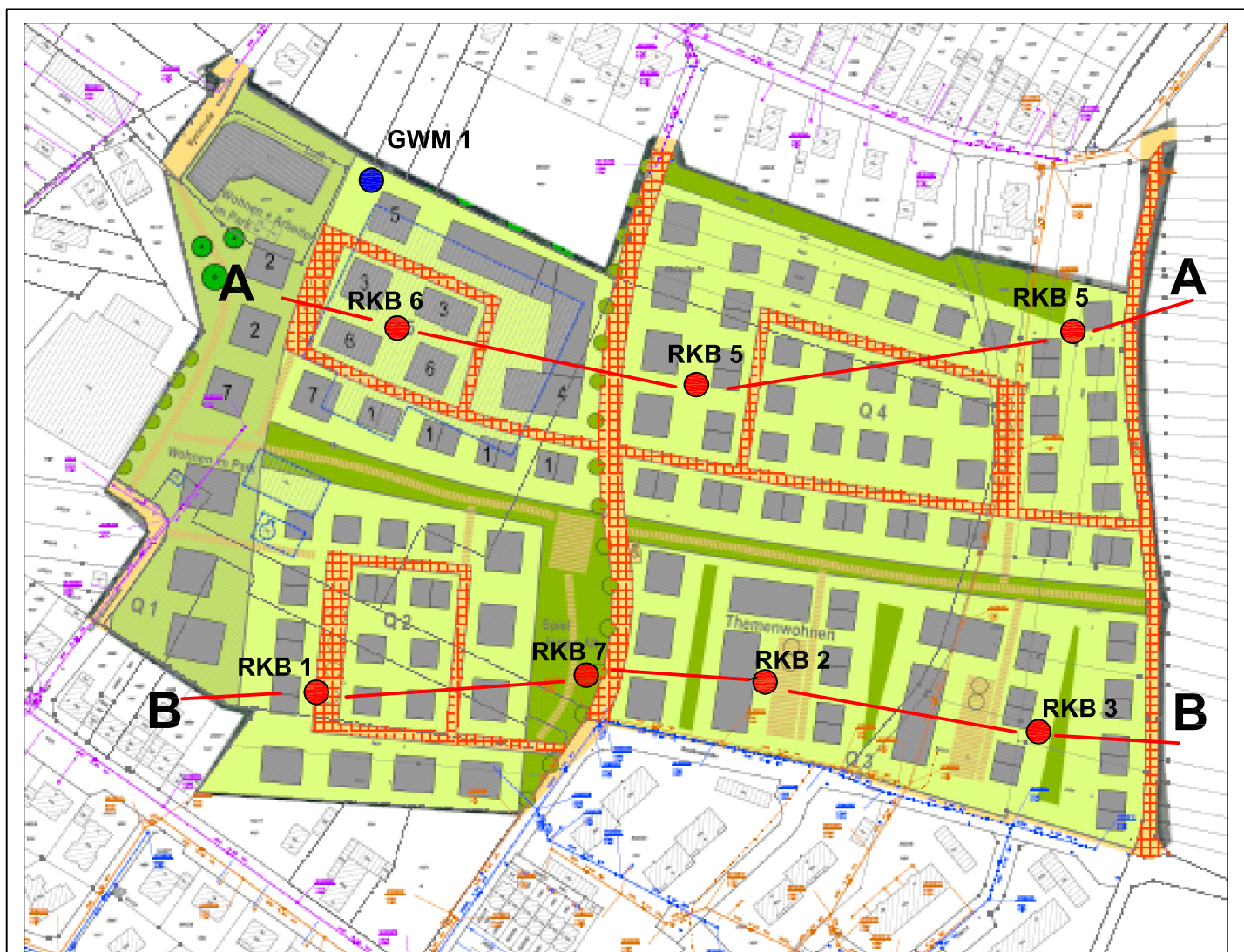
Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der Schicht 2 ist nach stärkeren Niederschlägen mit Vernässungen und Wasseransammlungen in Baugruben zu rechnen, soweit keine Gegenmaßnahmen, wie z.B. mit Hilfe von Abdeckplanen, getroffen werden.

Gegebenenfalls anfallendes Wasser ist zu fassen und aus der Baugrube abzuleiten.

Die Arbeitsräume von Bauwerken sind mit nichtbindigem Material zu verfüllen. Das anfallende bindige Aushubmaterial ist dazu nicht geeignet.

Bezüglich der eventuellen Verfüllung von Arbeitsräumen und der Überschüttung von Bauwerken verweisen wir auf die Empfehlungen der ZTVE 09.

gez. Dr. Ralf Hettich



- Rammkernbohrungen
- 5" Grundwassermessstelle
- Profilschnitt

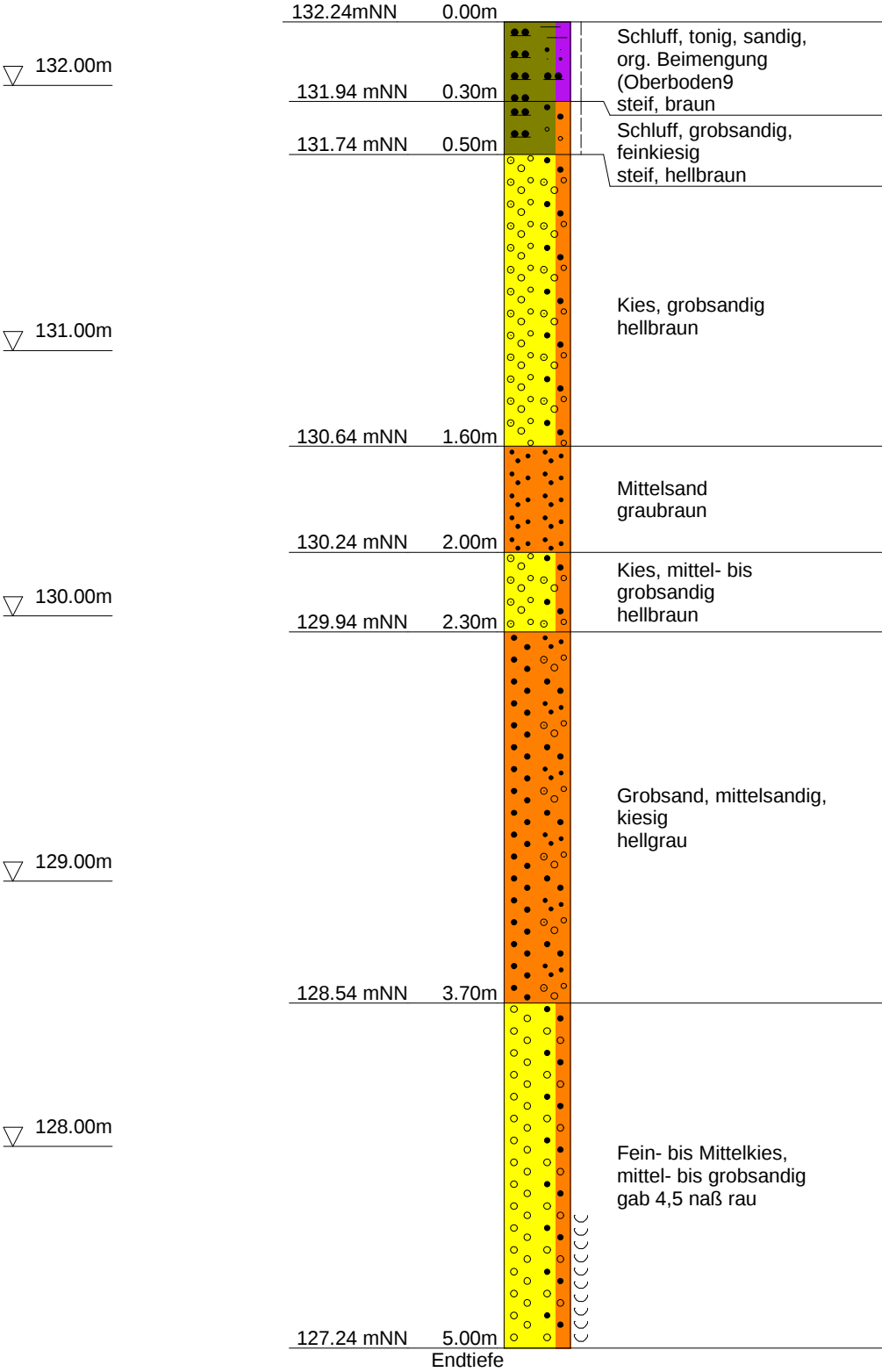
BG "Bosch Areal" Freistett

ANLAGE 1: Lageplan

Büro für Bodengutachten	Projekt : BG Bosch Areal, Freistett
Am Birkenweiher 22	Projektnr.:
77839 Lichtenau	Anlage : 2
Tel. 07227/9958050	Maßstab : 1: 25

RKB 1

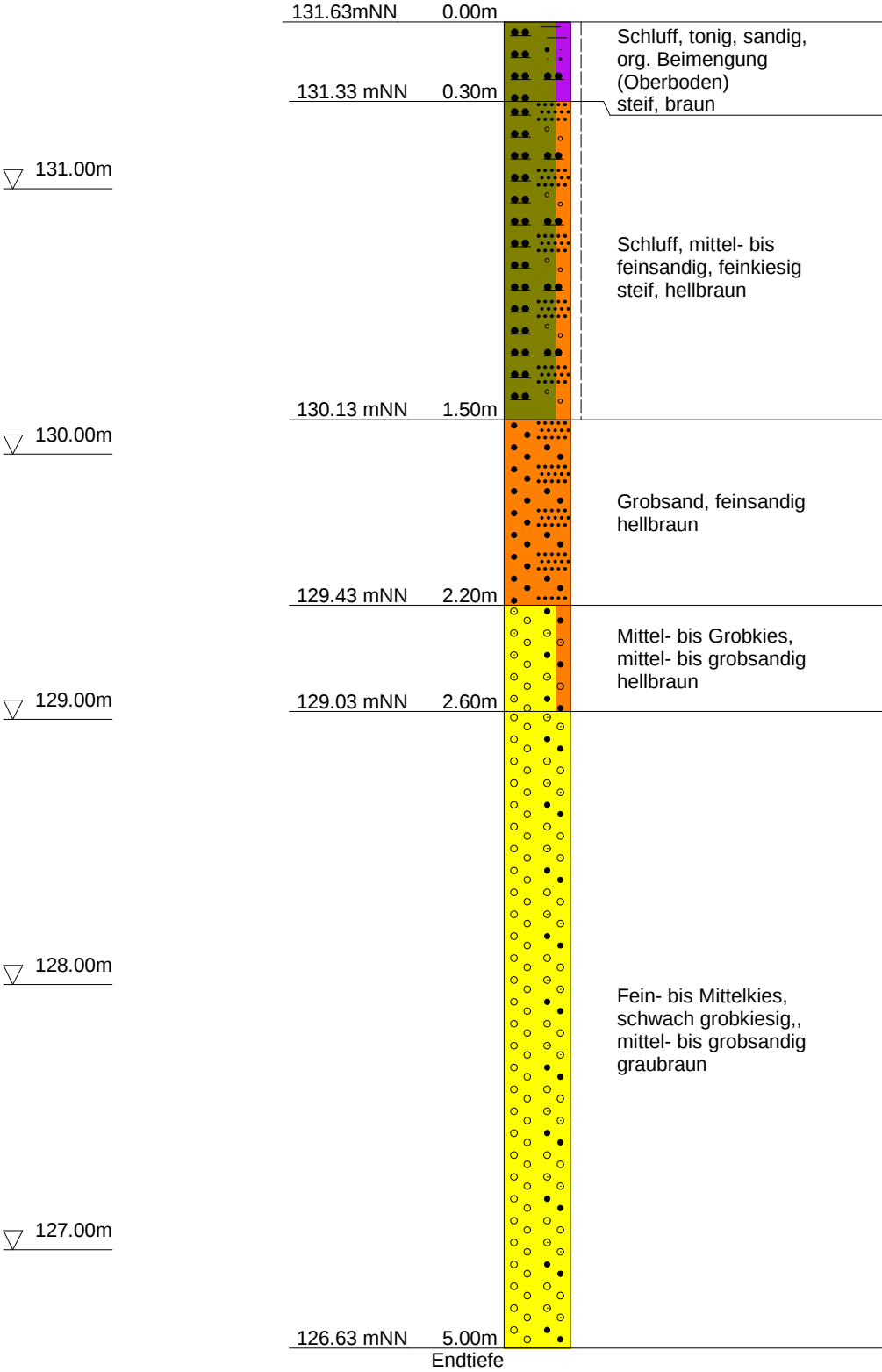
Ansatzpunkt: 132.24 mNN



Büro für Bodengutachten	Projekt : BG Bosch Areal, Freistett
Am Birkenweiher 22	Projektnr.:
77839 Lichtenau	Anlage : 2
Tel. 07227/9958050	Maßstab : 1: 25

RKB 2

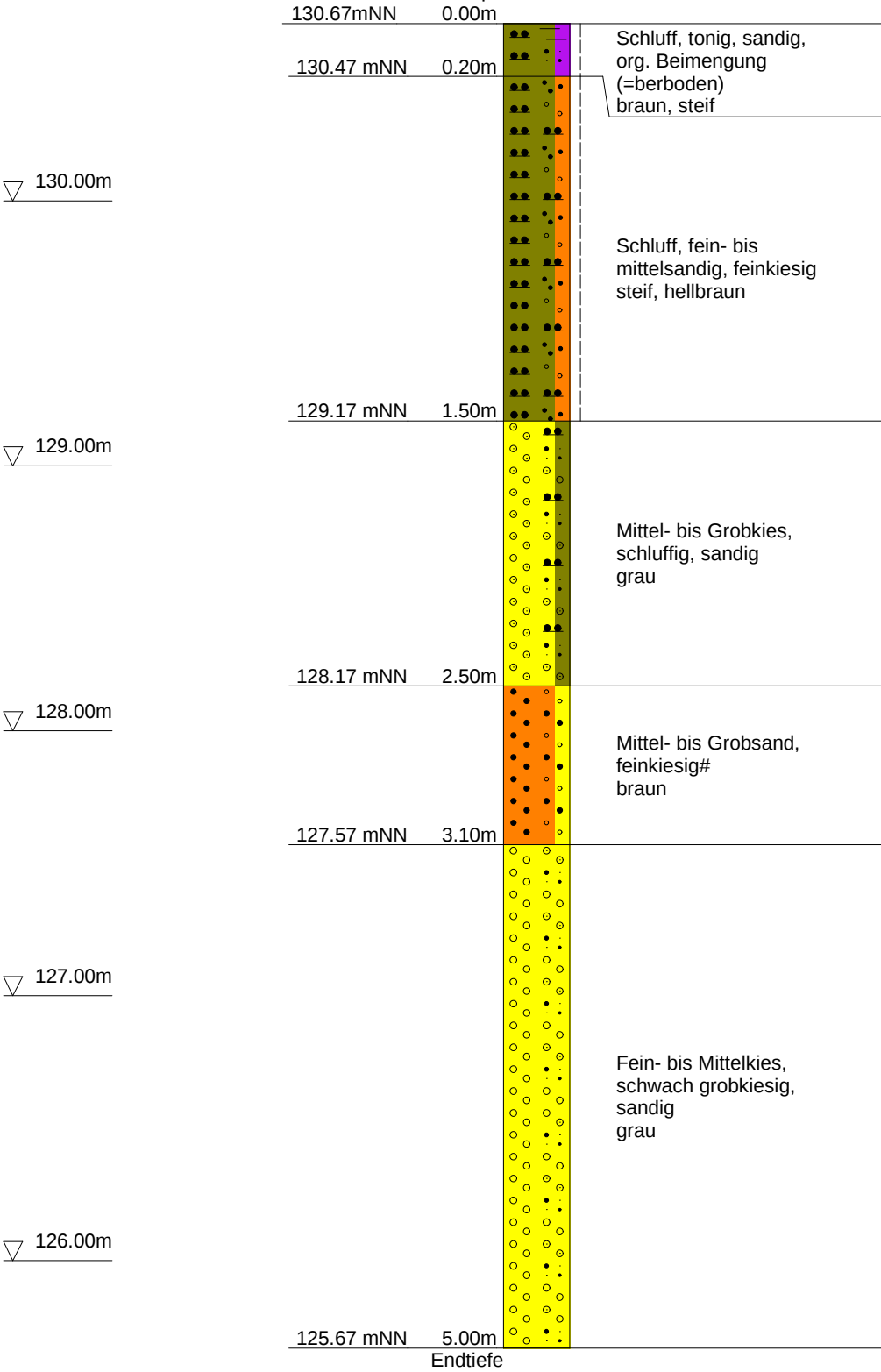
Ansatzpunkt: 131.63 mNN



Büro für Bodengutachten	Projekt : BG Bosch Areal, Freistett
Am Birkenweiher 22	Projektnr.:
77839 Lichtenau	Anlage : 2
Tel. 07227/9958050	Maßstab : 1: 25

RKB 3

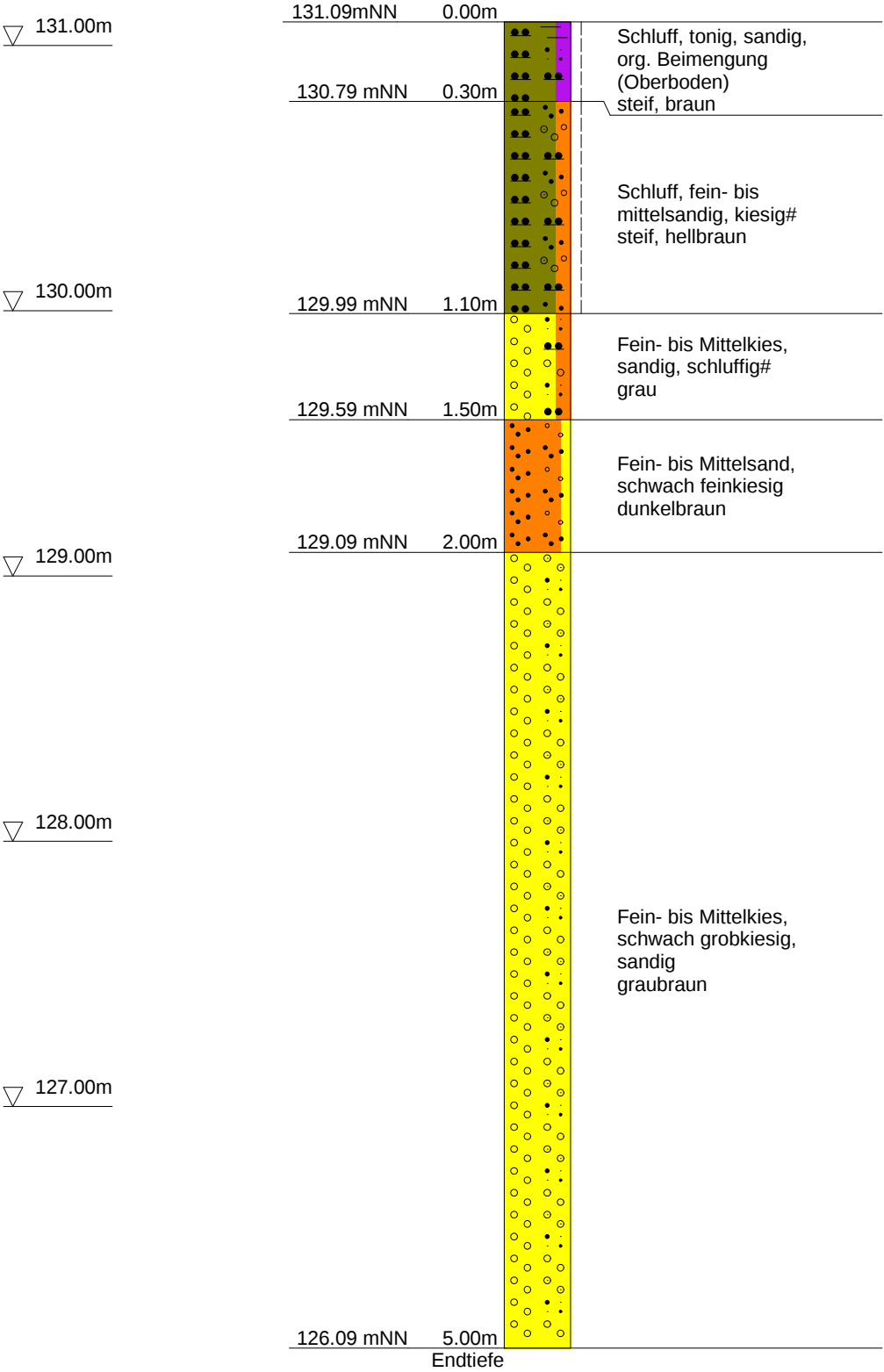
Ansatzpunkt: 130.67 mNN



Büro für Bodengutachten	Projekt : BG Bosch Areal, Freistett
Am Birkenweiher 22	Projektnr.:
77839 Lichtenau	Anlage : 2
Tel. 07227/9958050	Maßstab : 1: 25

RKB 4

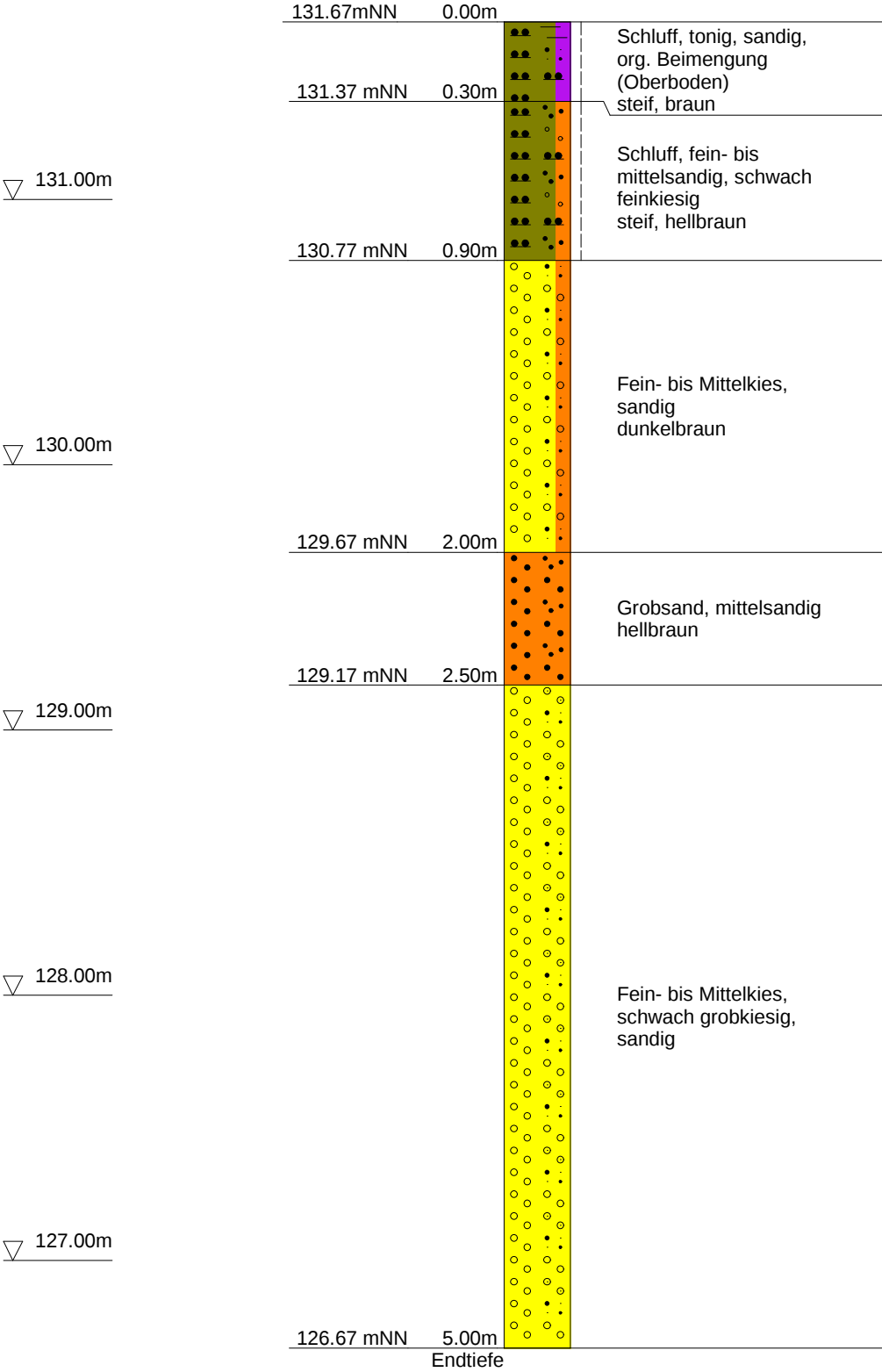
Ansatzpunkt: 131.09 mNN



Büro für Bodengutachten	Projekt : BG Bosch Areal, Freistett
Am Birkenweiher 22	Projektnr.:
77839 Lichtenau	Anlage : 2
Tel. 07227/9958050	Maßstab : 1: 25

RKB 5

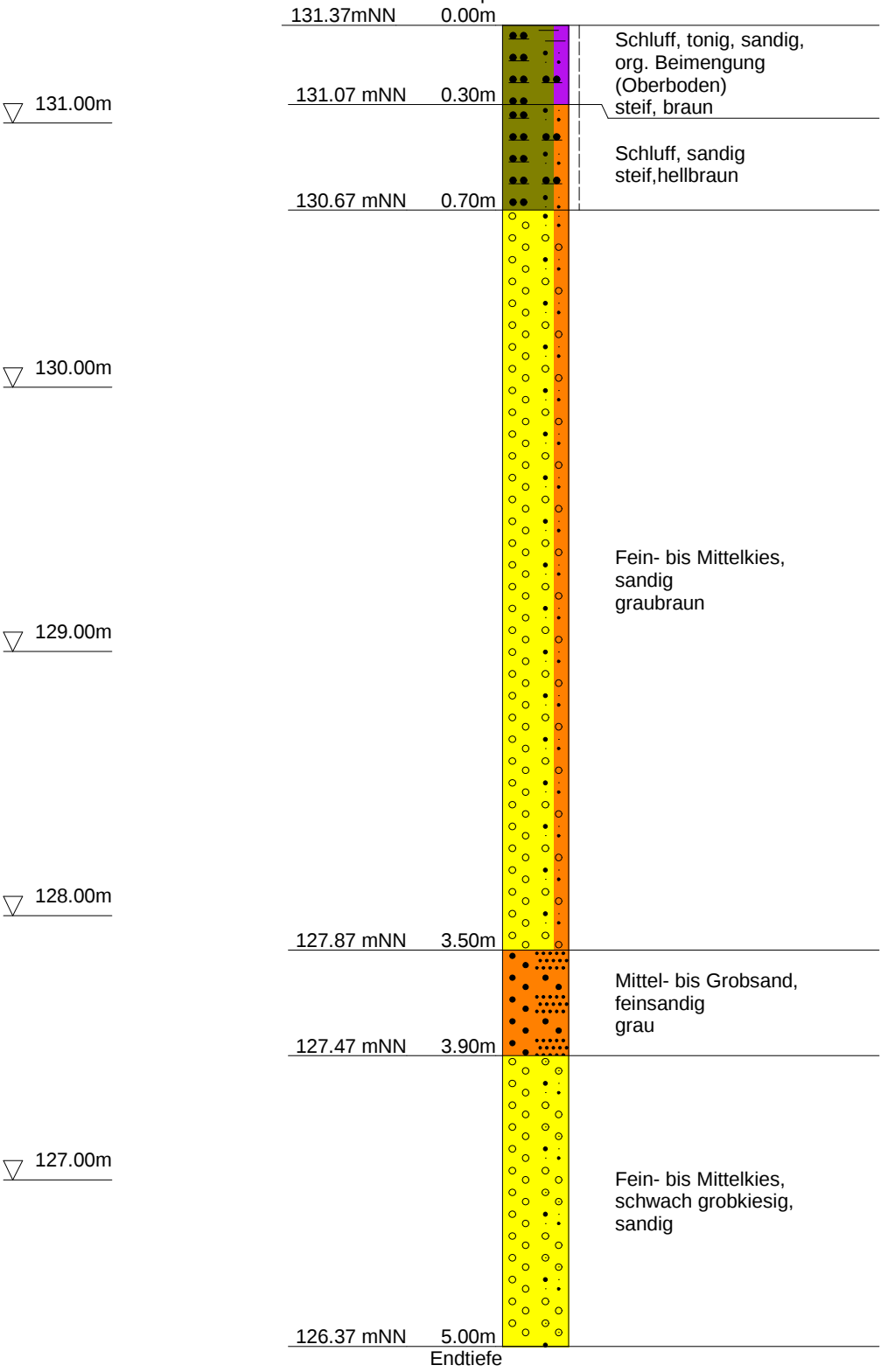
Ansatzpunkt: 131.67 mNN

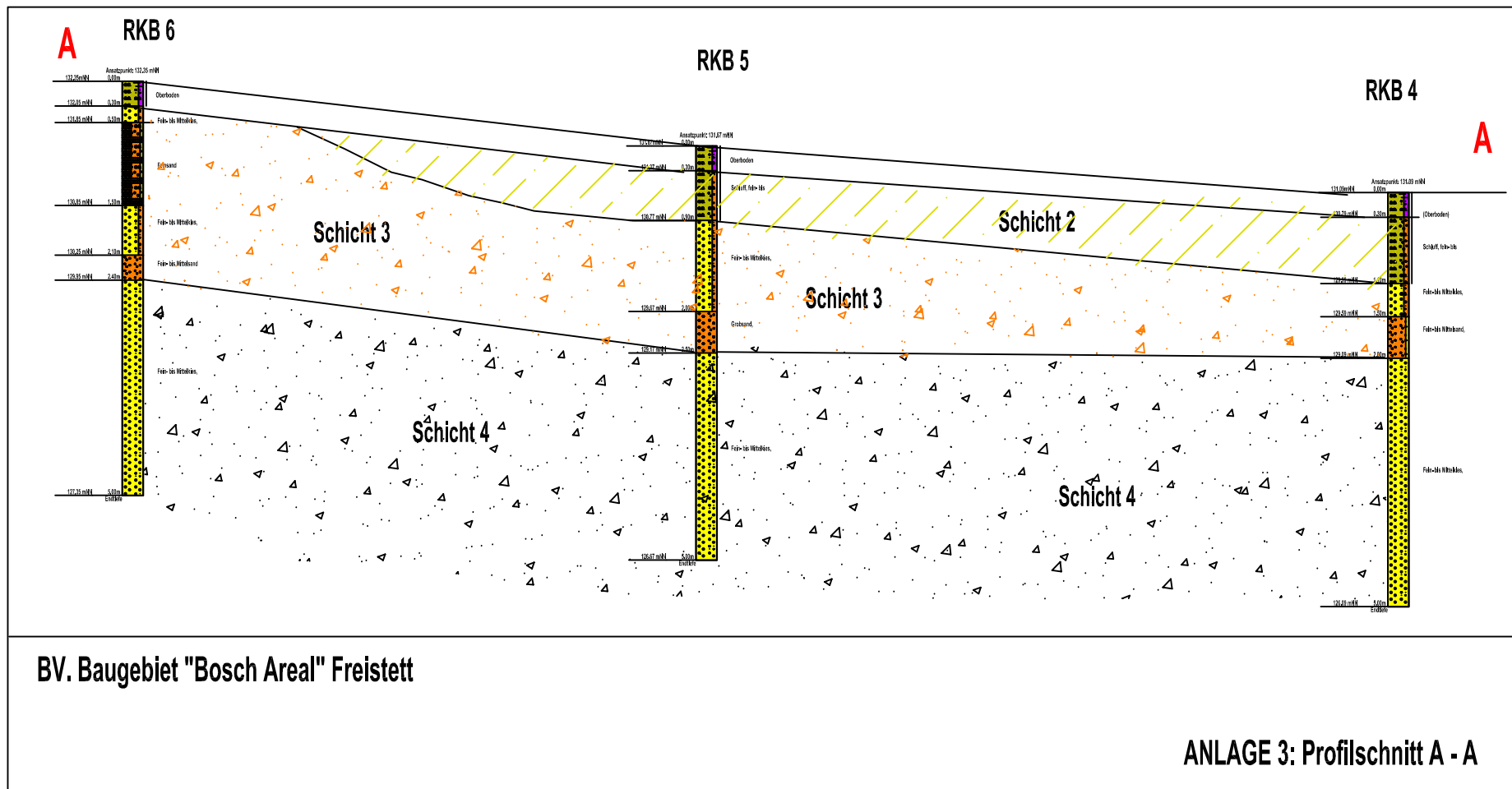


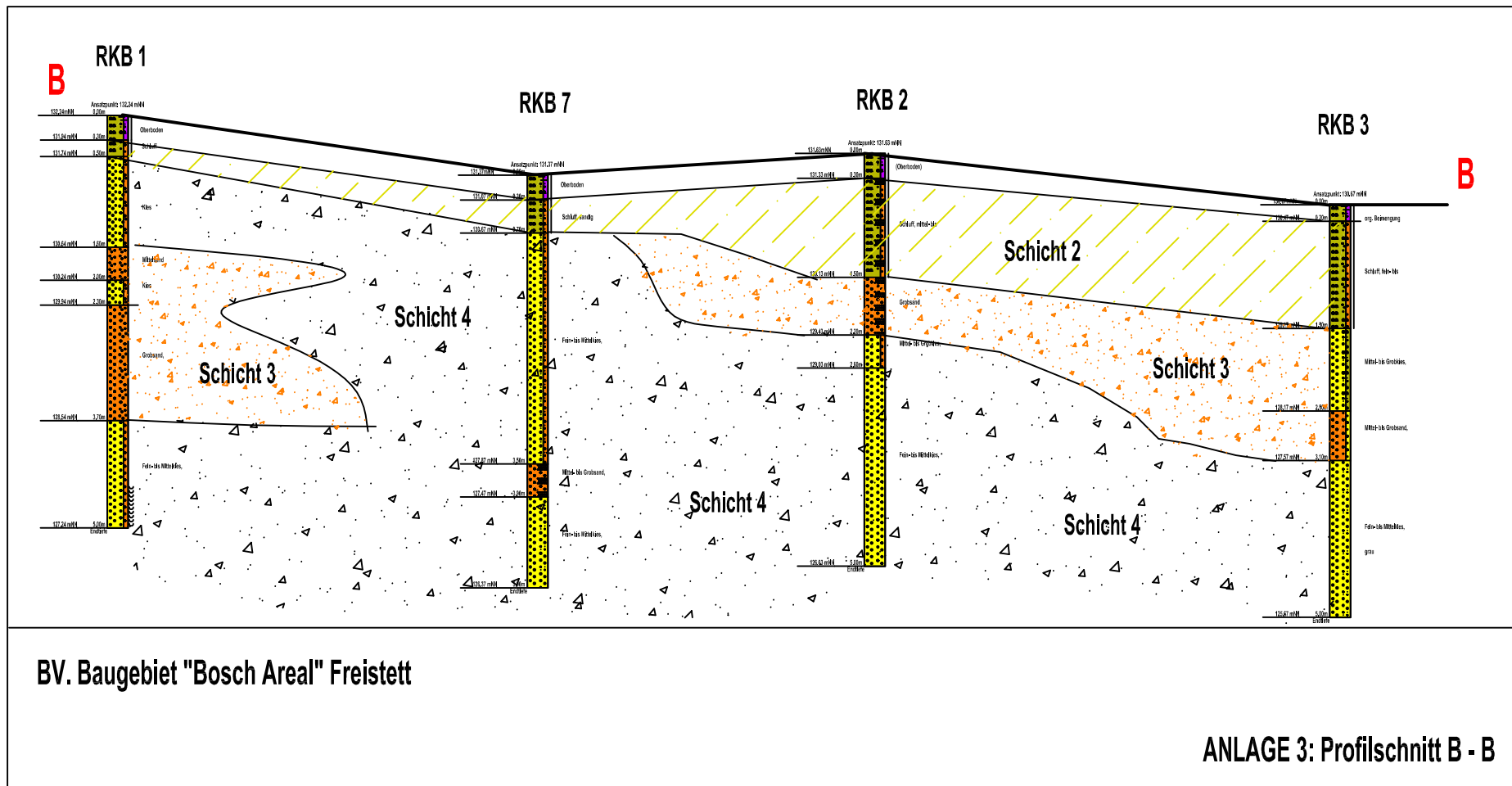
Büro für Bodengutachten	Projekt : BG Bosch Areal, Freistett
Am Birkenweiher 22	Projektnr.:
77839 Lichtenau	Anlage : 2
Tel. 07227/9958050	Maßstab : 1: 25

RKB 7

Ansatzpunkt: 131.37 mNN







Büro für Bodengutachten		Kornverteilung DIN 18 123-5		Projekt : BV. BG "Bosch Areal" Freistett																																																																																											
Am Birkenweiher 22				Projektnr.:																																																																																											
77839 Lichtenau				Datum : 25.01.2017																																																																																											
Tel. 07227/9958050				Anlage : 4																																																																																											
Ton Fein- Schluff Mittel- Grob- Fein- Sand Mittel- Grob- Fein- Kies Mittel- Grob- Steine <table><tr><td>Labornummer</td><td>—— RKB 2</td><td>----- RKB 4</td><td>----- RKB 7</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Entnahmestelle</td><td>RKB 2</td><td>RKB 4</td><td>RKB 7</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Entnahmetiefe</td><td>0,5 - 1,5 m</td><td>1,5 - 2,0 m</td><td>1,0 - 3,5 m</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Ungleichförm. U</td><td>U = 4.5</td><td>U = 3.3</td><td>U = 9.4</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Krümmungszahl Cc</td><td>Cc = 1.1</td><td>Cc = 0.8</td><td>Cc = 1.9</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bodenart</td><td>U,fs,ms'</td><td>fS,ms,gs',fg'</td><td>fG,mg,gs',gg'</td><td></td><td></td></tr><tr><td>d10 / d60</td><td>0.012/0.052 mm</td><td>0.080/0.265 mm</td><td>0.630/5.916 mm</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Anteil < 0.063 mm</td><td>66.0 %</td><td>3.9 %</td><td>2.0 %</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Frostempfindl.klasse</td><td>F3</td><td>F1</td><td>F1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>kf nach Beyer</td><td>1.6E-006 m/s</td><td>8.0E-005 m/s</td><td>4.2E-003 m/s</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bodenklasse</td><td>4</td><td>3</td><td>3</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bodengruppe</td><td>U</td><td>SE</td><td>GW</td><td></td><td></td></tr><tr><td>kf nach Kaubisch</td><td>- (0.063 >= 60%)</td><td>- (0.063 <= 10%)</td><td>- (0.063 <= 10%)</td><td></td><td></td></tr><tr><td>kf nach Hazen</td><td>1.6E-006 m/s</td><td>7.5E-005 m/s</td><td>- (U > 5)</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Kornfrakt. T/U/S/G</td><td>0.1/65.9/34.0/0.0 %</td><td>0.1/3.8/90.1/6.0 %</td><td>0.0/2.0/20.0/78.0 %</td><td></td><td></td></tr></table>						Labornummer	—— RKB 2	----- RKB 4	----- RKB 7			Entnahmestelle	RKB 2	RKB 4	RKB 7			Entnahmetiefe	0,5 - 1,5 m	1,5 - 2,0 m	1,0 - 3,5 m			Ungleichförm. U	U = 4.5	U = 3.3	U = 9.4			Krümmungszahl Cc	Cc = 1.1	Cc = 0.8	Cc = 1.9			Bodenart	U,fs,ms'	fS,ms,gs',fg'	fG,mg,gs',gg'			d10 / d60	0.012/0.052 mm	0.080/0.265 mm	0.630/5.916 mm			Anteil < 0.063 mm	66.0 %	3.9 %	2.0 %			Frostempfindl.klasse	F3	F1	F1			kf nach Beyer	1.6E-006 m/s	8.0E-005 m/s	4.2E-003 m/s			Bodenklasse	4	3	3			Bodengruppe	U	SE	GW			kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)			kf nach Hazen	1.6E-006 m/s	7.5E-005 m/s	- (U > 5)			Kornfrakt. T/U/S/G	0.1/65.9/34.0/0.0 %	0.1/3.8/90.1/6.0 %	0.0/2.0/20.0/78.0 %		
Labornummer	—— RKB 2	----- RKB 4	----- RKB 7																																																																																												
Entnahmestelle	RKB 2	RKB 4	RKB 7																																																																																												
Entnahmetiefe	0,5 - 1,5 m	1,5 - 2,0 m	1,0 - 3,5 m																																																																																												
Ungleichförm. U	U = 4.5	U = 3.3	U = 9.4																																																																																												
Krümmungszahl Cc	Cc = 1.1	Cc = 0.8	Cc = 1.9																																																																																												
Bodenart	U,fs,ms'	fS,ms,gs',fg'	fG,mg,gs',gg'																																																																																												
d10 / d60	0.012/0.052 mm	0.080/0.265 mm	0.630/5.916 mm																																																																																												
Anteil < 0.063 mm	66.0 %	3.9 %	2.0 %																																																																																												
Frostempfindl.klasse	F3	F1	F1																																																																																												
kf nach Beyer	1.6E-006 m/s	8.0E-005 m/s	4.2E-003 m/s																																																																																												
Bodenklasse	4	3	3																																																																																												
Bodengruppe	U	SE	GW																																																																																												
kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)	- (0.063 <= 10%)	- (0.063 <= 10%)																																																																																												
kf nach Hazen	1.6E-006 m/s	7.5E-005 m/s	- (U > 5)																																																																																												
Kornfrakt. T/U/S/G	0.1/65.9/34.0/0.0 %	0.1/3.8/90.1/6.0 %	0.0/2.0/20.0/78.0 %																																																																																												