



Ing.-Büro Voigtmann · Brückenstr. 11/1 · D - 71364 Winnenden

Große Kreisstadt Backnang
Stadtbauamt
Herr Eppinger
Postfach 1569
71505 BacknangIhr Ansprechpartner/In
Harald VoigtmannDurchwahl
0 71 95 - 92 50-12Ort
WinnendenDatum
23.08.2013

Baugrundgutachten

Nr. 19213

Auftraggeber Stadt Backnang, Stadtbauamt

Projekt „Erschließung Wohnbaugebiet Hohenheimer Straße in
71533 Backnang“

Bauherr Stadt Backnang, Stadtbauamt

Beurteilung der Baugrundverhältnisse mittels 4 Kleinbohrungen

Bearbeiter Harald Voigtmann, Dipl.-Geologe

Verteiler Stadt Backnang (3x und per e-mail) ; Büro Frank per e-mail

	Inhaltsverzeichnis, Teil I	Seite
1.	Vorbemerkungen	5
2.	Durchgeführte Untersuchungen	5
3.	Topographische Situation	7
4.	Geologische Verhältnisse	7
5.	Hydrogeologische Verhältnisse	11
6.	Bodenmechanische Parameter	11
6.1	Bodenmechanische Kennwerte	11
6.2	Wasserdurchlässigkeiten	12
6.3	Bodenklassen gem. DIN 18300	12
6.4	Bodenklasse gem. DIN 18 319 (18 301-2000)	13
6.5	Chemische Analysen der Asphaltproben	15
6.5.1	Allgemeine Bewertungsgrundlagen und Richtwerte	15
6.5.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	15
6.5.3	Bewertung der Laboranalysen	16
6.6	Chemische Analysen der Schotterproben	16
6.6.1	Allgemeine Bewertungsgrundlagen und Richtwerte	16
6.6.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	17
6.6.3	Bewertung der Laboranalysen	17
6.7	Chemische Analysen der Bodenmischprobe	18
6.7.1	Allgemeine Bewertungsgrundlagen und Richtwerte	18
6.7.2	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	20
6.7.3	Bewertung der Laboranalysen	23
6.8	Verdichtbarkeitsklassen	24
6.9	Angaben zum Bindemittelbedarf	24

	Inhaltsverzeichnis, Teil II	Seite
7.	Auswertung im Hinblick auf die Aufgabenstellung- Kanal/Straße	25
7.1	Kanalbau	25
7.1.1	Fels der Klasse 6 und 7	26
7.1.2	Rohraufleger	26
7.1.3	Kanalgrabenböschungen	26
7.1.4	Verfüllung der Leitungsgräben	27
7.1.5	Wasserhaltung	28
7.1.6	Entsorgung anfallenden Bodens	29
7.2	Straßenbau	30
8.	Auswertung im Hinblick auf die Aufgabenstellung- Gebäude	31
8.1	Angaben zu den Bauwerken	31
8.2	Gründungsmöglichkeiten	31
8.3	Erdbebenzone	33
8.4	Aufbau unter den Bodenplatten	33
8.5	Schutz der Bauwerke gegen Grundwasser	33
8.6	Baugruben	35
9.	Schlussbemerkung	36

Anlagenverzeichnis	Anlage
Lageplan des Untersuchungsgebietes	1
Lage der Untersuchungspunkte	2
Bohrprofile BS 1-4	3-6
Bodenkennwerte	7
Analyse der Asphalt- Schotter- und Bodenproben	8-15
Klassifikation von Böden (DIN 18301-2006)	16

1. Vorbemerkungen

Die Stadt Backnang beabsichtigt, im Süden von Backnang das Wohngebiet „Hohenheimer Straße“ zu erschließen. In diesem Zusammenhang wurden wird beauftragt, Untersuchungen zur Klärung der Baugrundverhältnisse im Bereich der neuen Erschließungsstraße und des bestehenden Kanals in der Hohenheimer Straße vorzunehmen und das Ergebnis in einem Gutachten zu dokumentieren. Zudem sollte der beim Kanalgrabenaushub anfallende Asphalt, Schotter und Boden im Hinblick auf die Entsorgung/Verwertung untersucht werden.

Zur Ausarbeitung des Gutachtens wurden mir folgende Planunterlagen zur Verfügung gestellt (Planverfasser: Stadt Backnang, Stadtbauamt - Abteilung Tiefbau, Stiftshof 20, 71522 Backnang).

a)	1	Plan „Leistungsplan mit Höhenschichtlinien“, Vorentwurf	Maßstab 1:500	Datum: 19.04.2013
----	---	---	---------------	-------------------

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Beurteilung des anstehenden Bodens wurden nach Vorbesichtigung des Geländes am 22. April 2013 am 19. und 21. Juni 2013 4 Kleinbohrungen (BS 1-4) bis in Tiefen von max. 7.55 m niedergebracht. In den jeweiligen Endtiefen war ein Weiterbohren nicht mehr möglich (fester Lettenkeuper). Drei der Bohrungen (BS 1-3) wurden im Bereich der künftigen Erschließungsstraße, eine Bohrung (BS 4) wurde in der bestehenden Hohenheimer Straße ausgeführt.

Das Bohrgut aller Kleinbohrungen wurde organoleptisch auf eventuelle Verunreinigungen begutachtet.

Zur Bestimmung der erforderlichen erdstatischen Kennwerte wurden aus den erkundeten Schichten Bodenproben entnommen und beschrieben bzw. der Penetrometerwiderstand, falls möglich auch die Scherfestigkeit bestimmt. An 4 Proben wurde zudem der natürliche Wassergehalt und zur Bodenansprache bzw. zur Bestimmung der Bodenart und Konsistenz die Konsistenzgrenzen nach ATTERBERG nach DIN 18 122 bestimmt. Zusätzlich wurden aus den Laboruntersuchungen Rechenwerte für Feuchtdichte, Kohäsion, Reibungswinkel und Steifeziffer rückgeschlossen und die zu erwartende Proctordichte und der optimale

Wassergehalt aus den ermittelten Konsistenzgrenzen nach Bild 65 des Grundbau-Taschenbuches Teil 1 abgegriffen.

Ergänzend wurde bei der in der Hohenheimer Straße ausgeführten Kleinbohrung BS 4 der Asphalt und der Schotterunterbau beprobt. Aus allen 4 Bohrungen wurden aus dem ange-troffenen anstehenden Boden Proben entnommen und aus diesen Einzelproben eine Misch-probe gebildet. Die Proben repräsentieren die nachfolgend aufgeführten Bereiche (BS=Kleinbohrung).

Probenbezeichnung	Bohrung und Tiefe (in m unter OK Gelände)
WB 209 (Asphalt)	BS 4 (0.00-0.08)
WB 1047 (Schotterunterbau)	BS 4 (0.08-0.30)
C 94 (Mischprobe Aushub)	BS 1 (0.15-7.55), BS 2 (0.15-7.00), BS 3 (0.20-3.00), BS 4 (0.30-5.20 m)

Die Proben wurde dem chemischen Labor synlab Umweltinstitut GmbH Niederlassung Stutt-gart (Hohnerstraße 23, 70469 Stuttgart) überbracht. Der Asphalt wurde auf PAK und Pheno-lindex, die Schotterprobe auf PAK und die Mischprobe des Aushubs auf die Parameter ge-mäß Verwaltungsvorschrift und Deponieverordnung analysiert.

Die Grundlage zur Bewertung der Analysenergebnisse bilden die Grenzwerte folgender Re-gelwerke:

- Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwer-tung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 - Az.: 25-8980.08M20 Land/3 -
- Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist
- Handlungshilfe des Umweltministeriums Baden-Württemberg für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit PAK-, MKW-, BTEX-, LHKW-, PCB-, PCDD/F- und herbizid-haltiger Abfälle auf Deponien vom 14. Juni 2007 (Organische Schadstoffe), aktuali-siert am 15.12.2009
- „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg vom 13. April 2004
- „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßen-bau, RuVA-StB 01, Ausgabe 2001, Fassung 2005 (RuVA-StB 01-2005)

Die Ergebnisse bzw. Laborprotokolle liegen dem Bericht als Anlage 8 bis 15 bei.

Die Lage der Bohrungen wurde auf die bestehende Bebauung eingemessen. Die Einmessung der Untersuchungsstellen nach der Höhe erfolgte ebenfalls durch unser Büro, wobei als Bezugspunkt die Höhen von Kanaldeckeln dienten, die im Lageplan a) eingetragen waren. Die gemessenen Höhen wurden dann auf 5 cm gerundet.

3. Topographische Situation

Der Untersuchungsbereich befindet sich auf einem Höhenrücken südlich des Bahnhofs von Backnang innerhalb der bestehenden Bebauung und war zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen als Grünfläche und Wiese genutzt. Das Untersuchungsgelände fällt generell vom Zentrum in nördlicher, westlicher und südlicher Richtung ein (im Untersuchungsbereich um ca. 4.50 m, von ca. 299.15 mNN auf 294.65 mNN).

4. Geologische Verhältnisse

Im Untersuchungsbereich bzw. im Umfeld der Kleinbohrungen ist nach der geologischen Karte mit den Schichten der Erfurt-Formation (Lettenkeuper, ku) zu rechnen. In den Aufschlüssen wurde dies bestätigt, wobei zuoberst noch quartäre Deckschichten (Lößlehm und Verwitterungslehm), in BS 3 Gipskeuper und in BS 4 aufgefüllter Boden angetroffen wurde.

In den Aufschlüssen (BS = Kleinbohrung) wurden unter OK Gelände bzw. 10-15 cm humosem Oberboden die nachfolgend aufgeführten Schichten festgestellt:

-	Flächenbefestigung aus Asphalt	(Bodenklasse ,	BS 4)
-	Schottertragschicht als Unterbau	(Bodenklasse 3,	BS 4)
-	künstliche Auffüllung	(Bodenklasse 4	BS 3,4)
-	Quartär: Lößlehm	(Bodenklasse 4-6,	BS 1,2)
-	Quartär: Verwitterungslehm	(Bodenklasse 4,	BS 1,2,3)
-	Trias: verwitterter Gipskeuper	(Bodenklasse 4,	BS 3)
-	Trias: verwitterter Lettenkeuper	(Bodenklasse 4-6,	BS 1,2,3,4)

Bei den Kleinbohrungen trat innerhalb der Auffüllung z.T. Kernverlust auf, vermutlich bedingt durch Stauchung des aufgefüllten Bodens bzw. durch Verzug des Bohrkerns im Gestänge.

Asphaltbefestigung

Die Asphaltbefestigung war in BS 4 in der Hohenheimer Straße ca. 8 cm stark. Die entnommene Asphaltprobe wurde auf PAK und Phenolindex chemisch analysiert.

Schottertragschicht

Unter dem Asphalt folgte in BS 4 ca. 22 cm Schottertragschicht. Die entnommene Probe wurde auf PAK chemisch analysiert.

Auffüllung

In der Kleinbohrung BS 3 wurde unter OK Gelände 20 cm grauer erdfeuchter Kalksteinschotter mit halbfesten bindigen Anteilen festgestellt. Bei BS 4 folgten unter der Schottertragschicht 70 cm brauner bis gelblichbrauner sandiger bindiger Boden, der steif und erdfeucht war und Ziegelfragmente enthielt.

Der aufgefüllte Boden war organoleptisch unauffällig.

Bei einer Eingruppierung der Auffüllung gem. DIN 18300 wäre diese nach den Kleinbohrungen der Bodenklasse 4 zuzuordnen, wobei diese Gruppierung für die Auffüllung nicht anzusetzen ist, da die Zusammensetzung der Auffüllung naturgemäß sehr stark schwanken kann und zudem diese Bodenklassen nur für Erdaushub ohne Fremdstoffe gelten.

Quartär: Lößlehm

In den Kleinbohrungen BS 1 und BS 2 wurden unter dem humosen Oberboden 2.05 bis 2.90 m mächtiger brauner, hellbrauner, gelblichbrauner, teils rostfleckiger, teils bleichfleckiger, teils manganfleckiger Lößlehm festgestellt, der meist steif bis halbfest und erdfeucht war. In BS 2 wurde auch eine feste Konsistenz beobachtet.

Nach den durchgeführten Laboruntersuchungen handelt es sich gem. DIN 18196 beim Lößlehm um UM-Böden (mittelpastische Schluffe), nach optischer Einschätzung auch um TM-Böden (mittelpastische Tone).

Quartär: Verwitterungslehm

In den Kleinbohrungen BS 1 und BS 2 folgten unter dem Lößlehm, in BS 3 unterhalb der aufgefüllten Flächenbefestigung bis zu 2.80 m mächtiger brauner, grüngrauer, hellbrauner, graubeiger, teils rostfleckiger bindiger Boden, der kiesige Komponenten von Keupertonsteinen enthielt und als Verwitterungslehm angesprochen wurde. Der Boden war steif bis halbfest und erdfeucht.

Nach den durchgeführten Laboruntersuchungen handelt es sich gem. DIN 18196 beim Verwitterungslehm um TA/UA/TM/UM-Böden (ausgeprägt plastische Schluffe und Tone, mittelplastische Schluffe und Tone).

Trias: verwitterter Gipskeuper

In der nördlichsten Kleinbohrung BS 3 wurden unterhalb des Verwitterungslehms noch 1.30 m Ton- und Schluffsteine des zersetzten und ausgelaugten Gipskeupers angetroffen, die eine wirre Lagerung aufwiesen. Der hellbraune, beige und hellgraue bindige Boden war halbfest und erdfeucht.

Hohlräume oder stark aufgelockerte Zonen im Untergrund, die auf anhaltende Gipsauslaugung mit Dolinenbildung hinweisen könnten, wurden nicht angetroffen.

Nach optischer Einschätzung ist der bindig verwitterte Gipskeuper gem. DIN 18196 als TL-Boden einzustufen (leichtplastischer Ton).

Trias: Lettenkeuper

In allen Kleinbohrungen wurden zuunterst die Schichten des Lettenkeupers mit einer maximalen Mächtigkeit von 4.20 m erbohrt. Hierbei handelte es sich um grüngraue und braune Ton-/Schluffsteine und gelblichbraune bis ockerbraune Dolomitsteine (teils Zellendolomite), die nach unten hin immer fester wurden. Die verwitterten Ton- und Schluffsteine waren überwiegend halbfest bis fest und erdfeucht bis trocken. In BS 4 wurde im oberen Abschnitt des Lettenkeupers verwitterter Dolomitstein und Tonstein festgestellt, der feucht bis nass und dessen bindige Anteile weich bis breiig waren (Hinweis auf Schichtwasserführung).

Nach den durchgeführten Laboruntersuchungen handelt es sich gem. DIN 18196 beim bindig verwitterten Lettenkeuper um UA-Böden (ausgeprägt plastische Schluffe), nach optischer Einschätzung auch um UM/TM/TL-Böden (mittelplastische Schluffe und Tone, leichtplastische Tone). Die kiesig-bindig verwitterten Dolomitsteine wurden aufgrund der Feldansprache als GU*/GT*-Böden eingestuft (stark schluffige Kiese, stark tonige Kiese).

Schichtgrenzen

Nachfolgend sind in den Tabelle 1 für die einzelnen geologischen Schichten die Höhen der Untergrenzen in mNN und m unter Gelände (=Ansatzpunkt der Kleinbohrungen BS) sowie ihre Mächtigkeiten in den einzelnen Untersuchungspunkten aufgeführt (Aufzählung von Nord nach Süd; „Mächt.“ = Mächtigkeit ; „M**“ = Mächtigkeit des erbohrten Lettenkeupers).

Aufschl.	Flächenbefestigung und Auffüllung			Lößlehm und Verwitterungslehm			verwitterter Gipskeuper			Endtiefe der Bohrungen		
	Untergrenze		Mächt.	Untergrenze		Mächt.	Untergrenze		Mächt.	Bohrsohle		M*
	m	mNN	m	m	mNN	m	m	mNN	m	m	mNN	m
BS 3	0.20	295.95	0.20	1.00	295.15	0.80	2.30	293.85	1.30	3.00	293.15	0.70
BS 1	nicht angetroffen			5.10	294.05	4.95	nicht angetroffen			7.55	291.60	2.45
BS 2	nicht angetroffen			4.80	294.35	4.70	nicht angetroffen			7.00	292.15	2.30
BS 4	1.00	293.65	1.00	nicht angetroffen			nicht angetroffen			5.20	289.45	4.20

Tabelle 1 : geologische Schichten – Untergrenze und Mächtigkeit

Ein Vergleich vorseitiger Tabelle mit dem Lageplan in Anlage 2 und den Bohrprofilen lässt folgende Rückschlüsse zu:

- Flächenbefestigung bzw. Auffüllung wurden nur in der nördlichsten Bohrung BS 3 und der südlichsten Bohrung BS 4 festgestellt.
- Lößlehm und Verwitterungslehm schwanken stark in der Mächtigkeit und erreichen in den höchstgelegenen Bohrungen BS 1 und BS 2 ihre größten Mächtigkeiten.
- Verwitterter Gipskeuper wurde nur in der nördlichsten Bohrung BS 3 festgestellt.
- Die Obergrenze des Lettenkeupers scheint nach Süden hin leicht anzusteigen.
- Die Mächtigkeit der Verwitterungszone im verwitterten Lettenkeuper schwankt zwischen 0.70 und 4.20 Meter. Sie nimmt nach Süden hin offenbar zu.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Den Kleinbohrungen trat bis zur tiefsten Bohrsohle bei 289.45 mNN kein Wasser zu. Somit liegt der Grundwasserspiegel tiefer als 289.45 mNN. Allerdings war der verwitterte Lettenkeuper in BS 4 zuoberst feucht bis nass und die bindigen Anteile weich bis breiig, so daß von einer temporären Schichtwasserführung ausgegangen werden muss.

6. Bodenmechanische Parameter

6.1 Bodenmechanische Kennwerte

Aus den angetroffenen Schichten wurden Bodenproben entnommen und beschrieben (und der Penetrometerwiderstand und falls möglich auch die Scherfestigkeit bestimmt) um anhand der Beschreibungen und Laboruntersuchungen die erforderlichen bodenmechanischen Kennziffern (Dichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Scherfestigkeit, Steifeziffer) rückschließen zu können. Anschließend wurden an 4 Proben der angetroffenen Schichten (Löß- und Verwitterungslehm, bindig verwitterter Lettenkeuper) der natürliche Wassergehalt ermittelt und zur Bodenansprache bzw. Konsistenzermittlung die Konsistenzgrenzen nach ATTERBERG nach DIN 18 122 bestimmt.

Erdstatischen Berechnungen können für die einzelnen Bodenschichten die nachfolgend in Tabelle 5 zusammengestellten Kennwerte zugrundegelegt werden (in Anlehnung an DIN 1055, Blatt 2 sowie Angaben in der Literatur, sowie aufgrund der oben angeführten Laborversuchsergebnisse und eigener Erfahrung mit etwa gleichen Böden ; Q=Quartär als Sammelbegriff für bindige Auffüllung, Löß- und Verwitterungslehm).

Schicht		Qs	Qh	km1	kuvv	kuv
Feuchtdichte	kN/m ³	19.5	20	21	18.5	21
Dichte unter Auftrieb	kN/m ³	9.5	10	11	8.5	11
Kohäsion	kN/m ²	10	20	5	2	15
Reibungswinkel	Grad	20	20	27.5	20	25
Ersatzreibungswinkel	Grad					
mittl. Steifemodul	MN/m ²	4	7	10	5	30

Tabelle 4 : Bodenkennwerte

Legende zu vorseitiger Tabelle (p=Penetrometerwiderstand):

		Bodenart
Qs	= Quartär, steif bis halbfest ; $p < 300 \text{ kN/m}^2$	UM/TM/UA/TA
Qh	= Quartär, halbfest bis fest ; $p > 300 \text{ kN/m}^2$	UM/TM/TA/UA
km1	= verwitterter Gipskeuper, halbfest ; $p > 400 \text{ kN/m}^2$	TL
kuvv	= stark verwitterter Lettenkeuper, steif-weich ; $p < 500 \text{ kN/m}^2$	UA
kuv	= verwitterter Lettenkeuper, halbfest bis fest ; $p > 500 \text{ kN/m}^2$	

Die vorseitig aufgeführten Bodenkennwerte können den einzelnen Bohrprofilen anhand der Beschreibungen zugeordnet werden.

Die Einzelergebnisse der Laboruntersuchungen sind in Anlage 7 tabellarisch aufgeführt.

6.2 Wasserdurchlässigkeiten

Für den anstehenden bindigen Boden kann nach vorliegenden Tabellen anhand der Konsistenzgrenzen der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert abgeschätzt werden. Hier ergibt sich für die untersuchten Bodenproben Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte k_f von 5×10^{-7} bis $1 \times 10^{-9} \text{ m/sec}$.

Gemäß DIN 18 130 sind die anstehenden bindigen Böden somit generell als schwach bis sehr schwach durchlässig zu bezeichnen. (Eingruppierung der Durchlässigkeit s. Tabelle 6).

Bezeichnung	kf-Wert in m/sec	
sehr schwach durchlässig	unter	10^{-08}
schwach durchlässig		10^{-08} bis 10^{-06}
durchlässig	über	10^{-06} bis 10^{-04}
stark durchlässig	über	10^{-04} bis 10^{-02}
sehr stark durchlässig	über	10^{-02}

Tabelle 6 : Durchlässigkeit gem. DIN 18130 Teil 1

6.3 Bodenklasse gem. DIN 18 300

Die natürlich abgelagerten Böden sind den in Tabelle 7 aufgeführten Bodenklassen zuzuordnen.

geologische Bezeichnung	Bodenklasse
Lößlehm	4-6
Verwitterungslehm	4-5
Gipskeuper	4
Lettenkeuper	2-6

Tabelle 7 : Bodenklassen der Böden

Unterhalb der Bohrsohlen ist mit Lettenkeuperfels der Klasse 6 und 7 zu rechnen.

Nachfolgend sind in Tabelle 8 die Eingruppierungen in die Bodenklassen (Bkl) gem. DIN 18300 kurz aufgeführt (gilt für Lösen, Laden, Fördern und Verdichten von Boden und Fels).

Bkl	Bezeichnung	Körnung, Plastizität und Konsistenz	Gruppe nach DIN 18 196
1	Oberboden Mutterboden	oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z.B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemische, auch Humus und Bodenlebewesen enthält	
2	Fließende Bodenarten	1) wasserhaltende organische Böden 2) feinkörnige Böden von flüssiger-breiiger Beschaffenheit ($I_c < 0.5$) 3) organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen mit $I_c < 0.5$ 4) gemischtkörnige Böden mit $I_c < 0.5$ Die Zugehörigkeit der Böden 2), 3) und 4) zur Klasse 2 setzt voraus, dass sie beim Lösen ausfließen Das Ausfließen von grobkörnigen Böden der Gruppen SE, SW, SI, GW, GI, GE ist dagegen kein kennzeichnendes Kriterium	1) HN, HZ, F 2) UL, UM, UA, TL, TM, TA 3) OU, OT, OH, OK 4) SU*, ST*, GU*, GT*
3	Leicht lösbare Bodenarten	schwachbindige Böden (Anteile kl. 0.063 mm < bzw. = 15 Gew.%) mit max. 30 Gew.% Steinen von 63 mm bis 315 mm Durchmesser (=0.01 m ³ Rauminhalt) und Torfe mit geringem Wassergehalt, sofern sie beim Ausheben standfest bleiben	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, GT, SU, ST, HN
4	Mittelschwer lösbare Bodenarten	leicht bis mittelplastische bindige Böden ($w_l \leq 0.5$), organogene Böden und gemischtkörnige Böden (Anteile kl. 0.063 mm 15-40 Gew.%) von weicher-halbfester Konsistenz ($I_c > 0.5$) und max. 30 Gew.% Steine von 63-300 mm Durchmesser	UL, UM, UA, TL, TM, OU, OH, OK, SU*, ST*, GU*, GT*
5	Schwer lösbare Bodenarten	Bodenarten nach 3+4, jedoch mehr als 30 Gew.% Steine von 63-315 mm Durchm. und weniger als 30 Gew.% Grobsteine von 315-630 mm Durchmesser Ausgeprägt plastische Tone ($w_l > 0.5$) von weicher-halbfester Konsistenz ($I_c > 0.5$)	wie 3+4, TA, OT
6	Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	Bodenarten wie 3+4, jedoch mehr als 30 Gew.% Grobsteine (0.01-0.1 m ³ Volumen = 315-630 mm Durchm.). Bodenarten wie 4+5 aber feste Konsistenz. Fels (mineralisch gebunden), stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich und verwittert	
7	Schwer lösbarer Fels	Fels (mineralisch fest gebunden), wenig klüftig und verwittert, Festgelagerter unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, verfestigte Schlackenhalde aus Hüttenwerken. Steinblöcke >0.1 m ³ Volumen	

Tabelle 8 : Bodenklassen nach DIN 18 300

6.4 Bodenklasse gem. DIN 18 319 (18 301-2000)

Die natürlich abgelagerten erbohrten Böden sind den in Tabelle 9 aufgeführten Bodenklassen zuzuordnen (3. Spalte nach DIN 18 301 - 2006).

geologische Bezeichnung	Bodenklasse (DIN 18 319)	Bodenklasse (DIN 13 301-2006)
Lößlehm	LBM 2-3	BB 2-4
Verwitterungslehm	LBM 2	BB 2-3
Gipskeuper	LBM 2	BB 3
Lettenkeuper	LBM 1-3 - FZ1 - FD 3	BB 1-4 - FV 1-2 (FD 1-3)

Tabelle 9 : Bodenklassen der Böden

Nachfolgend sind in den Tabellen 10 bis 12 die Eingruppierungen in die Bodenklassen (Bkl) gem. DIN 18 319 (18 301-2000) kurz aufgeführt (gilt für Rohrvortriebsarbeiten in Boden und Fels). Die Einstufungen nach der DIN 18 301 Stand 2006 liegen dem Gutachten als Anlage 16 bei.

Lockergestein nichtbindig (LN), Korngröße ≤ 63 mm		
Lagerung	enggestuft	weit oder intermittierend gestuft
	Klasse	Klasse
Locker	LNE1	LNW1
Mitteldicht	LNE2	LNW2
Dicht	LNE3	LNW3
Lockergestein bindig (LB), Korngröße ≤ 63 mm		
Konsistenz	mineralisch	organogen
	Klasse	Klasse
Breig-weich	LBM1	LBO1
Steif-halbfest	LBM2	LBO2
Fest	LBM3	LBO3

Tabelle 10 : Bodenklassen nach DIN 18 319 (18 301-2000) für Lockergesteine

Kommen in Lockergesteinen (LN und LB) Steine (Korngröße >63 mm) vor, so wird in Abhängigkeit von Größe und Anteil der Steine bis 600 mm Durchmesser zusätzlich zu den Klassen gem. Tab. 10 klassifiziert. Steine >600 mm werden hinsichtlich Größe und Anteil gesondert angegeben. Diese Zusatzklassen sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Massenanteil der Steine	Steingröße	
	bis 300 mm	bis 600 mm
	Klasse	Klasse
bis 30 %	S 1	S 3
über 30%	S 2	S 4

Tabelle 11 : Zusatzklassen nach DIN 18 319 (18 301-2000) in Lockergesteine

Festgesteine werden nach DIN 18 319 (18 301-2000) wie folgt klassifiziert :

Einaxiale Druckfestigkeit in MN/m ²	Festgestein (Tfa = Trennflächenabstand)	
	Tfa im Dezimeterbereich	Tfa im Zentimeterbereich
	Klasse	Klasse
bis 5	FD 1	FZ 1
über 5 bis 50	FD 2	FZ 2
über 50 bis 100	FD 3	FZ 3
über 100	FD 4	FZ 4

Tabelle 12 : Klasse der Festgesteine nach DIN 18 319 (18 301-2000)

6.5 Chemische Analysen der Asphaltproben

Die Asphaltprobe repräsentiert folgenden Bereich :

Probenbezeichnung	Bohrung und Tiefe (in m unter OK Gelände)
WB 209 (Asphalt)	BS 4 (0.00-0.08)

6.5.1 Allgemeine Bewertungsgrundlagen und Richtwerte

Die Bewertung der Analysenergebnisse erfolgt nach den Grenzwerten (Z-Werte) der Tabelle 1 Auf Seite 11 der „Vorläufigen Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg vom 13. 04.2004. Zur Beurteilung der Verwertbarkeit wurden hier 3 Gruppen mit den Zuordnungswerten Z1.1, Z1.2 und Z2 gebildet. Die Einbaukonfiguration ist in den „Vorläufigen Hinweisen“ aufgeführt (Abschnitt 8). Ergänzend erfolgt die Bewertung noch nach den „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB 01, Ausgabe 2001, Fassung 2005 (RuVa-StB 01-2005).

6.5.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Nachfolgend sind in Tabelle 13 die Laborergebnisse des in der Asphaltprobe analysierten PAK-Gehalts in der Originalsubstanz aufgeführt.

Parameter	PAK n. EPA	Ben- zoapy- ren	Phe- nolge- halt
Einheit	mg/kg	mg/kg	µg/l
Z 1.1	10		20
Z 1.2	15		50
Z 2	35		100
Probe „WB 209“	10	1.1	<0.01

Tabelle 13 : Laborergebnisse der Asphaltproben – Originalsubstanz

- Z 1.1-2 = Zuordnungswerte gem. Tabelle für Baustoffrecycling in der Originalsubstanz und im Eluat bei Überschreitung des Z 1.1-Wertes Fettdruck
- na = nicht analysiert

Die Laborprotokolle (Einzelergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen) sind dem Gutachten als Anlage 9 beigefügt.

Abfälle auf Deponien vom 14. Juni 2007 (Organische Schadstoffe), aktualisiert am 15.12.2009.

Die Gruppen der LAGA und der neuen Verwaltungsvorschrift sind in Tab. 15a/b auf Seite 19 und 20 näher erläutert.

6.6.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Nachfolgend sind in Tabelle 14 die Laborergebnisse der in der Schotterprobe analysierten PAK-Gehalte in der Originalsubstanz aufgeführt.

Parameter	PAK n. EPA	Ben- zoapy- ren
Einheit	mg/kg	mg/kg
Z 0 Kies	3	0.3
Z 0* IIIA	3	0.3
Z 0*	3	0.6
Z 1.1	3	0.9
Z 1.2	9	0.9
Z 2	30	3
DK 0	≤ 30	
DK I	≤ 200	
DK II	≤ 1000	
DK III	kGd	
Probe „WB 1047“	3.6	0.39

Tabelle 14 : Laborergebnisse der Schotterproben – Originalsubstanz

- Z 0-2 = Zuordnungswerte gem. LAGA in der Originalsubstanz und im Eluat bei Überschreitung des Z0-Wertes Fettdruck
- DK 0-3 = Zuordnungswerte gem. Deponieverordnung in der Originalsubstanz und im Eluat bei Überschreitung des DK0-Wertes Fettdruck
- kGd = kein Grenzwert definiert

Die Laborprotokolle (Einzelergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen) sind dem Gutachten als Anlage 10 beigelegt.

6.6.3 Bewertung der Laboranalysen

Die Schotterprobe ist den auf Seite 18 aufgeführten Kategorien zuzuordnen.

Diese Bewertungskriterien für die stoffliche Verwertung von Böden (mineralische Reststoffe und Abfälle/ Böden nach LAGA 1994) ermöglichen in Abhängigkeit von den Belastungen eine "Verwertungsmöglichkeit" von Reststoffen, Abfällen bzw. auch Böden zu beurteilen. Zur Beurteilung wurden die vier Gruppen mit den Zuordnungswerten Z 0, Z 1.1, Z 1.2, Z 2 gebildet, welche durch die Verwaltungsvorschrift 2007 um den Zuordnungswert Z0* (und Z0* IIIA) erweitert wurde. Zudem wurde in dieser Verwaltungsvorschrift der Z0-Wert von der Bodenart abhängig gemacht (Z0 Sand oder Z0 Lehm/Schluff oder Z0 Ton). Böden, welche > Z2 belastet sind, müssen in der Regel in Abhängigkeit der Schadstoffgehalte einer Entsorgung (Hausmüll-/Sondermülldeponie) oder Sanierung (Bodenwäsche, ON SITE oder OFF-SITE-Sanierverfahren, o.ä.) zugeführt werden.

Die Gruppen der LAGA und der neuen Verwaltungsvorschrift sind in Tabelle 15a und 15b (auf Seite 20) näher erläutert.

Z-Werte	Einbaumöglichkeiten	Ausnahmen
Z 0	<i>Uneingeschränkter Einbau</i>	Aus Vorsorgegründen ist der Einbau von Bodenmaterial aus Bodenbehandlungen oder Altlastsanierungen auf folgenden, sensiblen Flächen zu vermeiden (LAGA 1994): - Kinderspielplätze, Bolzplätze, Sportanlagen und Schulhöfe - Klein- und Hausgärten - gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzte Flächen - festgesetzte oder geplante Trinkwasserschutzgebiete oder Heilquellenschutzgebiete (Zone 1 und 2)
Z 0*	<i>Uneingeschränkter Einbau, sofern oberhalb des Z0*-Bodens eine mind. 2 m mächtige Abdeckung (incl. durchwurzelbarer Bodenschicht) aus Bodenmaterial erfolgt, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält.</i>	a) Sohle der Verfüllung hat einen Mindestabstand zum höchsten Grundwasserstand von unter 1m. b) Verfüllung liegt innerhalb festgesetzter oder geplanter Trinkwasserschutzgebiete IIIa, Heilquellenschutzgebiete III oder III/1, Wasservorranggebieten oder Karstgebieten ohne ausreichende Deckschichten und deren Randgebiete Punkt b) entfällt, wenn die Zuordnungswerte Z0* IIIA eingehalten werden

Tabelle 15a : LAGA-Kategorie Z0 und Z0*

Z-Werte	Einbaumöglichkeiten	Ausnahmen
Z 1	<p><i>Verwertung in technischen Bauwerken (offen) - Eingeschränkter offener Einbau</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen - Straßenbau und begleitende Erdbaumaßnahmen - Parkanlagen mit geschlossener Vegetationsschicht - bergbauliche Rekultivierungsmaßnahmen <p><i>Für ungünstige Hydrogeologie gelten die Z 1.1-Werte. Für günstige Hydrogeologie (z.B. mind. 2 m mächtige Tondeckschicht) gelten die Z 1.2-Werte</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Naturschutzgebiete und Biosphärenreservate - Überschwemmungsgebiete - Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete - bei Z 0 genannte sensible Flächen
Z 2	<p><i>Verwertung in technischen Bauwerken bei definierten technischen Sicherungsmaßnahmen - Eingeschränkter Einbau</i></p> <p>Für Einbau gelten folgende Einschränkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mineralische Oberflächenabdichtung mit Rekultivierungsschicht - wasserundurchlässige Deckschichten aus Beton, Asphalt oder Pflaster - gebundene Tragschichten - Im Bereich von Deponiekörpern z.B. Zwischenabdeckschichten 	<ul style="list-style-type: none"> - Flächen mit häufigen Aufbrüchen - Wasservorranggebieten - Forstgebiete - Dränschichten - die bei Z 1 genannten Ausschlussflächen

Tabelle 15b : LAGA-Kategorie Z1 und Z2

6.7.2 Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Bodenmischprobe

Die Bewertung der Analysenergebnisse erfolgt nach den Grenzwerten (Z-Werte, DK-Werten) der Tabelle 6-1 auf Seite 24 der Verwaltungsvorschrift von 2007 und nach den Grenzwerten der neuen Deponieverordnung (Tabelle 2 auf Seite 36+37 der DepV).

Nachfolgend sind bis zur Seite 23 in den Tabellen 16a-c die Laborergebnisse der in den Mischproben analysierten Parameter in der Originalsubstanz bzw. in Tabelle 16d-e im Eluat für den Untersuchungsumfang der LAGA bzw. Verwaltungsvorschrift aufgeführt, in Tabelle 17a-d für den Untersuchungsumfang Deponieverordnung.

Parameter	PAK	Ben- zoapy- ren	PCB	LHKW	BTEX	EOX	KW C ₁₀₋₂₂	KW C ₁₀₋₄₀
Einheit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Z 0 Lehm/Schluff	3	0.3	0.05	1	1	1	100	100
Z 0* IIIa	3	0.3	0.05	1	1	1	100	100
Z 0*	3	0.6	0.1	1	1	1	200	400
Z 1.1	3	0.9	0.15	1	1	3	300	600
Z 1.2	9	0.9	0.15	1	1	3	300	600
Z 2	30	3	0.5	1	1	10	1000	2000
Probe „C 94“	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.05	<0.5	<50	<50

Tabelle 16a : Laborergebnisse der Mischprobe – Originalsubstanz - Teil 1

Parameter	Cyanid	Arsen	Blei	Cadm.	Chrom	Kupfer	Nickel	Quecks.
Einheit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Z 0 Lehm/Schluff	-	15	70	1	60	40	50	0.5
Z 0* IIIa	-	15/20	100	1	100	60	70	1
Z 0*	-	15/20	140	1	120	80	100	1
Z 1.1	3	45	210	3	180	120	150	1.5
Z 1.2	3	45	210	3	180	120	150	1.5
Z 2	10	150	700	10	600	400	500	5
Probe „C 94“	<0.3	7.7	9.7	<0.3	40	11	21	0.13

Tabelle 16b : Laborergebnisse der Mischprobe – Originalsubstanz - Teil 2

Parameter	Thall.	Zink
Einheit	mg/kg	mg/kg
Z 0 Lehm/Schluff	0.7	150
Z 0* IIIa	0.7	200
Z 0*	0.7	300
Z 1.1	2.1	450
Z 1.2	2.1	450
Z 2	7	1500
Probe „C 94“	<0.3	28

Tabelle 16c : Laborergebnisse der Mischprobe - Originalsubstanz - Teil 3

Parameter	pH-W.*	Leitföh.*	Chlorid	Sulfat	Cyanid	Phenol.	Arsen	Blei
Einheit		µS/cm	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Z 0 Lehm/Schluff	6.5-9.5	250	30	50	5	20	-	-
Z 0* IIIa	6.5-9.5	250	30	50	5	20	14	40
Z 0*	6.5-9.5	250	30	50	5	20	14	40
Z 1.1	6.5-9.5	250	30	50	5	20	14	40
Z 1.2	6-12	1500	50	100	10	40	20	80
Z 2	5.5-12	2000	100	150	20	100	60	200
Probe „C 94“	8.24	141	3.15	8.07	<5	<10	<1	<1

Tabelle 16d : Laborergebnisse der Mischprobe - Eluat - Teil 1

Parameter Einheit	Cadm. µg/l	Chrom µg/l	Kupfer µg/l	Nickel µg/l	Quecks µg/l	Thall. µg/l	Zink µg/l
Z 0 Lehm/Schluff	-	-	-	-	-	-	-
Z 0* IIIa	1.5	12.5	20	15	0.5	-	150
Z 0*	1.5	12.5	20	15	0.5	-	150
Z 1.1	1.5	12.5	20	15	0.5	-	150
Z 1.2	3	25	60	20	1	-	200
Z 2	6	60	100	70	2	-	600
Probe „C 94“	<0.1	<1	2	1	<0.1		10

Tabelle 16e : Laborergebnisse der Mischprobe - Eluat – Teil 2

Legende zu den vorseitigen Tabellen und der vorstehenden Tabelle :

Z 0-2 = Zuordnungswerte gem. LAGA in der Originalsubstanz und im Eluat bei Überschreitung des Z0-Wertes Fettdruck

* = eine Überschreitung dieser Parameter (pH-Wert und Leitfähigkeit) allein ist kein Ausschlusskriterium

Parameter Einheit	Glühver- lust %	TOC %	lipophi- le St. %	BTEX mg/kg	PCB mg/kg	KW C ₁₀₋₄₀ mg/kg	PAK mg/kg
DK 0	≤ 3	≤ 1	≤ 0.1	≤ 6	≤ 1	≤ 500	≤ 30
DK I	≤ 3	≤ 1	≤ 0.4	≤ 6	≤ 5	≤ 4000	≤ 200
DK II	≤ 5	≤ 3	≤ 0.8	≤ 6	≤ 10	≤ 8000	≤ 1000
DK III	≤ 10	≤ 6	≤ 4	kGd	kGd	kGd	kGd
Probe „C 94“	4.2	0.2	<0.03	<0.05	<0.005	<50	<0.05

Tabelle 17a : Laborergebnisse der Mischprobe – Originalsubstanz

Parameter Einheit	pH-W.	DOC mg/l	Phenol mg/l	Arsen mg/l	Blei mg/l	Cadmi- um mg/l	Chrom gesamt mg/l	Kupfer mg/l
DK 0	5.5-13	≤ 50	≤ 0.1	≤0.05	≤ 0.05	≤ 0.004	≤ 0.05	≤0.2
DK I	5.5-13	≤ 50	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 0.3	≤ 1
DK II	5.5-13	≤ 80	≤ 50	≤ 0.2	≤ 1	≤ 0.1	≤ 1	≤5
DK III	4-13	≤ 100	≤100	≤ 2.5	≤ 5	≤ 0.5	≤ 7	≤10
Probe „C 94“	8.24	2.51	<0.01	<0.001	<0.001	<0.0001	<0.001	0.002

Tabelle 17b : Laborergebnisse der Mischprobe – Eluat - Teil 1

Parameter	Nickel	Quecksilber	Zink	Fluorid	Cyanid l.f.	GgF *	Barium	Molybdän
Einheit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DK 0	≤ 0.04	≤ 0.001	≤ 0.4	≤ 1	≤ 0.01	≤ 400	≤ 2	≤ 0.05
DK I	≤ 0.2	≤ 0.005	≤ 2	≤ 5	≤ 0.1	≤ 3000	≤ 5	≤ 0.3
DK II	≤ 1	≤ 0.02	≤ 5	≤ 15	≤ 0.5	≤ 6000	≤ 10	≤ 1
DK III	≤ 4	≤ 0.2	≤ 20	≤ 50	≤ 1	≤ 10000	≤ 30	≤ 3
Probe „C 94“	0.001	<0.0001	0.010	0.85	<0.005	44	0.062	<0.001

Tabelle 17c : Laborergebnisse der Mischprobe – Eluat - Teil 2

Parameter	Antimon	Antimon-CO-Wert	Selen	Chlorid *1)	Sulfat *1)
Einheit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
DK 0	≤ 0.006	≤ 0.1	≤ 0.01	≤ 80	≤ 100
DK I	≤ 0.03	≤ 0.12	≤ 0.03	≤ 1500	≤ 2000
DK II	≤ 0.07	≤ 0.15	≤ 0.05	≤ 1500	≤ 2000
DK III	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 0.7	≤ 2500	≤ 5000
Probe „C 94“	<0.001		<0.001	3.15	8.07

Tabelle 17d : Laborergebnisse der Mischprobe – Eluat - Teil 3

Legende zu den vorseitigen und vorstehenden Tabellen :

DK 0-3 = Zuordnungswerte gem. Deponieverordnung in der Originalsubstanz und im Eluat bei Überschreitung des DK0-Wertes Fettdruck

kGd = kein Grenzwert definiert

GgF * = Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen (früher als Wasserlösliche Anteile (Abdampfrückstand) bezeichnet)

*1) = Statt der Bewertung von Chlorid und Sulfat kann die Bewertung von GgF angesetzt werden

Die Laborprotokolle (Einzelergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen) sind als Anlage 11 bis 14 beigelegt.

6.7.3 Bewertung der Laboranalysen

Nach den ausgeführten Analysen ist der im Aushub anfallende Boden (bindige Auffüllung, Hanglehm, Gipskeuper) folgenden Kategorien zuzuordnen:

Probe „C 94“ - anfallender Boden :

Nach LAGA bzw. der Verwaltungsvorschrift : **Z 0**

Nach der Deponieverordnung : **DK 0** (Überschreitung des DK0-Wertes für den Glühverlust wird durch Einhaltung des DK0-Wertes für TOC kompensiert).

6.8 Verdichtbarkeitsklassen

Bei den Aushubarbeiten fällt aufgefüllter Boden in Form von Schottertragschicht und bindigem Boden (Straßenbereich) und anstehender Boden in Gestalt von Lößlehm, Verwitterungslehm, verwittertem Gipskeuper und Lettenkeuper an. Die Konsistenz der bindigen Böden ist größtenteils bei steif bis halbfest angesiedelt, partiell aber auch bei weich bis breiig oder bei halbfest bis fest. Nach DIN 18 196 sind die bindigen Böden den Bodenarten TL/TM/UM/TA/UA zuzuordnen. Bei der Schottertragschicht handelt es sich um GW-Boden. Somit handelt es sich bei diesen Böden in der Hauptsache um Verdichtbarkeitsklasse V 3 und 2, bei der Schottertragschicht V 1.

Nachstehend sind die Eingruppierungen in die Verdichtbarkeitsklassen gem. ZTVE (ZTVE StB 94, Tabelle 77 ; Kommentar FLOSS) in Tabelle 18 aufgeführt.

Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodenart n. DIN 18196
V 1 (gut verdichtbar)	nichtbindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW,GI,GE,SW,SI,SE, GU,GT,SU,ST
V 2 („mittelgut“ verdichtbar)	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*,GT*,SU*,ST*
V 3 (weniger gut verdichtbar)	bindige, feinkörnige Böden	TL,TM,UL,UM,(TA,UA)
*) = gemischtkörnige Böden Die in DIN 18196 aufgeführten Böden der Bodengruppen HN, HZ, F, OU, OT, OK und UA sowie TA sind für das Verfüllen von Leitungsgräben nicht geeignet.		

Tabelle 18 : Einstufung von Böden in Verdichtbarkeitsklassen

Die Angabe der Verdichtbarkeitsklasse sagt allerdings noch nichts über die generelle Einbaubarkeit aus. So eignen sich z.B. bindige Böden der Klassen V 2 und V 3 bei zu hohen natürlichen Wassergehalten ohne zusätzliche Maßnahmen nicht zum Wiedereinbau.

Nach der ZTVA-StB 89 sind für die Verfüllzone i.d.R. Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 1 zu verwenden. Falls nur auf Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 2 und V 3 zurückgegriffen werden kann, so muss bei geforderter 100 %-iger Proctordichte der Einbauwassergehalt etwa dem beim Proctorversuch ermittelten optimalen Wassergehalt entsprechen. Zudem sind Böden mit organischen Beimengungen grundsätzlich nicht geeignet für die Wiederverfüllung von Gräben.

6.9 Angaben zum Bindemittelbedarf

Bei den im Aushub anfallenden Böden handelt es sich überwiegend um bindige Bodenarten, deren Wiederverwertbarkeit von deren natürlichem Wassergehalt abhängt. Bei zu hohen

Wassergehalten sind bei diesen Böden i. d. R. bodenverbessernde Maßnahmen (z. B. Einfräsen von Weißfeinkalk) üblich und auch möglich. Da bei den Kleinbohrungen für die Durchführung von Proctorversuchen zur Ermittlung der Proctordichte und des optimalen Wassergehaltes zu geringe Probemengen anfallen, wurde für die Ermittlung des Bindemittelbedarfs eine überschlägige Einschätzung an Hand der aus dem entsprechenden Diagramm im Grundbautaschenbuch, 4. Auflage, Teil 1 Bild 69 für die einzelnen Proben des Auelehms, Hanglehms und der bindigen Talsande ermittelten Proctordichte und des optimalen Wassergehaltes vorgenommen (ausgehend von der Erfahrung, dass 1 Gew.% Kalk 1.5 Gew.% Wasser binden kann). Die Einzelergebnisse sind aus den tabellarischen Darstellungen der Bodenkennwerte in Anlage 7 ersichtlich. Hierbei zeigt sich, dass der gem. Grundbautaschenbuch überschlägig ermittelte Kalkbedarf für eine Verdichtung von 100 % Proctordichte für die anfallenden Böden bei bis zu ca. 80 kg/m³ liegt, wobei der Mittelwert deutlich niedriger liegt (bei ca. 35 kg/m³).

Bei Verdichtung von 95-97 % kann bei steifer bis halbfester Konsistenz vermutlich sogar auf eine Bodenverbesserung verzichtet werden (lediglich in weichen Bereichen sollten ca. 20 kg/m³ vorgesehen werden).

Die angegebenen Werte der Bindemittelgehalte stellen allerdings lediglich eine erste orientierende Einschätzung dar, zumal die Angaben nur an Hand des Diagramms aus dem Grundbautaschenbuch ermittelt und nicht durch Proctorversuche untermauert wurden. Sie basieren ferner auf den zum Untersuchungszeitpunkt angetroffenen Verhältnisse. Bei weiterer Durchfeuchtung, insbesondere auch in Verbindung mit Frost, können beträchtlich höhere Zugabemengen erforderlich werden. Wir empfehlen daher, sofern die Wiederverwertung des anfallenden Aushubs ins Auge gefasst wird (Bodenverbesserung müßte dann aber andernorts erfolgen, da eine Bodenverbesserung vor Ort bei der innerörtlichen Lage kaum durchführbar sein wird) eine Überprüfung der Angaben durch entsprechende Untersuchungen mit Beginn der Erdarbeiten.

7. Auswertung im Hinblick auf die Aufgabenstellung – Kanal/Straße

7.1 Kanalbau

Nach den vorliegenden Planunterlagen liegt der Kanal DN 315-354 ca. 4.5-7 m unter Gelände. Die Aushubsohle wird (ohne Rohraufleger) ca. 20 cm tiefer liegen.

Nachfolgend sind in Tabelle 19 die in den Untersuchungspunkten angetroffenen, geologischen Verhältnisse in den ermittelten ca. Kanaltiefen zusammengefasst (Angaben in m unter OK Aufschlusspunkt und in Klammer rückgeschlossene ca. Kanalsohle in mNN ; Aufzählung von Nord nach Süd).

BS	Kanalsohle	geologische und hydrogeologische Verhältnisse in Kanalsohle	Grabenwände
3	3.65 (292.50)	Aushubsohle liegt unter Bohrsohle harter Lettenkeuper	standsicher unter ca. 60 Grad
1	7.40 (291.75)	fester verwitterter Lettenkeuper ; kein Wasserzutritt	standsicher unter ca. 50 Grad
2	8.15 (291.00)	Aushubsohle liegt unter Bohrsohle harter Lettenkeuper	standsicher unter ca. 50 Grad
4	4.85 (289.80)	halbfester verwitterter Lettenkeuper ; kein Wasserzutritt (temporär aber Schichtwasser !!)	standsicher unter ca. 45 Grad

Tabelle 19 : Verhältnisse beim Kanalbau

7.1.1 Fels der Klasse 6 und 7 gem. DIN 18 300

Bei den Aushubarbeiten ist im anstehenden Boden ab ca. 2.5-5 m unter OK Gelände mit Fels der Klasse 6+7 zu rechnen.

7.1.2 Rohraufleger

Wie Tabelle 19 entnommen werden kann, befinden sich die Rohrsohlen im halbfesten bis festen Lettenkeuper, partiell im harten Lettenkeuper (unter den Bohrsohlen). In diesen Böden kann von einer geeigneten Auflage für den Kanal ausgegangen werden. Die Ausbildung des Auflagers bzw. der Leitungszone entsprechend DIN 4033 wird in diesen Bereichen für ausreichend erachtet. Sollten partiell weiche bis steife Bereiche auftreten, empfiehlt es sich, die Grabensohle tiefer auszuheben und gegen ein Auflager aus verdichtungsfähigem Material (z.B. Splitt-Schotter-Gemisch über Geotextil (mind. GRK 3) auszutauschen. Die Mindestaustauschmächtigkeit kann dann nach der Formel $d = 0.5 \times DN$ ermittelt werden.

7.1.3 Kanalgrabenböschungen

Gem. Tabelle 19 können je nach Konsistenz der angetroffenen Böden bei Böschungen über 1.75 m Höhe Böschungswinkel von ca. 45-60 Grad für eine freie Abböschung zugelassen werden. Bei den z.T. sehr tiefen Einschnitten ins bestehende Gelände und zur Vermeidung von größeren Aushubmassen empfiehlt es sich allerdings die Kanalgrabenböschungen unter Zuhilfenahme eines konventionellen Kanalgrabenverbaus zu sichern. Dieses wandernde

Verbauelement kann bei abschnittweisem Aushub nach Beendigung des Aushubs eingesetzt werden, wobei in sehr weichen Bereichen (bei BS 4), die Abschnitte entsprechend kurz zu wählen sind und die Verbauelemente unmittelbar nach dem Aushub eingestellt werden müssen, um ein Nachbrachen der Böschungswände zu verhindern.

Bei der Herstellung der Kanalgräben sind die entsprechenden Vorschriften der DIN 4124 „Baugruben und Gräben“ zu berücksichtigen.

7.1.4 Verfüllung der Leitungsgräben

Sollen Setzungen der Kanalgrabenverfüllung vermieden werden, ist die Verfüllung nach technischen Regelwerken vorzunehmen. Hinsichtlich der Verfüllung von Leitungsgräben gibt die ZTVE-StB 94 die nachfolgend in Tabelle 20 zusammengestellten Verdichtungsanforderungen vor.

Anzustrebende Verdichtungsgrade im Kanalbau		
Grobkörnige Böden		
Bereich	Bodengruppen	D _{Pr} in %
bis 0.5 m unter Planum	GW, GI, GE, SW, SI, SE	100
0.5 m bis Leitungszone	GW, GI, GE, SW, SI, SE	98
Leitungszone	generell D _{Pr} = 97 %	
Gemischtkörnige und bindige Böden		
Bereich	Bodengruppen	D _{Pr} in %
bis 0.5 m unter Planum	GU, GT, SU, ST	100
	GU*, GT*, SU*, ST*, UL, UM, TL, TM	97
0.5 m bis Leitungszone	GU, GT, SU, ST, OH, OK	97
	GU*, GT*, SU*, ST*, UL, UM, TL, TM	95
Leitungszone	generell D _{Pr} = 97 %	
Luftporenanteil bei Böden der Bodengruppen GU*, GT*, SU*, U, T max. 12 %.		

Tabelle 20 : Verdichtungsanforderungen

Wie bereits in Abschnitt 7.8 auf Seite 24 aufgeführt, fällt bei den Aushubarbeiten unter dem Oberboden bzw. dem Straßenaufbau bindiger Boden (Straßenbereich bei BS 4) und anstehender Boden in Gestalt von Lößlehm, Verwitterungslehm, verwittertem Gipskeuper und Lettenkeuper an, unter den Bohrsohlen auch unverwittertem Lettenkeuper. Die Konsistenz der bindigen Böden ist größtenteils bei steif bis halbfest angesiedelt, partiell aber auch bei weich bis breiig oder bei halbfest bis fest.

Nach DIN 18 196 sind die bindigen Böden den Bodenarten TL/TM/UM/TA/UA zuzuordnen. Bei der Schottertragschicht handelt es sich um GW-Boden. Somit handelt es sich bei diesen Böden in der Hauptsache um Verdichtbarkeitsklasse V 3 und 2, bei der Schottertragschicht V 1.

Nach der ZTVA-StB 89 sind für die Verfüllzone i.d.R. Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 1 zu verwenden. Falls nur auf Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 2 und V 3 zurückgegriffen werden kann, so muss der Einbauwassergehalt etwa dem beim Proctorversuch ermittelten optimalen Wassergehalt entsprechen.

Wie die Auswertung der Konsistenzgrenzen und die ausgeführten Proctorversuche zeigen, liegen die nat. Wassergehalt z.T. über dem optimalen Wassergehalt, z.T. darunter. Mit den anfallenden Böden können beim Wiedereinbau Verdichtungen bis zu 97 % Proctordichte vermutlich ohne Bindemittelzugabe erreicht werden, wobei weiche Bereiche auszusondern und der Boden vor Vernässungen geschützt werden muss (geht bei Wasseraufnahme rasch in eine weiche Konsistenz über und kann dann ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht wiederverwertet werden).

Müssen Verdichtungen >97 % bis 100 % erreicht werden, sind zumindest die steifen bis halbfesten Böden mit einem geeigneten Bindemittel zu verbessern oder es ist geeignetes Fremdmaterial einzubauen. Zur Bodenverbesserung wird ein Mischbindemittel (Kalk-Zement-Gemisch) empfohlen, da Erfahrungen gezeigt haben, dass bei Verwendung eines Mischbindemittels der Boden eine höhere Langzeitfestigkeit aufweist und bei Regen oder Frost nur noch wenige mm tief aufweicht oder auffriert. Zur Ermittlung der erforderlichen Bindemittelmenge empfiehlt sich im Vorfeld die Durchführung weiterer Proctorversuche in Verbindung mit Wassergehaltsbestimmungen. Nach den vorliegenden Untersuchungen kann zur Kalkulation von einer mittleren Bindemittelmenge von 35 kg/m³ ausgegangen werden (100 % Proctordichte) bzw. 10 kg/m³ (98 % Proctordichte).

Im Übrigen verweisen wir auf die entsprechenden Abschnitte der ZTVE - StB 94, wo nähere Angaben zum Verfüllen, zu den Baustoffen und zum Einbau und Verdichten (mit Verdichtungsgerät und empfohlenen Übergängen in Abhängigkeit der Bodenart) aufgeführt werden.

7.1.5 Wasserhaltung

Auf der Grundlage der Kleinbohrungen ist während der Kanalarbeiten nicht mit Grundwasserzutritten zu rechnen.

Sollten Wasserführungen festgestellt werden, sind dann im Bereich der Schächte Sperrriegel entweder aus Beton oder aus sehr gering durchlässigem binden Boden einzubauen, um Grundwasserlängsläufigkeiten zu verhindern. Beim Einbau von Boden muss dessen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k_f unter 5×10^{-10} m/sec liegen (Einbau in Lagen von 20 cm und Verdichtung auf mind. 97 % Proctordichte, Luftporengehalt <12 %).

Es empfiehlt sich in der Ausschreibung sicherheitshalber eine Position Wasserhaltung vorzusehen. Diese kann mit einer herkömmlichen Schmutzwasserpumpe, mit einer Förderrate von ca. 5 l/s, bewältigt werden. Die Grabensohle muss während der Arbeiten durch geeignete Maßnahmen (ggf. Sickerpackungen oder -leitungen) für die Verlegung wasserfrei gehalten werden. Das den Gräben zutretende Wasser ist in einem Pumpensumpf zu sammeln und dem nächsten Vorfluter zuzuführen.

7.1.6 Entsorgung anfallenden Bodens

Die Untersuchungen zeigen, dass beim Aushub im Straßenbereich auch aufgefüllter Boden anfällt, dessen kiesige Bestandteile in Kleinbohrung BS 4 u.a. aus Ziegelbruch bestand.

Zur Weiterverwertung bzw. Deponierung aufgefüllter Böden mit Fremd Beimengungen wurden 1994 bundeseinheitliche Bewertungskriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (abgekürzt „LAGA“) geschaffen und festgelegt bzw. mit der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterials von 2007 (einführt am 14. März 2007 - Az.: 25-8980.08M20 Land/3) variiert. Diese Bewertungskriterien ermöglichen in Abhängigkeit von den Belastungen eine "Verwertungsmöglichkeit" von Reststoffen, Abfällen bzw. auch Böden zu beurteilen. Zur Beurteilung wurden die vier Gruppen mit den Zuordnungswerten Z 0, Z 1.1, Z 1.2, Z 2 gebildet. Böden, welche > Z2 belastet sind, müssen in der Regel in Abhängigkeit der Schadstoffgehalte einer Entsorgung (Hausmüll-/Sondermülldeponie) oder Sanierung (Bodenwäsche, ON SITE oder OFF-SITE-Sanierverfahren, o.ä.) zugeführt werden.

Wie die Untersuchung der Mischprobe der im Aushub anfallenden Auffüllung und des anstehenden Bodens gezeigt hat, ist der anfallende Boden nach der LAGA bzw. Verwaltungsvorschrift als **Z 0** einzustufen, nach der Deponieverordnung als **DK 0**. Somit kann er frei wiederverwertet werden.

Der unter dem Asphalt anstehende Schotter ist in die Kategorie Z1.2 und DK 0 einzustufen.

7.2 Straßenbau

Zunächst einmal soll auf die Frostempfindlichkeit der auf der Höhe des Planums anstehenden Schichten eingegangen werden. Die verschiedenen Böden werden nach der ZTVE-StB 94 hinsichtlich ihrer Frostempfindlichkeit in verschiedene Frostempfindlichkeitsklassen gestellt (s. hierzu nachfolgende Tabelle Tab. 21). Im Untersuchungsgebiet sind die oberflächennahen quartären Deckschichten überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zuzuordnen, d.h. der Boden ist sehr frostempfindlich.

	Frostempfindlichkeit	Bodenart n. DIN 18196
F 1	nicht frostempfindlich	GW,GI,GE,SW,SI,SE
F 2	gering bis mittel frostempfindlich	TA,OT,OH,OK,ST,GT,SU,GU
F 3	sehr frostempfindlich	TL, TM ,UL, UM,UA ,OU,ST*,GT*,SU*,GU*

Tabelle 21 : Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodenarten

Bei den Erschließungsstraßen durch das Baugebiet dürfte es sich nach den Richtlinien der RStO 01 normalerweise um Bauklasse III bis V handeln. Das Untersuchungsgebiet befindet sich nach der in diesen Richtlinien aufgeführten Karte der Frosteinwirkungszonen der Bundesrepublik Deutschland in der Zone I. Somit kann als Richtwert für den frostsicheren Straßenaufbau 50 cm (Bauklasse V) bis 60 cm (Bauklasse III) angesetzt werden. Bei den in Höhe Straßenplanum anstehenden Böden handelt es sich unter dem Oberboden bzw. der Flächenbefestigung um steifen bis festen Lößlehm und Verwitterungslehm.

Die Tragfähigkeit betreffend ist auf OK Erdplanum ein Verformungsmodul $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich, auf OK Tragschicht je nach Bauklasse von größer 120 MN/m^2 (Klasse V) bzw. 150 MN/m^2 (Klasse III). Erfahrungsgemäß ist auf den in Planumshöhe anstehenden, bindigen Böden eine Tragfähigkeit von im ca. $10\text{-}15 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Folglich müssen hier Bodenverbesserungsmaßnahmen in Form eines Bodenaustausches (ca. 30-40 cm gut tragfähiges Material, z.B. Grobschotter 0/100 oder geringbindiger Siebschutt) oder eine Bodenstabilisierung in gleicher Mächtigkeit durch Einfräsen eines Bindemittels erfolgen. Bei letzterer Variante empfiehlt sich ebenfalls der Zusatz eines Weißfeinkalk-Zement-Gemisches. Zur Kalkulation kann hier von ca. 35 kg/m^3 ausgegangen werden. Dieser Wert ist aber im Vorfeld noch unbedingt mittels Proben aus dem späteren Erdplanum zu überprüfen bzw. zu verifizieren. Bei einem Bodenaustausch ist die Einschaltung eines Geotextils (mind. Robustheitsklasse GRK 3) erforderlich, damit die Einarbeitung des grobkörnigen Materials in den bindigen Untergrund verhindert wird.

Wie bereits ausgeführt, müssen bei einer Bodenverbesserung des anstehenden Bodens im Vorfeld Wassergehaltsbestimmungen und Proctorversuche an den in Planumshöhe

anstehenden Böden durchgeführt werden, über deren Ergebnisse die genaue Bindemittelzugabemenge bestimmt werden kann. Bei einer Bodenverbesserung ist zu beachten, dass während und unmittelbar nach der Maßnahme keine Niederschläge auftreten dürfen, die ein Abbinden des Kalkes verhindern würden, wodurch die erforderliche Festigkeit des Bodens nicht erreicht wird (gilt auch für Bodenverbesserung von Kanalgrabenverfüllung). Nach dem Verdichten von bindigem Boden mit einer Schafffußwalze ist vor Regenereignissen das Planum mit einer Glattmantelwalze so abzuwalzen, dass evtl. zutretendes Oberflächenwasser an der Oberfläche abfließen kann und punktuelle Wasseransammlungen mit damit einhergehenden Aufweichungen ausgeschlossen werden können.

Im Zuge des Kalkauftrags kann dieser bei ungünstigen Windverhältnissen in Richtung auf die bestehende Bebauung verweht werden. Dort können dann an den Häusern oder an Fahrzeugen Schäden infolge der ätzenden Wirkung von Weißfeinkalk auftreten. Bei Verwendung eines Kalk-Zement-Gemisches wird das Risiko der Verwehung durch eine höhere Dichte des Materials verringert. Zusätzlich kämen auch geschlossene Systeme für die Vermischung von Bindemittel und Boden in Frage. Generell sind beim Verkalken die ZTVE-StB 94 und das Merkblatt für Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Kalken (Herausgeber: Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V., Ausgabe 1979) zu beachten.

8. Auswertung im Hinblick auf die Aufgabenstellung – Gebäude

8.1 Angaben zu den Bauwerken

Genaue Angaben zu den Bauwerken liegen noch nicht vor. Ich gehe aber davon aus, dass unterkellerte Gebäude erstellt werden. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass die Untergeschoßfußbodenhöhen ca. 2.5 m unter Gelände und die späteren Fundamentsohlen ca. 3 m unter Gelände liegen werden.

8.2 Gründungsmöglichkeiten

In den angenommenen Fundamentsohlen ist gem. den Kleinbohrungen (BS) mit den nachfolgend auf Seite 32 in Tabelle 22 aufgeführten Böden zu rechnen (Angabe in m unter OK Aufschlusspunkt, gerundet auf 0.05 m, Aufzählung von Nord nach Süd).

Aufschl.	GS	in und unter GS anstehender Boden
BS 3	3.00 m	fester Lettenkeuper ; kein Wasserzutritt bis zur Bohrsohle = GS
BS 1	3.00 m	steifer bis halbfester Verwitterungslehm, ab -2.10 m unter GS steifer verwitterter Lettenkeuper, ab -2.50 m fester Lettenkeuper ; kein Wasserzutritt bis zur Bohrsohle bei -4.55 m unter GS
BS 2	3.00 m	halbfester Verwitterungslehm, ab -1.80 m unter GS fester Lettenkeuper ; kein Wasserzutritt bis zur Bohrsohle bei -4.00 m unter GS

Tabelle 22 : Bodenverhältnisse in und unter GS

Vorstehende und vorseitige Tabelle zeigt, dass die Gründungssohlen für unterkellerte Gebäude entweder im steifen bis halbfesten Verwitterungslehm oder bereits im Lettenkeuper liegt.

Den Fundamentgruben wird kein Wasser zutreten.

Bei diesen Verhältnissen kann in den anstehenden Schichten gegründet werden. Sollten in einem Gebäude in Fundamentsohle quartäre Schichten und Lettenkeuper anstehen, sind die Fundamente generell immer bis in den Lettenkeuper zu vertiefen. Der Mehraushub ist durch Beton zu ersetzen (mind. C 12/15).

Zur Bemessung der Fundamente kann vorab eine zulässige Bodenpressung von 200 kN/m² angesetzt werden. Bei dieser Bodenpressung ist bei Einfamilienhäusern mit Setzungen im üblichen Rahmen zu rechnen (gem. DIN 1054 können bei den dort angegebenen zul. Bodenpressungen Setzungen in der Größenordnung von 2-4 cm auftreten, wobei ich bei den anstehenden Böden von Setzungen <2 cm ausgehe). Bei Mehrfamilienhäusern sind die zu erwartenden Setzungen anhand der Lasten zu ermitteln.

Treten in Gründungssohle weiche Bereiche auf, sind die Fundamente bis in mind. steife-halbfeste Schichten zu vertiefen. oder hohe Einzellasten, ist eine Gründung über Einzel- und Streifenfundamente nicht mehr möglich. Auch hier ist der Mehraushub durch Beton zu ersetzen (mind. C 12/15).

Treten bei teilunterkellerten Gebäuden die unterschiedlichen Aushubsohlen und Gründungssohlen auf, wird eine Abtreppung zwischen den Fundamenten unterschiedlicher Höhenlage notwendig. Der Abtreppungswinkel zwischen diesen Fundamenten kann mit 30 Grad angesetzt werden. Der Mehraushub ist ebenfalls durch Beton (mind. C 12/15) zu ersetzen.

Da die Arbeitsraumverfüllung in den teilunterkellerten Bereichen zwischen EG und UG im Lauf der Zeit etwas nachgeben kann, wird empfohlen, die Bodenplatte des EG's in diesem Bereich freitragend auszubilden (gilt für alle Gründungsvarianten). Andernfalls ist sicherzustellen, dass die Arbeitsraumverfüllung auf mind. 100 % Proctordichte verdichtet wird.

Generell sind die genauen Bodenpressungen im Einzelfall durch geeignete Erkundungsmaßnahmen (Schürfgruben, Kleinbohrungen) im direkten Baufeld zu ermitteln.

8.3 Erdbebenzone

Nach DIN 4149 und der aktuellen zugehörigen "Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg" (1. Auflage 2005) liegt das Baugelände außerhalb von Erdbebenzonen, d.h. besondere Maßnahmen zum Schutz vor Erdbebeneinwirkungen sind nicht erforderlich.

8.4 Aufbau unter den Bodenplatten

In den Aushubsohlen werden bei Unterkellerungen steife bis feste Böden anstehen.

Erfolgt keine direkte Befahrung der Aushubsohle mit schweren Fahrzeugen, wird eine 15 cm starke Filterschicht ausreichen, zumal in Wohngebäuden nicht mit erhöhten Belastungen der Bodenplatten gerechnet werden muss.

Werden im Wohngebiet Tiefgaragen erstellt und sollen diese mit Betonpflaster erstellt werden, ist der Aufbau unter dem Pflasterbelag bzw. der Splitt-/Sandbettung so stark zu wählen, dass die Gefahr von Spurrillen minimiert wird. Dies ist bei halbfesten Böden bei einem Unterbau von ca. 40 cm KFT (=Schottertragschicht) unter dem Splitt- bzw. Sandbett gegeben. Bei dieser Stärke ist dann auch die Frostsicherheit des Aufbaus gegeben. Sollten in Aushubsohle von Tiefgaragen steife bis weiche Bereichen auftreten, ist unter der Schottertragschicht aber noch ein Bodenaustausch von ca. 20-30 cm vorzusehen, wobei die genaue Stärke in ergänzenden Baugrunduntersuchungen für die jeweiligen Bauvorhaben festgelegt werden muss. Auch hier muss unter der Schottertragschicht (bei Bodenaustausch unter dem Bodenaustausch) ein Geotextil verlegt werden.

8.5 Schutz der Bauwerke gegen Grundwasser

Gemäß den Kleinbohrungen ist nicht mit Grundwasser zu rechnen.

Darf temporär in sehr geringen Mengen anfallendes Wasser (wenn überhaupt dann in Arbeitsräumen versickerndes Regenwasser oder temporär punktuell auftretende Staunässe) in einer Drainage zur Trockenhaltung der Bauwerke (Ringdrainage mit Spülschächten bzw.

gleichwertigen Möglichkeiten zum Spülen der Ringdrainage) gesammelt und z.B. über einen Kontrollschacht mit Notüberlauf und Rückstauverschuß in den Kanal eingeleitet werden, ist die Ausbildung der unter Gelände liegen Bauteile als wasserdichte Wanne nicht erforderlich. In diesem Fall genügt auch bei den angetroffenen Böden eine Abdichtung gemäß DIN 18 195 Teil 4 (Ausgabe 08/2000) gegen nichtstauendes in Verbindung mit einer dauerhaft wirksamen Drainage gem. DIN 4095.

Der Anschluss der Drainage an den Kanal bzw. einen anderen Vorfluter ist rechtzeitig mit den zuständigen Behörden abzuklären. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei solchem temporär anfallenden Wasser nicht um Grundwasser handelt, sondern um in den Arbeitsräumen unterkellerten Bauteile versicherndem Oberflächenwasser, welches im anstehenden geringdurchlässigen Boden nicht versickern kann und sich somit vor den Wänden aufstaut.

Die Ringdrainage (Lage mind. 10 cm unter UK Bodenplatte, Durchmesser der Drainagerohre mind. 10 cm) muss mit der unter dem Gebäude vorzusehenden Filterschicht in hydraulischer Verbindung stehen (Durchstiche durch Streifenfundamente alle max. 5 m; Einlegen von Plastikrohren DN 100), damit unter der Bodenplatte anfallendes Wasser sich nicht aufstauen kann, sondern abfließt. Innenliegende „Filterschichtfelder“ sind ebenfalls miteinander zu verbinden.

Bei Ausbildung der Drainage ist DIN 4095 zu beachten, die anerkannten Regeln der Technik und die Angaben in den Baugenehmigungen für die einzelnen Gebäude.

Der Zutritt von Oberflächenwasser zur Drainage ist durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden (z.B. Befestigung der Fläche, Verfüllen der Arbeitsräume im den oberen 50-100 cm mit bindigem Boden von mind. halbfester Konsistenz).

Die Drainage sollte im freien Gefälle in den Kanal entwässern können, um den Einsatz von Pumpen (regelmäßige dauerhafte Wartung erforderlich, zudem Doppelpumpenanlage mit Warneinrichtung und Notstromaggregat !!) zu vermeiden.

Wird einem Anschluss der Drainage an den Kanal nicht zugestimmt, ist die weitere Vorgehensweise mit dem Gutachter zu besprechen. Bauwerksteile, die unter der Entwässerungsebene der Drainage liegen und durch diese nicht entwässert werden können (z.B. Aufzugsunterfahrt), sind druckwasserdicht („weiße Wanne“ oder gem. DIN 18195 Teil 6) auszubilden.

8.6 Baugruben

Bei Kellergeschossen werden Böschungshöhen von max. ca. 3 m Höhe entstehen. Gemäß DIN 4124 können für die hier angetroffenen Böden die nachfolgend aufgeführten Böschungswinkel zugelassen werden (in Abhängigkeit von Böschungshöhe und Bodenart).

1)	Böschungen bis 1.25 m Höhe:	senkrechte Böschung möglich	
2)	Böschungen bis 1.75 m Höhe:	bis 1.25 m Höhe senkrecht, darüber	50 Grad
3)	Böschungen bis 3.00 m Höhe:	im steifen bis weichen Boden	45 Grad
		im steifen bis festen Boden	60 Grad

Treten weiche Bereiche im unteren Bereich von Böschungen auf, sind die Böschungen über die gesamte Höhe unter max. 45 Grad zu böschen.

Um die Böschungen vor Witterungseinflüssen (z.B. starke Vernässung bzw. Austrocknung und Verlust der Kohäsion) zu schützen, sind sie fachgerecht mit reißfesten überlappenden Plastikplanen abzuhängen. Diese sind auf und über der Böschung so zu befestigen, dass sie bei Wind nicht weggeweht werden können und dass kein Oberflächenwasser unter die Folien gelangen kann (z.B. Bitumenriegel, Eingraben der Folie und Anlegen eines Grabens vor der Böschungskrone zur Abfangung bzw. Umleitung von Oberflächenwasser). Ungesicherte Böschungen sind generell auf das Eintreten von Abrutschungen zu beobachten (Ausbauhungen, Rissbildungen).

Am oberen Böschungsrand ist gem. DIN 4124 je nach Last oberhalb der Böschung ein mindestens 1.5 m breiter lastfreier Schutzstreifen vorzusehen.

Der Nachweis der Standsicherheit nach DIN 4084 wird u.a. erforderlich bei:

- a) Überschreitung der Höhe von 5 m
- b) Überschreitung der angegebenen Böschungswinkel
- c) Gefährdung von Leitungen oder anderen bauwerklichen Anlagen
- d) neben Böschungskante mehr als 1:10 ansteigendes Gelände
- e) Auffüllung unmittelbar neben Schutzstreifen (mind. 1.5 m)
- f) Stapellasten von >10 kN/m² neben dem Schutzstreifen
- g) normale Verkehrslasten näher als 1.5 m zur Böschungskante
- h) schwere Fahrzeuge näher als 3 m zur Böschungsoberkante

Ist der Nachweis der Standsicherheit nicht möglich, ist die Böschung durch einen Verbau zu sichern.

Generell ist während der Gründungsmaßnahmen zufließendes Schichtwasser bzw. Tagwasser in Gräben an den Böschungsfüßen zu sammeln, in einen oder zwei Pumpenschächte zu

leiten und von dort dem nächsten Vorfluter zuzuführen, damit z.B. die Böschungsfüße nicht aufweichen können.

Bei den Aushubarbeiten ist bei den Aushubtiefen gem. Tabelle 22 auf Seite 31 partiell mit Fels der Klasse 6 oder 7 zu rechnen (beim Kanalgrabenaushub im unteren Bereich überwiegend Fels der Klasse 6 und 7).

9. Schlussbemerkung

Die Untergrundverhältnisse wurden auf der Grundlage von 4 Kleinbohrungen beschrieben und beurteilt, d.h. die Angaben beziehen sich streng genommen nur auf die Untersuchungsstellen.

Da bedingt durch den Untersuchungsabstand lokale Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen nicht auszuschließen sind, wird zu Beginn der Aushubarbeiten eine Überprüfung der angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse empfohlen.

Ebenso werden für die einzelnen Bauwerke Gründungsgutachten zur Optimierung der Gründung empfohlen.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

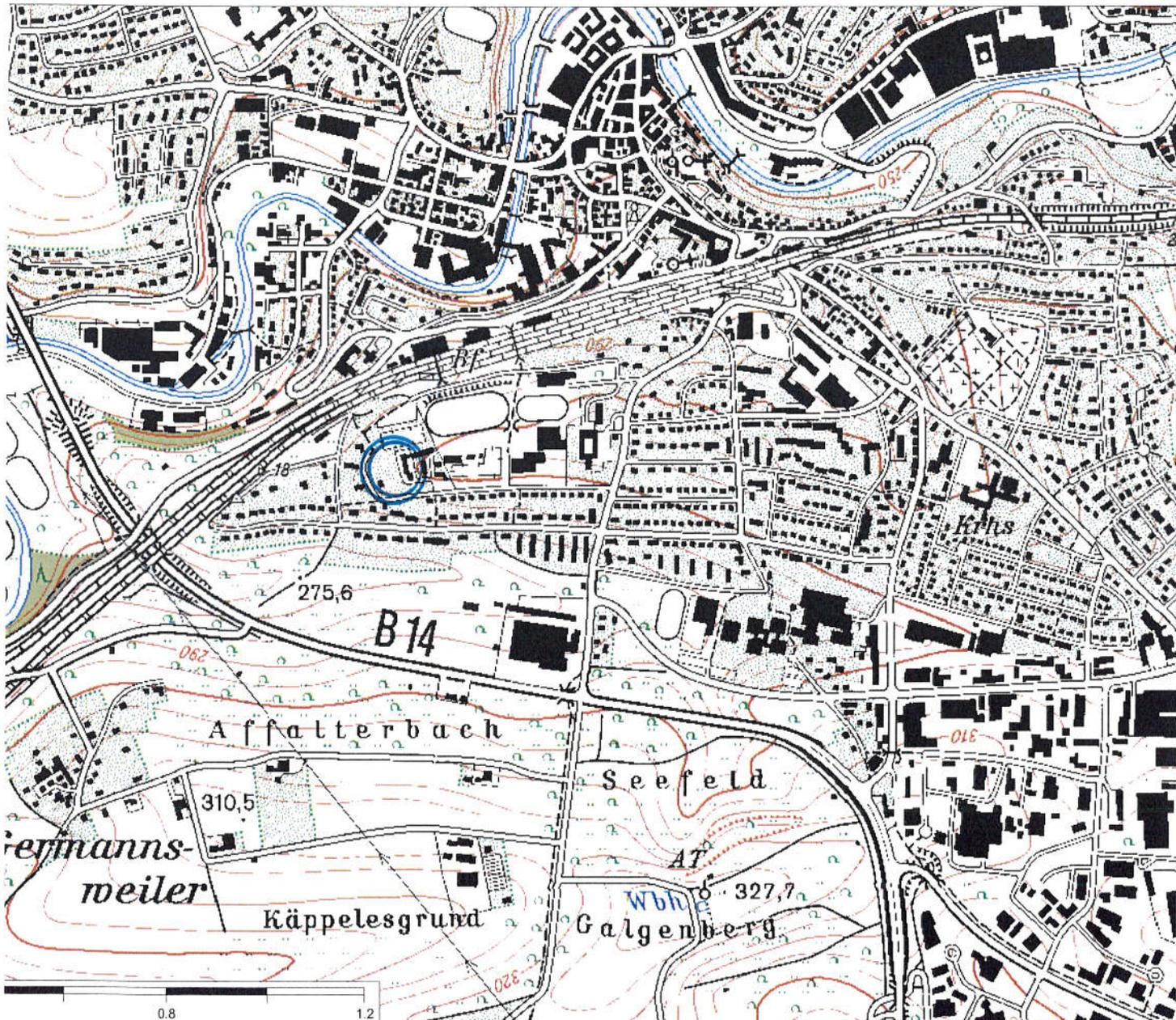


Harald Voigtmann
Dipl.-Geologe



Ausschnitt aus der topographischen Karte
TK 7022 Blatt „Backnang“
(vergrößert aus Maßstab 1 : 25 000)

Maßstab 1 : 12 500



Ausschnitt aus der geologischen Karte
GK 7022 Blatt „Backnang“
(vergrößert aus Maßstab 1 : 25 000)

Maßstab 1 : 12 500



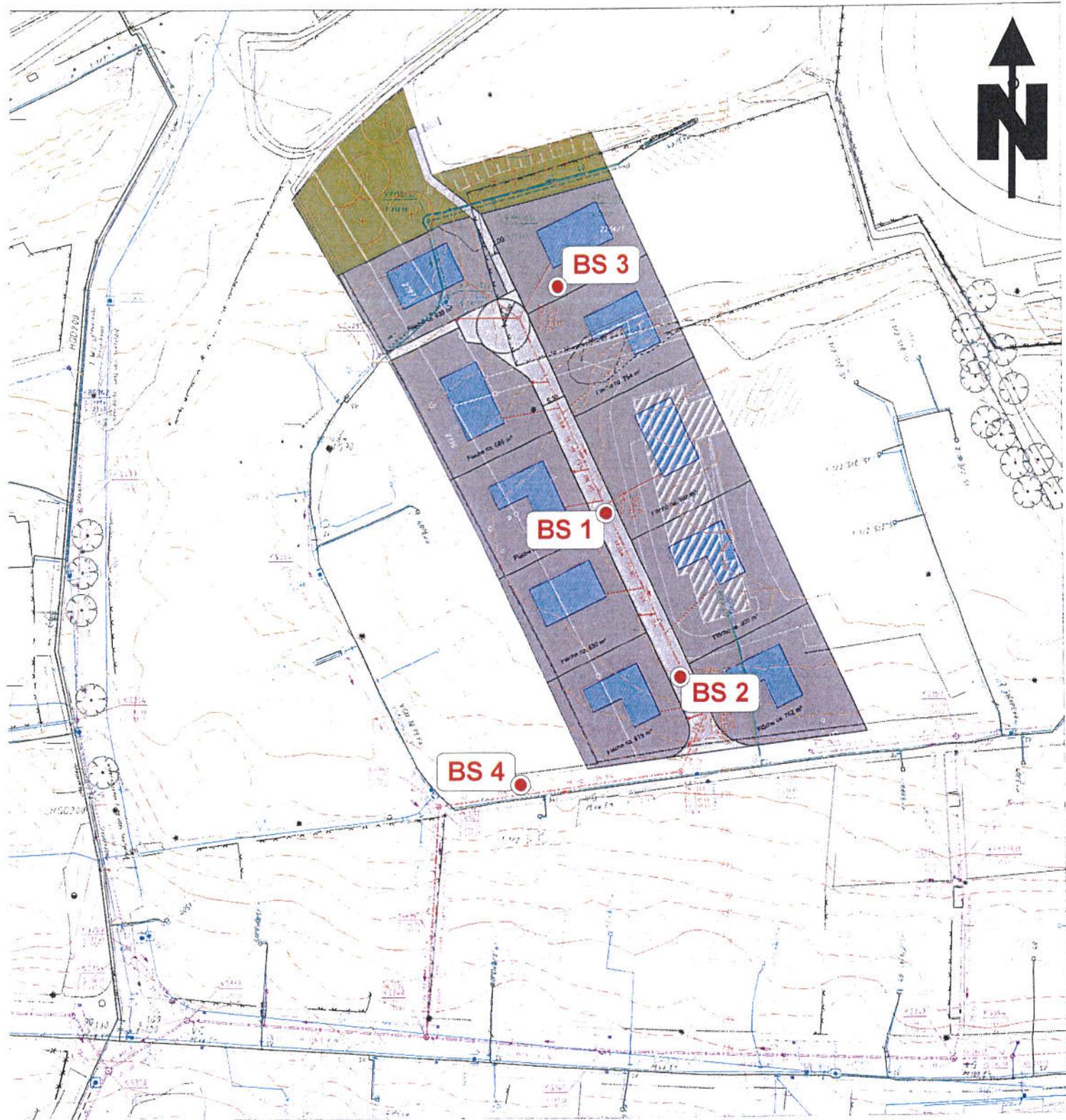
Lage der Untersuchungspunkte
BS = Kleinbohrungen 6+7 vom 09.07.2012

Anlage 2/2

Ausschnitt aus dem Lageplan

Maßstab

1:250



Maßnahme Erschließung Baugebiet „Hohenheimer Straße“
in 71533 Backnang“

Kleinbohrung-Nr. 1
abgeteuft am 19.06.2013

Ansatzpunkt ca. 299.15 mNN (= OK Gelände)
Wasserzutritt -
Wasserstand (BE = nach BE: - (Blob -7.55 m)
Bohrende; Blob =
Bohrloch offen bis)

		Bodenklasse
0.00 m bis	Gelände: Grünfläche, darunter:	
- 0.15 m = 0.15 m	Schluff, tonig, schwach sandig, graubraun, halbfest, erdfeucht, Wurzeln	1
- 1.30 m = 1.15 m	Schluff, tonig, schwach sandig, braun, gelblichbraun, rostfleckig, steif bis halbfest, erdfeucht, FeMn-Konkretionen, kalkfrei; Penetrometerwiderstand p=225-300 kN/m ² , Scherfestigkeit t=60-80 kN/m ² ; optisch UM-Boden	4
- 2.00 m = 0.70 m	Ton, stark schluffig, schwach sandig, braun, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkfrei; p=175-325 kN/m ² , t=140-150 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 2.30 m = 0.30 m	Ton, schluffig, schwach sandig, hellbraun, braun, teils grau, beige, manganfleckig, halbfest, erdfeucht, kalkfrei; p=425 kN/m ² , t=205 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 5.10 m = 2.80 m	Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig (Tonstein, Schluffstein), hellbraun, graubeige, rostfleckig, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkhaltig; p=200-275 kN/m ² , t=130-155 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 5.50 m = 0.40 m	Tonstein / Schluffstein, verwittert, anfallend als Ton, schluffig, sandig, grüngrau, steif, erdfeucht, kalkfrei bis schwach kalkhaltig, p=175 kN/m ² , t=95 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 7.50 m = 2.00 m	Tonstein / Schluffstein, verwittert, anfallend als Schluff, stark tonig, sandig, schwach kiesig, grüngrau, teils braun, fest, erdfeucht bis trocken, kalkfrei bis schwach kalkhaltig; p=850 kN/m ² , t=160 kN/m ²	6
- 7.55 m = 0.05 m	Dolomitstein (Zellendolomit), verwittert, anfallend als Kies, sandig, grüngrau, gelblichbraun, fest, trocken, kalkhaltig; p>1800 kN/m ²	6

Geologische Deutung :

- 0.15 m Quartär (humoser Oberboden)
- 2.30 m Quartär (Lößlehm)
- 5.10 m Quartär (Verwitterungslehm)
- 7.55 m Trias (Lettenkeuper, verwittert)

Schichtenverzeichnis von BS 1

Anlage 3/2

Fortsetzung

Maßnahme Erschließung Baugebiet „Hohenheimer Straße“
in 71533 Backnang“

Kleinbohrung-Nr. 1
abgeteuft am 19.06.2013

Ansatzpunkt ca. 299.15 mNN (= OK Gelände)
Wasserzutritt -
Wasserstand (BE = nach BE: - (Blob -7.55 m)
Bohrende; Blob =
Bohrloch offen bis)

Geologische Deutung :

- 0.15 m Quartär (humoser Oberboden)
- 2.30 m Quartär (Lößlehm)
- 5.10 m Quartär (Verwitterungslehm)
- 7.55 m Trias (Lettenkeuper, verwittert)

Bemerkung:

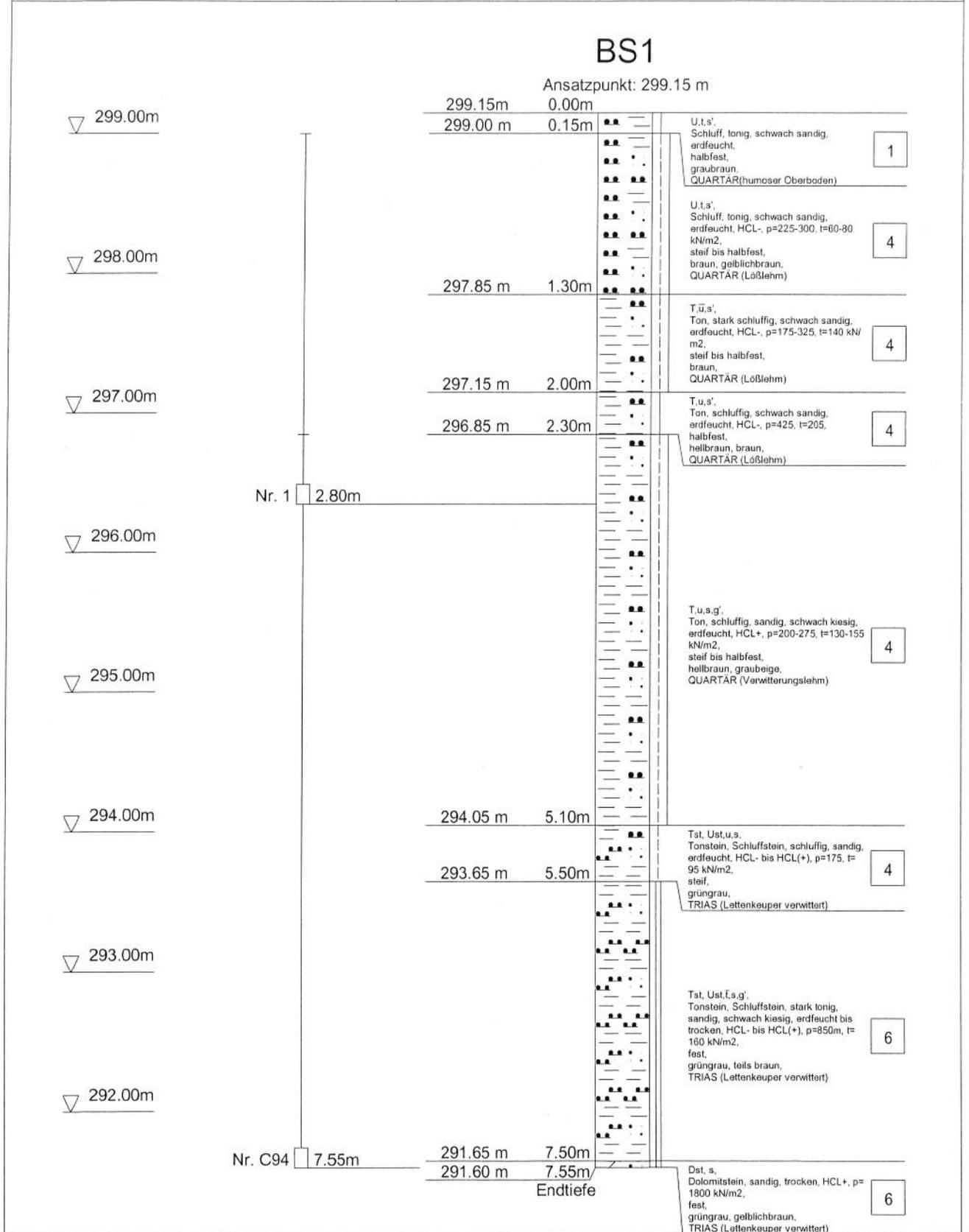
Probe C 94 aus -0.15 m bis -7.55 m (Mischprobe Aushub)
Probe Nr. 1 aus -2.30 m bis -2.80 m (Verwitterungslehm)

Bohrfortschritt: bis - 1.00 m mittel (BD 50)
bis - 1.70 m mittel bis schwer (BD 50)
bis - 2.30 m sehr schwer (BD 50)
bis - 4.00 m schwer bis sehr schwer (BD 36)
bis - 6.00 m schwer (BD 36)
bis - 7.55 m sehr schwer (BD 36)

Bem.: BD 50/42/36 = Bohrdurchmesser 50/42/36 mm
Ab -7.55 m kein weiterer Bohrfortschritt möglich.



Ing.-Büro H. Voigtmann	Projekt : Erschließung Baugebiet Hohenheimer Straße, Back
Brückenstraße 11/1	Projektnr.: 19213
D-71364 Winnenden	Anlage : 3/3
Tel 07195-92500 / Tel 07195-2622	Maßstab : 1: 40



Maßnahme Erschließung Baugebiet „Hohenheimer Straße“
in 71533 Backnang

Kleinbohrung-Nr. 2
abgeteuft am 19.06.2013

Ansatzpunkt ca. 299.15 mNN (= OK Gelände)
Wasserzutritt -
Wasserstand (BE = nach BE: - (Blob -7.00 m)
Bohrende; Blob =
Bohrloch offen bis)

			Bodenklasse
0.00 m bis		Gelände: Grünfläche, Baumgruppe, darunter:	
- 0.10 m = 0.10 m		Schluff, tonig, schwach sandig, graubraun, steif, erdfeucht, Wurzeln	1
- 1.80 m = 1.70 m		Schluff, stark tonig, schwach sandig, braun, gelblichbraun, halbfest bis fest, erdfeucht, kalkfrei; p=325-750, t=75-110 kN/m ² ; optisch UM/TM-Boden	4-6
- 3.00 m = 1.20 m		Ton, schluffig, schwach sandig, braun, gelblichbraun, teils hellgrau, beige, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkfrei; p=200-225 kN/m ² , t=105 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 4.80 m = 1.80 m		Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig (Tonstein), braun, grüngrau, halbfest, erdfeucht, kalkfrei; p=225-375 kN/m ² , t=130-160 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 6.90 m = 2.10 m		Tonstein / Schluffstein, verwittert, anfallend als Schluff, stark sandig, kiesig, grüngrau, fest, erdfeucht bis trocken, schwach kalkhaltig; p=1300 kN/m ² , t=240 kN/m ²	6
- 7.00 m = 0.10 m		Tonstein / Schluffstein, verwittert, anfallend als Kies, sandig, grüngrau, fest, trocken, kalkfrei; p>1800 kN/m ²	6

Geologische Deutung :

- 0.10 m	Quartär	(humoser Oberboden)
- 3.00 m	Quartär	(Lößlehm)
- 4.80 m	Quartär	(Verwitterungslehm)
- 7.00 m	Trias	(Lettenkeuper, verwittert)

Bemerkung:

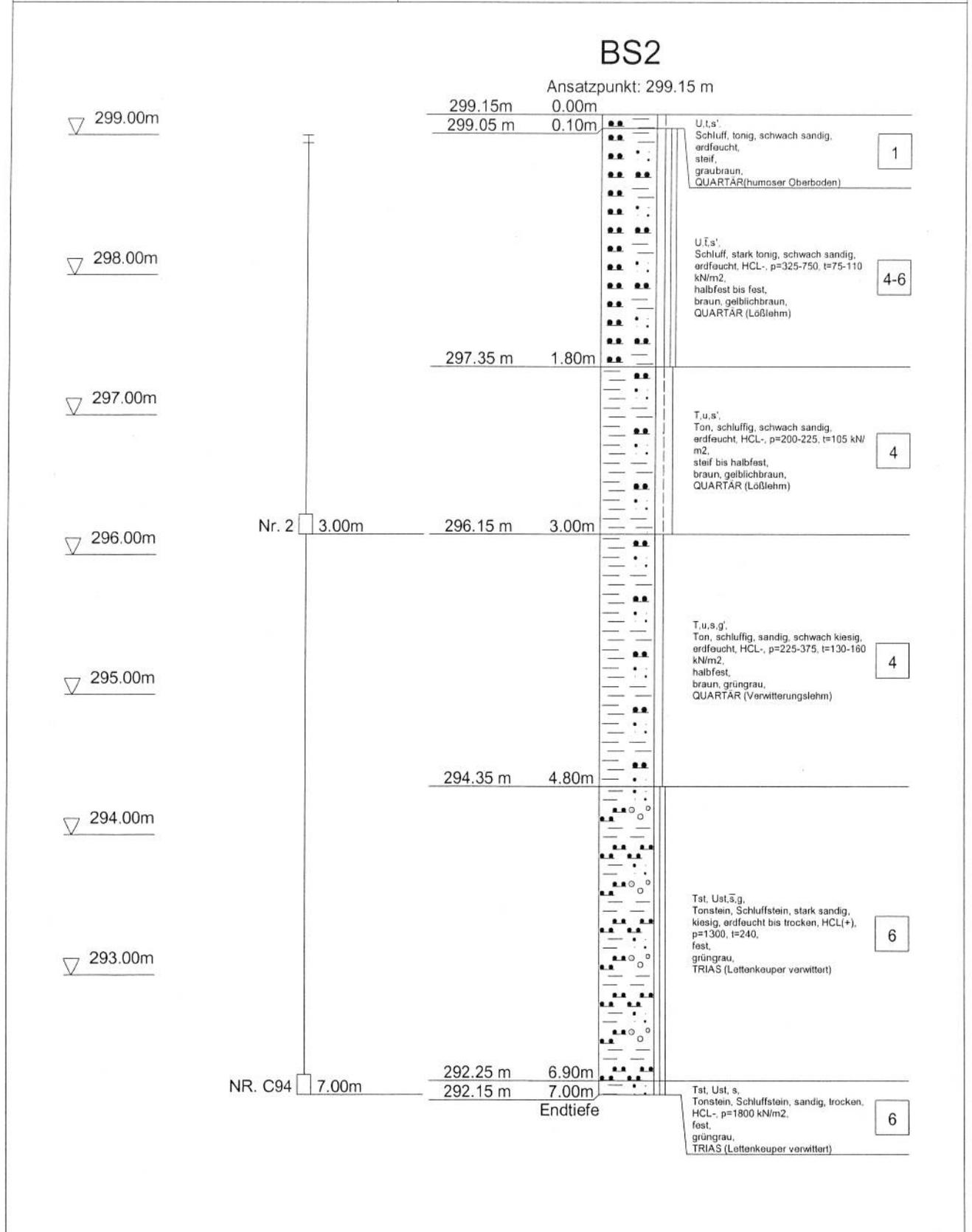
Probe C 94	aus	-0.15 m bis -7.00 m	(Mischprobe Aushub)
Probe Nr. 2	aus	-2.50 m bis -3.00 m	(Lößlehm)

Bohrfortschritt:	bis -	1.00 m	leicht (BD 50)
	bis -	2.10 m	mittel bis schwer (BD 42)
	bis -	3.00 m	sehr schwer (BD 42)
	bis -	3.40 m	mittel bis schwer (BD 36)
	bis -	7.00 m	sehr schwer (BD 36)

Bem.: Ab -7.00 m kein weiterer Bohrfortschritt möglich.



Ing.-Büro H. Voigtmann	Projekt : Erschließung Baugebiet Hohenheimer Straße, Back
Brückenstraße 11/1	Projektnr.: 19213
D-71364 Winnenden	Anlage : 4/2
Tel 07195-92500 / Tel 07195-2622	Maßstab : 1: 40



Maßnahme Erschließung Baugebiet „Hohenheimer Straße“
 in 71533 Backnang

Kleinbohrung-Nr. 3
 abgeteuft am 19.06.2013

Ansatzpunkt ca. 296.15 mNN (= OK Gelände)
 Wasserzutritt -
 Wasserstand (BE = nach BE: - (Blob -3.00 m)
 Bohrende; Blob =
 Bohrloch offen bis)

0.00 m bis	Gelände: Wiese, Schuttplatz, darunter:	Bodenklasse
- 0.20 m = 0.20 m	Kies (Kalkstein, eckig), sandig, schluffig, tonig, braun, grau, bindige Anteile halbfest, erdfeucht; optisch GU-Boden	(4)
- 1.00 m = 0.80 m	Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig (Tonstein, grau), braun, hellbraun, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkfrei; p=200-225 kN/m ² , t=95 kN/m ² ; optisch TM-Boden	4
- 2.30 m = 1.30 m	Tonstein / Schluffstein, zersetzt, ausgelaugt, wirr gelagert, anfallend als Ton, schluffig, sandig, kiesig, hellbraun, beige, hellgrau, halbfest, erdfeucht, schwach kalkhaltig; p=425 kN/m ² , t=85 kN/m ² ; optisch TL-Boden	4
- 2.90 m = 0.60 m	Tonstein / Schluffstein, verwittert, anfallend als Schluff, stark sandig, kiesig, grüngrau, fest, erdfeucht bis trocken, schwach kalkhaltig; p=1100-1500 kN/m ²	6
- 3.00 m = 0.10 m	Tonstein / Schluffstein, verwittert, anfallend als Kies, schwach sandig, grüngrau, fest, trocken, schwach kalkhaltig; p>1800 kN/m ²	6

Geologische Deutung :

- 0.20 m (Flächenbefestigung)
- 1.00 m Quartär (Verwitterungslehm)
- 2.30 m Trias (Gipskeuper, verwittert)
- 3.00 m Trias (Lettenkeuper, verwittert)

Bemerkung:

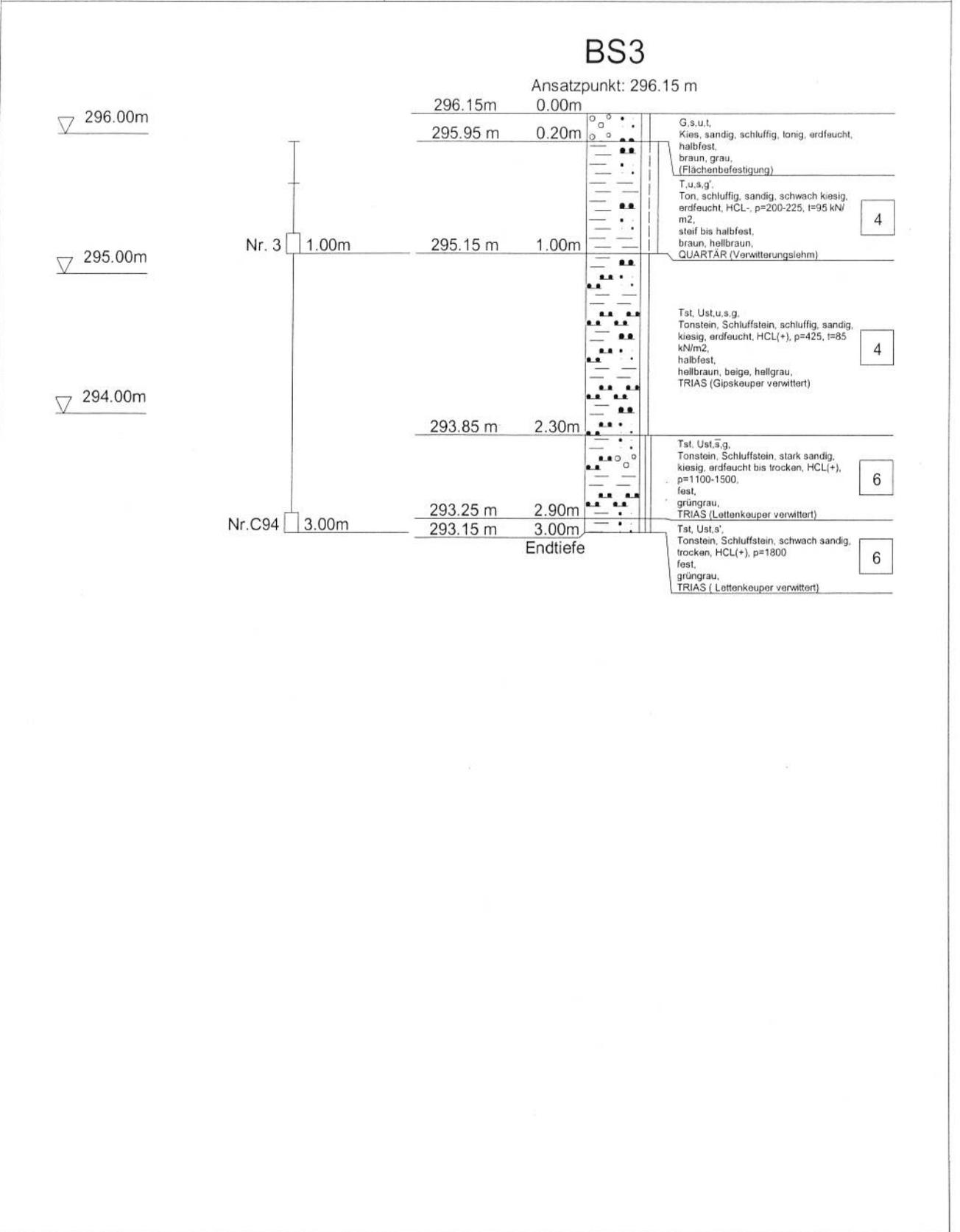
- Probe C 94 aus -0.20 m bis -3.00 m (Mischprobe Aushub)
- Probe Nr. 3 aus -0.50 m bis -1.00 m (Verwitterungslehm)

Bohrfortschritt: bis - 1.00 m mittel (BD 50)
 bis - 1.70 m mittel (BD 42)
 bis - 2.00 m schwer (BD 42)
 bis - 3.00 m sehr schwer (BD 42)

Bem.: Ab -3.00 m kein weiterer Bohrfortschritt möglich.



Ing.-Büro H. Voigtmann	Projekt : Erschließung Baugebiet Hohenheimer Straße, Back
Brückenstraße 11/1	Projektnr.: 19213
D-71364 Winnenden	Anlage : 5/2
Tel 07195-92500 / Tel 07195-2622	Maßstab : 1: 40



Maßnahme Erschließung Baugebiet „Hohenheimer Straße“
 in 71533 Backnang

Kleinbohrung-Nr. 4
 abgeteuft am 21.06.2013

Ansatzpunkt ca. 294.65 mNN (= OK Gelände)
 Wasserzutritt -
 Wasserstand (BE = nach BE: - (Blob -5.20 m)
 Bohrende; Blob =
 Bohrloch offen bis)

0.00 m bis	Gelände: Straße, darunter:	Bodenklasse
- 0.08 m = 0.08 m	Asphalt	
- 0.30 m = 0.22 m	Kies (Kalkstein, eckig), sandig, schluffig, grau, erdfeucht	(3)
- 1.00 m = 0.70 m	Ton, schluffig, sandig, braun, gelblichbraun, steif, erdfeucht, Ziegelfragmente; p=125-175 kN/m ² , t=65 kN/m ² ; optisch TM-Boden	(4)
- 3.00 m = 2.00 m	Dolomitstein / Tonstein, zersetzt, anfallend als Sand, stark kiesig, schwach schluffig, tonig, gelblichbraun, grüngrau, bindige Anteile weich bis steif, erdfeucht bis feucht, kalkfrei bis schwach kalkhaltig; optisch UM/TM/SU*/ST*-Boden	4
- 3.60 m = 0.60 m	Dolomitstein, zersetzt, anfallend als Ton, schluffig, sandig, kiesig, ockerbraun, weich bis breiig, feucht bis nass, kalkhaltig; p=45 kN/m ² , t=20-25 kN/m ² ; optisch UM/TM-Boden	4
- 4.10 m = 0.50 m	Dolomitstein, verwittert, anfallend als Kies, schluffig, sandig, tonig, ockerbraun, hellocker, steif, erdfeucht bis feucht, schwach kalkhaltig; p=150 kN/m ² , t=115 kN/m ² ; optisch GU*/GT*-Boden	4
- 4.90 m = 0.80 m	Tonstein / Schluffstein / Dolomitstein, verwittert, anfallend als Ton, schluffig, stark sandig, kiesig, gelblichgrüngrau, halbfest, erdfeucht, kalkhaltig; p=500 kN/m ² , t=200 kN/m ² ; optisch TL-Boden	4
- 5.20 m = 0.30 m	Dolomitstein (Zellendolomit), verwittert, anfallend als Kies, stark sandig, schluffig, gelblichbraun, hellocker, fest, trocken, stark kalkhaltig; p>1800 kN/m ²	6

Geologische Deutung :

- 0.30 m (Flächenbefestigung)
- 1.00 m (Auffüllung)
- 5.20 m Trias (Lettenkeuper, verwittert)

Fortsetzung

Maßnahme Erschließung Baugebiet „Hohenheimer Straße“
in 71533 Backnang“

Kleinbohrung-Nr. 4
abgeteuft am 21.06.2013

Ansatzpunkt ca. 294.65 mNN (= OK Gelände)
Wasserzutritt -
Wasserstand (BE = nach BE: - (Blob -5.20 m)
Bohrende; Blob =
Bohrloch offen bis)

Geologische Deutung :

- 0.30 m (Flächenbefestigung)
- 1.00 m (Auffüllung)
- 5.20 m Trias (Lettenkeuper, verwittert)

Bemerkung:

Probe WB 209 aus -0.00 m bis -0.08 m (Asphalt)
 Probe WB 1047 aus -0.08 m bis -0.30 m (Schotterunterbau)
 Probe C 94 aus -0.30 m bis -5.20 m (Mischprobe Aushub)
 Probe Nr. 4 aus -3.00 m bis -3.50 m (Lettenkeuper, verwittert)

Bohrfortschritt: bis - 1.00 m mittel (BD 50)
 bis - 2.30 m mittel (BD 42)
 bis - 3.00 m mittel bis schwer (BD 42)
 bis - 3.10 m mittel (BD 36)
 bis - 4.00 m leicht (BD 36)
 bis - 4.20 m mittel (BD 36)
 bis - 5.10 m schwer (BD 36)
 bis - 5.20 m sehr schwer (BD 36)

Bem.: Ab -5.20 m kein weiterer Bohrfortschritt möglich.

Quartär (Verwitterungslehm P1+3 und Lößlehm P2) und Trias (Lettenkeuper):

Probe-Nr.		1	2	3	4
Kleinbohrung-Nr.		1	2	3	4
Entnahmetiefe (m unter OK Gelände)		2.3-2.8	2.5-3.0	0.5-1.0	3.0-3.5
natürlicher Wassergehalt		0.237	0.371	0.204	0.419
Wassergehalt a.d. Fließgrenze		0.594	0.477	0.393	0.563
Wassergehalt a.d. Ausrollgrenze		0.275	0.349	0.269	0.382
Wassergehalt a.d. Schrumpfgrenze		0.155	0.301	0.223	0.314
Plastizitätszahl		0.319	0.128	0.124	0.181
Konsistenzzahl		1.119	0.828	1.524	0.796
Zustandsform		halbfest	steif	fest	steif-weich
Bodenart nach DIN 18 196		TA/UA	UM	UM/TM	UA
errechneter kf-Wert	m/sec	1x10 ⁻⁹	5x10 ⁻⁸	5x10 ⁻⁷	5x10 ⁻⁹
Feuchtdichte	cal kN/m ³	19	19	20.5	18
Feuchtdichte u. Wasser	cal kN/m ³	9	9	10.5	8
Kohäsion c'	cal kN/m ²	65-75	35	30	8
Scherfestigkeit τ (\approx Kohäsion cu)	kN/m ²	130-155	105	95	20-25
Restscherfestigkeit τ_r	kN/m ²				
Reibungswinkel	cal Grad	20	25	25	20
Penetrometerwiderstand	kN/m ²	200-275	200-225	200-225	45

Auswertung gem. Grundbau-Taschenbuch, 3. Aufl., Teil 1, Bild 65:

Proctordichte	cal kN/m ³	15.0	13.5	15.3	13.0
optimaler Wassergehalt	cal	0.24	0.29	0.23	0.32

erforderliche Bindemittelmenge zur Erreichung des

optimalen Wassergehaltes	Gew. %	0	5.4	0	6.6
	kg/m ³	0	69	0	80

Beschreibung der Bodenproben:

- Probe-Nr. 1 - Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig (Tonstein, Schluffstein), hellbraun, graubeige, rostfleckig, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkhaltig; optisch TM-Boden
- Probe-Nr. 2 - Ton, schluffig, schwach sandig, braun, gelblichbraun, teils hellgrau, beige, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkfrei; optisch TM-Boden
- Probe-Nr. 3 - Ton, schluffig, sandig, schwach kiesig (Tonstein, grau), braun, hellbraun, steif bis halbfest, erdfeucht, kalkfrei; optisch TM-Boden
- Probe-Nr. 4 - Dolomitstein, zersetzt, anfallend als Ton, schluffig, sandig, kiesig, ockerbraun, weich bis breiig, feucht bis nass, kalkhaltig; optisch UM/TM-Boden

synlab Umweltinstitut GmbH - Hohenstraße 23 - 70469 Stuttgart

Büro Harald Voigtmann
Brückenstr. 11/1
71364 Winnenden

Niederlassung Stuttgart

Telefon: +49 (0)711 16272-0
Telefax: +49 (0)711 16272-51
E-Mail: sui-stuttgart@synlab.com
Internet: www.synlab.com

Seite 1 von 3

Datum: 03.07.2013

Prüfbericht Nr.: UST-13-0041362/01-1
Auftrag-Nr.: UST-13-0041362
Ihr Auftrag: schriftlich vom 27.06.2013
Projekt: Hohenheimer Str., Backnang
Eingangsdatum: 27.06.2013
Probenahme durch: Auftraggeber
Probenahmedatum: 21.06.2013
Prüfzeitraum: 27.06.2013 - 03.07.2013

Probenbezeichnung: WB 209
 Probe Nr. UST-13-0041362-01
 Probenart: Asphalt

Original**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Naphthalin	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Acenaphthen	mg/kg	0,05	DIN ISO 18287
Fluoren	mg/kg	0,07	DIN ISO 18287
Phenanthren	mg/kg	0,4	DIN ISO 18287
Anthracen	mg/kg	0,06	DIN ISO 18287
Fluoranthren	mg/kg	0,61	DIN ISO 18287
Pyren	mg/kg	2,3	DIN ISO 18287
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,81	DIN ISO 18287
Chrysen	mg/kg	0,6	DIN ISO 18287
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	1,3	DIN ISO 18287
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	0,5	DIN ISO 18287
Benzo(a)pyren	mg/kg	1,1	DIN ISO 18287
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	0,05	DIN ISO 18287
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	1,4	DIN ISO 18287
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	1,2	DIN ISO 18287
Summe PAK EPA	mg/kg	10	DIN ISO 18287

Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Eluat		Filtrat	DIN EN 12457-4
Phenol-Index	mg/l	<0,01	DIN 38 409-H 16 (UAU)

Probenbezeichnung: WB 1047
Probe Nr. UST-13-0041362-02
Probenart: Schotter

Original**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Naphthalin	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Acenaphthen	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Fluoren	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Phenanthren	mg/kg	0,16	DIN ISO 18287
Anthracen	mg/kg	0,05	DIN ISO 18287
Fluoranthen	mg/kg	0,28	DIN ISO 18287
Pyren	mg/kg	0,72	DIN ISO 18287
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,35	DIN ISO 18287
Chrysen	mg/kg	0,34	DIN ISO 18287
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg	0,34	DIN ISO 18287
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg	0,17	DIN ISO 18287
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,39	DIN ISO 18287
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,05	DIN ISO 18287
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	0,43	DIN ISO 18287
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	0,32	DIN ISO 18287
Summe PAK EPA	mg/kg	3,6	DIN ISO 18287

(UAU) - Niederlassung Augsburg

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der Synlab Umweltinstitut GmbH.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).

Robert Ottenberger
Niederlassungsleiter

synlab Umweltinstitut GmbH - Hohnerstraße 23 - 70469 Stuttgart

Büro Harald Voigtmann
Brückenstr. 11/1
71364 Winnenden

Niederlassung Stuttgart

Telefon: +49 (0)711 16272-0
Telefax: +49 (0)711 16272-51
E-Mail: sui-stuttgart@synlab.com
Internet: www.synlab.com

Seite 1 von 4

Datum: 03.07.2013

Prüfbericht Nr.: UST-13-0040260/01-1
Auftrag-Nr.: UST-13-0040260
Ihr Auftrag: schriftlich vom 24.06.2013
Projekt: Hohenheimer Str., Backnang
Eingangsdatum: 24.06.2013
Probenahme durch: Auftraggeber
Prüfzeitraum: 24.06.2013 - 03.07.2013
Probenart: Boden

Probenbezeichnung: C 94
Probe Nr. UST-13-0040260-01

Original

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Trockenmasse	%	85,3	DIN EN 14346
Glühverlust	% TS	4,2	DIN EN 15169
TOC	% TS	0,2	DIN EN 13137
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	<0,3	E DIN ISO 11262 (UAU)
EOX	mg/kg TS	<0,5	DIN 38414-S 17 (UAU)
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	mg/kg TS	<50	DIN EN 14039/LAGA KW 04 (UAU)
Kohlenwasserstoffe C10 - C40	mg/kg TS	<50	DIN EN 14039/LAGA KW 04 (UAU)
extrahierbare lipophile Stoffe	% OS	<0,03	LAGA KW 04

Aromatische Kohlenwasserstoffe

12

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Benzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Ethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Toluol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
o-Xylol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
m,p-Xylol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Styrol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Isopropylbenzol (Cumol)	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
n-Propylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
1,3,5-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
1,2,3-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Summe AKW	mg/kg TS	--	DIN 38 407-F 9

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Trichlorfluormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1,2-Trichlortrifluorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Dichlormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Trichlormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Tetrachlormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Trichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Tetrachlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Summe LHKW	mg/kg TS	--	DIN ISO 22155

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

43

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Naphthalin	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Acenaphthen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Fluoren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Phenanthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Anthracen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Pyren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Chrysen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Summe PAK EPA	mg/kg TS	--	DIN ISO 18287 (UAU)

Polychlorierte Biphenyle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
PCB Nr. 28	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 52	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 101	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 118	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 138	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 153	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 180	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
Summe PCB (7 Verbindungen)	mg/kg TS	--	DIN EN 15308 (UAU)

Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Königswasseraufschluss		-	DIN EN 13657
Arsen	mg/kg TS	7,7	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Blei	mg/kg TS	9,7	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Chrom (Gesamt)	mg/kg TS	40	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Kupfer	mg/kg TS	11	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Nickel	mg/kg TS	21	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Quecksilber	mg/kg TS	0,13	DIN EN 1483 (E 12)
Thallium	mg/kg TS	<0,3	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Zink	mg/kg TS	28	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Eluat		Filtrat	DIN EN 12457-4
pH-Wert		8,24 bei 22,3°C	DIN 38 404-C 5
elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	141	DIN EN 27888
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	44	DIN 38 409-H 1
DOC	mg/l	2,51	DIN EN 1484
Chlorid	mg/l	3,15	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	mg/l	8,07	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	<0,005	DIN 38 405-D 14-2 (UAU)
Cyanid, gesamt	mg/l	<0,005	DIN EN ISO 14403 (UAU)
Fluorid	mg/l	0,85	DIN 38 405-D 4
Phenol-Index	mg/l	<0,01	DIN 38 409-H 16 (UAU)

Schwermetalle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Arsen	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Blei	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Cadmium	mg/l	<0,0001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Chrom (Gesamt)	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Kupfer	mg/l	0,002	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Nickel	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Quecksilber	mg/l	<0,0001	DIN EN 1483 (E 12)
Zink	mg/l	0,010	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Antimon	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Barium	mg/l	0,062	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Molybdän	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Selen	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

(UAU) - Niederlassung Augsburg

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der Synlab Umweltinstitut GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).



Robert Ottenberger
Niederlassungsleiter

Probenvorbereitungsprotokoll gemäß DepV

15

Anlage zu Auftrags-Nr. UST-13-0040260

Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe):

Auftraggeber / Büro Harald Voigtmann Probenehmer: Auftraggeber		Probenahmedatum:	
Probenart: Boden		Konsistenz: <i>Feststoff</i>	
Probengefäß: Kunststoffeimer		Probenvolumen: ca. 1 l	
Ordnungsgemäße Anlieferung: ja: <input checked="" type="checkbox"/> nein: <input type="checkbox"/> Inwiefern:			

Probenvorbereitung (von der Laborprobe zur Prüfprobe):

Probennummer: UST-13-0040260-01		Probenbezeichnung: C 94	
Probeneingangsdatum: 24.06.2013		Probenahmeprotokoll:	
Sortierung: nein: <input checked="" type="checkbox"/> ja: <input type="checkbox"/>	Metall: g		Holz: g
	Kunststoff: g		sonstiges: g
Zerkleinerung/Backenbrecher: nein: <input checked="" type="checkbox"/> ja: <input type="checkbox"/>	Lufttrocknung: nein: <input checked="" type="checkbox"/> ja: <input type="checkbox"/>		
Siebung: nein: <input checked="" type="checkbox"/> ja: <input type="checkbox"/>	Siebschnitt: < mm		
Analyse: Gesamtfraktion: <input checked="" type="checkbox"/>		Siebrückstand: <input type="checkbox"/>	Siebdurchgang: <input type="checkbox"/>
Teilung/Homogenisierung:	Kegeln und Vierteln: <input checked="" type="checkbox"/>	fraktionierte Teilung: <input type="checkbox"/>	Riffelteller: <input type="checkbox"/>
	Rotationsteller: <input type="checkbox"/>	cross-riffling: <input type="checkbox"/>	
Anzahl der Prüfproben: <i>1</i>	Rückstellprobe: nein: <input type="checkbox"/> ja: <input checked="" type="checkbox"/>	Probenmenge: g	

Probenaufbereitung (von der Prüfprobe zur Messprobe):

untersuchungsspezifische Trocknung der Prüfproben:	Trocknung 105 °C: <input checked="" type="checkbox"/>	Gefriertrocknung: <input type="checkbox"/>
	Lufttrocknung: <input type="checkbox"/>	chemische Trocknung: <input type="checkbox"/>
untersuchungsspezifische Feinzerkleinerung der Prüfproben:	Mahlen: <input type="checkbox"/>	Endfeinheit: µm
	Schneiden: <input type="checkbox"/>	Endfeinheit: µm

Datum / Unterschrift: 25.06.13 S. Patzer

2.3.1 Klasse B: Boden		
2.3.1.1 Klasse BN: Nichtbindige Böden, Hauptbestandteile Sand und Kies, Korngröße bis 63 mm		
Feinkornanteil	Klasse	
bis 15%	BN 1	
über 15%	BN 2	
2.3.1.2 Klasse BB: Bindige Böden, Hauptbestandteile Schluff, Ton oder Sand, Kies mit starkem Einfluss der bindigen Anteile		
undrÄnirierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	Konsistenz	Klasse
bis 20	flüssig bis breiig	BB 1
über 20 bis 200	weich bis steif	BB 2
über 200 bis 600	halbfest	BB 3
über 600	fest bis sehr fest	BB 4
2.3.1.3 Klasse BO: Organische Böden, Hauptbestandteile: Torf, Mude und Humus		
Hauptbestandteile	Klasse	
Mude, Humus und zersetzte Torfe	BO 1	
unzersetzte Torfe	BO 2	
2.3.1.4 Zusatzklasse BS: Steine und Blöcke		
Kommen in Lockergesteinen Steine und Blöcke vor, so ist die Zusatzklasse BS ergänzend zu den Abschnitten 2.3.1.1 bis 2.3.1.3 anzugeben		
Korngröße	Volumenanteil Steine und Blöcke	
	bis 30%	über 30%
über 63 mm bis 200 mm (Steine)	BS 1	BS 2
über 200 mm bis 600 mm (Blöcke)	BS 3	BS 4
Blöcke größer 600 mm sind hinsichtlich ihrer Größe gesondert anzugeben.		

Tabelle E11.20: Bodenklassen nach DIN 18301-2006: Bohrarbeiten

2.3.2 Klasse F: Fels			
2.3.2.1 Klasse FV			
Verwitterungsgrad	Trennflächenabstand		
	bis 10 cm	über 10 cm bis 30 cm	über 30 cm
zersetzt	in Klasse BB oder BN einzustufen		
entfestigt		FV 1	
angewittert		FV 2	FV 3
unverwittert	FV 4	FV 5	FV 6
Verwitterungsgrad und Trennflächenabstand sind gemäß Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau anzugeben.			
2.3.2.2 Zusatzklassen FD: Einaxiale Festigkeit			
Für die Felsklassen FV2 bis FV 6 sind die Zusatzklassen FD ergänzend anzugeben.			
Einaxiale Festigkeit [N/mm ²]		Klasse	
bis 20		FD 1	
über 20 bis 80		FD 2	
über 80 bis 200		FD 3	
über 200 bis 300		FD 4	
über 300		FD 5	
2.4 Beschreibung und Einstufung von Auffüllungen und sonstigen Stoffen			
Soweit möglich werden Auffüllungen und sonstige Stoffe, z.B. Bauteile, Recyclingstoffe, industrielle Nebenprodukte, Abfall, nach Abschnitt 2.2 beschrieben und nach Abschnitt 2.3 eingestuft. Ist dies nicht möglich, werden sie im Hinblick auf ihre Eigenschaften für Bohrarbeiten spezifisch beschrieben, z.B. nach Druckfestigkeit, Gesteinsart und -körnung, Bewehrungsanteil.			

E.12 Frostempfindlichkeitsklassen

Vor allem im Straßenbau spielt die Frostempfindlichkeit der Böden eine besondere Rolle. Frost führt in bindigen Böden dazu, dass kapillar angezogenes Wasser friert und sich Eiskristalle bilden, die unter Druckausübung und Verdrängung anwachsen. Nach dem Abtauen des Eises und unter Belastung brechen die entstandenen Hohlräume zusammen. Nach ZTVE-StB 97 für Erdarbeiten im Straßenbau besteht folgende Klassifizierung im Hinblick auf die Frostempfindlichkeit: