

Dr.-Ing. Orth GmbH, Ellmendinger Straße 23, 76227 Karlsruhe

LBBW Immobilien Kommunalentwicklung GmbH
Herr Arno Linder
Ludwig-Erhard-Allee 4
76131 Karlsruhe

Ingenieurbüro für
Bodenmechanik und Grundbau

Geführt im Verzeichnis der anerkannten
Sachverständigen für Erd- und Grundbau
nach Bauordnungsrecht

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Wolfgang Orth
Beratender Ingenieur

Ellmendinger Straße 23 · 76227 Karlsruhe
☎ 07 21/400 89-0 · Fax 07 21/400 89-22
e-mail info@orth-ingenieure.de
www.orth-ingenieure.de

Karlsruhe, den 18. Februar 2016

\\ 16002\G01_Ziegelfeld.doc /Or/Sa

Baugrunduntersuchung und geotechnische Beratung

Projekt: **Erschließung Baugebiet Grafenberg VII in Nordrach**

Auftraggeber: **LBBW Immobilien Kommunalentwicklung GmbH**

Auftrag vom: **Telefonisch am 11.01.2016**

Unsere Auftragsnummer: **16002** Seiten: **13** Anlagen: **3 (5 Seiten)**

Bericht abgeschlossen am: **18.02.16**

Verteiler: **Auftraggeber** – **2-fach**

sowie per E-Mail an:

Herrn Linder

Herrn Ribar, Zink Ingenieure

Arno.Linder@lbbw-im.de

Dietmar.Ribar@Zink-Ingenieure.de

INHALT

1	VORGANG	3
1.1	ANLASS.....	3
2	VERWENDETE UNTERLAGEN / LITERATUR.....	3
3	UNTERGRUND	4
3.1	UNTERGRUNDAUFBAU	4
3.2	MASSGEBENDE MITTLERE BODENKENNWERTE.....	5
3.3	GRUNDWASSER.....	6
3.4	ERDBEBENGEFÄHRDUNG	6
4	VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER.....	6
5	HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG	6
5.1	ALLGEMEINES	6
5.2	STRASSEN-AUFBAU.....	7
5.3	HINWEISE ZUM KANAL- UND LEITUNGSBAU.....	8
5.4	VERDICHTUNGSKONTROLLEN	12
5	SCHLUSSBEMERKUNG	13

ANLAGEN

Anlage 1:	Lagepläne
Anlage 2:	Bohrprofile
Anlage 3:	Ergebnisse der Laborversuche

1 VORGANG

1.1 ANLASS

Die LBBW Immobilien Kommunalentwicklung GmbH plant eine Erweiterung des Baugebietes Grafenberg mit einer Gesamtgröße von ca. 4,0 ha. Im Zuge der Erschließungsmaßnahme ist eine Erweiterung des Straßennetzes vorgesehen. Im Bereich der geplanten Straßen werden auch Leitungen und Kanäle neu verlegt. Die Dr.-Ing. Orth GmbH wurde mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und geotechnischen Beratung für diese Baumaßnahme beauftragt.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN / LITERATUR

VOM INGENIEURBÜRO ZINK, OFFENBURG

- [U 1] Regelquerschnitte M = 1:50 vom 10.2015, und Lageplan M = 1:500 vom 11.06.2015 erhalten per E-Mail am 14.12.2015
- [U 2] Lageplan, Längsschnitte Leitungen, M = 1:500/50, vom 10.2015 erhalten per Mail am 23.12.2015
- [U 3] Bebauungsplan, M = 1:500, vom 23.09.2015 erhalten per E-Mail am 23.12.2015

VOM INGENIEURBÜRO DR.-ING. ORTH GMBH, KARLSRUHE

- [U 4] Herstellung und geotechnische Aufnahme von 5 Bohrsondierungen

SONSTIGE UNTERLAGEN

- [U 5] Geologische Spezialkarte des Großherzogtums Baden, Blatt 7618 Zell A/H, M 1:25.000, unveränderter Nachdruck aus dem Jahre 1906, herausgegeben vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg 1985.

LITERATUR / REGELWERKE

- [L 1] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2012
- [L 2] ZTV A-StB 12: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, Ausgabe 2012
- [L 3] ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009
- [L 4] DWA A 138: 2005-04, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser

3 UNTERGRUND

Gemäß der geologischen Karte [U 5] ist im Untersuchungsgebiet (oberflächennah verwittertem) Granit zu rechnen.

Zur Erkundung der lokalen Untergrundverhältnisse im Bereich des Baugebiets Grafenberg VII wurden am 21. und 27. Januar 2016 insgesamt 5 Bohrsondierungen mit Bohrtiefen zwischen ca. 6,2 m und ca. 7,0 m unter GOK niedergebracht. Aus den Aufschlüssen wurden insgesamt 24 Bodenproben entnommen. Für drei ausgewählte Proben wurden Korngrößenverteilungskurven bestimmt (s. Anlage 3).

Die Lage der Aufschlusspunkte ist in Anlage 1.2 dargestellt, die zugehörigen Bohrprofile liegen als Anlage 2 bei.

3.1 UNTERGRUNDAUFBAU

Bei der Baugrunderkundung wurden in den Aufschlüssen unter dem bereichsweise anstehenden Mutterboden natürlich gewachsene Böden (mit Ausnahme des Tiefenbereichs von 0,1 m bis 2,5 m unter Geländeoberkante der BS 5) erkundet. Diese wurden in Form von braunen und rotbraunen Gemischen von Schluff, Kies und Sand überwiegend steifer Konsistenz angetroffen. Diese Böden weisen keine großflächige Schichtung auf, sondern wurden zumeist in unregelmäßigen Wechsellagen angetroffen. Die Bohrsondierungen BS 1 und BS 2A mussten aufgrund von Bohrhindernissen (vermutlich Steine) in Tiefen von

6,2 m bzw. 1,8 m unter Geländeoberkante (GOK) vorzeitig abgebrochen werden. Die BS 2 wurde daher um ca. 1 m versetzt und als BS 2B bis in die geplante Tiefe von 7 m unter GOK niedergebracht.

3.2 MASSGEBENDE MITTLERE BODENKENNWERTE

Unter Vernachlässigung der Oberbodenaufgabe (Bodenklasse 1 nach DIN 18300) wird der Baugrund anhand der geotechnischen Auswertung der vorliegenden Baugrundaufschlüsse in Anlehnung an einschlägige Regelwerke wie folgt durch geomechanische Bodenkennwerte beschrieben:

Auffüllungen und natürlich gewachsene bindige und Gemischtkörnige Böden (Schluff-Kies-Sand Gemische)

Bodengruppen nach DIN 18196:	GU/GU*, SU/SU*, UL/UM A [GU/GU*, UL/UM]
Bodenklassen nach DIN 18300(VOB 2012):	4 (mittelschwer lösbare Bodenarten)
örtlich auch	3 (leicht lösbare Bodenarten)
bei Wassereinfluss möglich	2 (fließende Bodenarten)
Bodenklassen nach DIN 18301(VOB 2012):	BB 2 (bindige Böden)
örtlich auch	BN 1/BN 2 (nicht bindige Böden)
bei Wassereinfluss möglich	BB 1
Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 09:	F3 (sehr frostempfindlich)
örtlich auch	F2 (gering bis mittel frostempfindlich)
Feucht- / Auftriebswichte:	$\gamma = 18 \text{ bis } 21 / 8 \text{ bis } 11 \text{ kN/m}^3$
effektiver Reibungswinkel:	$\varphi_k' = 25^\circ \text{ bis } 30^\circ$
effektive Kohäsion:	$c_k' = 0 \text{ bis } 10$
Mittlerer Steifemodul bei verhinderter Seitendehnung im Spannungsbereich von 50 bis 250 kN/m ² :	$E_{s,k} = 5 \text{ bis } 25 \text{ MN/m}^2$
Homogenbereich nach DIN 18300 (VOB 2015) - Erdarbeiten	I

3.3 GRUNDWASSER

Gemäß der hydrogeologischen Kartierung ist im Untersuchungsgebiet kein durchgehender Grundwasserleiter zu erwarten. Während der Bohrarbeiten wurde kein Grund-/Schichtenwasser angetroffen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass auf dem Gelände in den niederschlagsreichen Perioden Hang-/ oder Schichtenwasser auftritt.

3.4 ERDBEBENGEFÄHRDUNG

Das Baugelände liegt in der Zone 1 der Erdbebenkarte des Landes Baden-Württemberg bzw. gemäß DIN EN 1998-1/NA. Als Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung ist $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$ anzusetzen. Der Standort ist der geologischen Untergrundklasse R sowie der Baugrundklasse C zuzuordnen.

4 VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER

Erfahrungsgemäß ist die Durchlässigkeit der bei der Baugrunderkundung angetroffenen Böden sehr gering. Anhand der bestimmten Kornverteilungskurven (Anlage 3.2) können k_f -Werte im Bereich von 10^{-7} m/s bis 10^{-9} m/s abgeleitet werden. Gemäß DWA A 138 [L 4] liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich in einem k_f -Bereich von $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ bis $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Somit sind die betrachteten Böden für eine Versickerung nicht geeignet.

5 HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

5.1 ALLGEMEINES

Die oberflächennah hier im Untergrund anstehenden Böden sind sehr wasserempfindlich. Die jeweiligen Aushubsohlen und Planumsflächen sind daher vor Aufweichen z. B. durch Niederschläge und Frost zu schützen. Zu überbauende Planumsflächen sollten nicht befahren, sondern rückschreitend ausgehoben und unverzüglich, möglichst am gleichen Tag, überschüttet oder versiegelt werden. Auch das Schütten muss zur Vermeidung von Überfahrten vor Kopf ausgeführt werden. Die Planumsflächen unter den Schüttungen sollten

mit Gefälle zu einer Vorflut ausgeführt werden, Mulden und Vertiefungen im Planum ohne Abfluss sind unbedingt zu vermeiden.

5.2 STRASSENBAU

Genauere Angaben zur Planung der Straßen lagen uns zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor. Wir gehen davon aus, dass die Straßen mit einer bituminösen Deckschicht vorgesehen sind. Die Gehwege werden vermutlich in Pflasterbauweise ausgeführt. Unter Annahme der Belastungsklasse Bk1,0, der Frostempfindlichkeitsklasse F3 des Untergrundes und der Lage in der Frosteinwirkungszone II wird ein frostsicherer Straßenaufbau mit einer Gesamtdicke von 65 cm empfohlen.

Die oberflächennah anstehenden bindigen Materialien sind als Frost- / Tragschichtmaterialien ungeeignet und müssen ausgetauscht werden.

Für Bauweisen mit Kies- oder Schottertragschicht auf Frostschutzschichten (RStO Tafel 1, z. B. Zeile 3 oder 4) gelten dann bei einer Schwarzdecke (Asphaltdeck- und Asphalttragschicht) mit insgesamt 14 cm Dicke folgende Verdichtungsanforderungen:

$$\text{OK Frostschutzschicht:} \quad E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2 \quad E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$$

$$\text{OK Tragschicht:} \quad E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2 \quad E_{v2} / E_{v1} \leq 2,1.$$

Die Verdichtungsanforderungen für das Erdplanum betragen:

$$\text{Erdplanum:} \quad E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2 \quad E_{v2} / E_{v1} \leq 3,0.$$

Falls die im Erdplanum geforderten Werte hier nicht erreicht werden könnten, ist ein zusätzlicher Bodenaustausch zur Verstärkung der Frostschutzschicht/Tragschicht mit ausreichend scherfestem, gut verdichtbarem und gegenüber dem anstehenden Untergrund filterstabilem Ersatzmaterial (z. B. Kiessand der Körnung 0/32 mit mindestens 30 % Sandanteil) mit einer Stärke von ca. 20 cm bis 30 cm einplanen. Die tatsächlich erforderliche Dicke des Bodenaustauschs sollte im Zuge der Bauausführung anhand der Ergebnisse der Verdichtungsprüfungen (Plattendruckversuche) festgelegt werden. Alternativ können die im Erdplanum anstehenden Böden auch z. B. mittels Zugabe von Bindemittel verbessert und anschließend verdichtet werden.

Beim Auskoffern der vorhandenen Materialien sind Auflockerungen des Untergrundes möglichst zu vermeiden. Es wird empfohlen, die dann erreichten Aushubsohlen sorgfältig nachzuverdichten. Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der anstehenden bindigen Böden sind diese während der Arbeiten vor Durchnässung zu schützen und ggf. zu entwässern. Weiche oder aufgeweichte bindige Böden auf dem Erdplanum sind durch gut verdichtbares Austauschmaterial zu ersetzen.

5.3 HINWEISE ZUM KANAL- UND LEITUNGSBAU

5.3.1 Baugruben

Im Rahmen der Erschließung werden Regen- und Schmutzwasserkanäle mit Tiefen zwischen bis ca. 6 m gebaut. Bei der Herstellung von Kanal- und Leitungsgräben sind grundsätzlich die Vorgaben der DIN 4124 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau und Arbeitsraumbreiten“ zu beachten. Entlang der Baugruben ist ein 0,60 m breiter Streifen lastfrei zu halten. Darüber hinaus müssen Baugeräte abhängig vom Gesamtgewicht einen Mindestabstand von 1 m bis 2 m zum Graben einhalten.

Die Baugruben können in den weichen bindigen Böden bis 45°, bei mindestens steifen bindigen Böden bis 60° geböscht hergestellt werden. Die Böschungen müssen vor äußeren Einflüssen wie Durchnässung, Austrocknung, Frost usw., z. B. durch Abdecken mit einer Folie, geschützt werden. Der Zufluss von Oberflächenwasser zu den Böschungen ist z. B. durch einen Erdwall auf der Böschungsschulter zu verhindern. Das hieraus anfallende Wasser ist zu fassen und abzuleiten. Sofern breiige Böden anstehen, dürfen die Gräben nicht offen geböscht werden.

Alternativ zu den geböschten Baugruben können diese auch vollständig oder bei Gräben bis 1,75 m Grabentiefe im Bereich von mindestens steifen bindigen Böden auch teilverbaut hergestellt werden. Als Grabenverbau können bei vergleichsweise niedrigen Höhen z. B. Systemverbauten, bei tieferen Baugruben Kanaldielen oder Spundwanddielen zum Einsatz kommen. Die hier anstehenden Böden sind nur bedingt standsicher und sehr wasserempfindlich (schnelle Konsistenzwechsel bei Wassereinfluss), so dass der Verbau mit dem Aushub abgesenkt werden muss und nicht in den ausgehobenen Graben eingestellt werden kann. Bei einem nichtkraftschlüssigen Verbau (z. B. durch Verbauplatten) können Spannungsumlagerungen auftreten, welche Setzungen oder Sackungen bis zur Geländeoberkante verursachen können. Es muss daher sichergestellt werden, dass bereits bestehende Bau-

teile, z. B. in den Anschlussbereichen zu bereits bestehenden Kanälen, nicht setzungsempfindlich sind bzw. keine unzulässigen Verformungen erfahren.

Zur Ermittlung des Erddrucks für die Verbaubemessung kann vereinfacht von folgenden Bodenkennwerten ausgegangen werden:

Feucht-/Auftriebswichte: $\gamma / \gamma' = 20/10 \text{ kN/m}^3$

Winkel der Gesamtscherfestigkeit: $\varphi_s' = 27,5^\circ$

Bei der Herstellung des Verbaus außerhalb des Straßenraums und außerhalb des Einflussbereichs von bestehenden Gebäuden kann für die Bemessung der aktive Erddruck E_a angesetzt werden. In den Anschlussbereichen zu bestehenden Straßen und Gebäuden ist der Verbau auf den erhöhten aktiven Erddruck $E = 0,5 * (E_a + E_0)$ zu bemessen. Für den Fall, dass sich sehr schlanke, verformungsempfindliche Bauteile (z. B. Strom-, Leitungs-, Lampenmasten im Anschlussbereich zum bestehenden Kanal- und Leitungsnetz) nahe dem Verbau befinden, sollte der Verbau auf den Erdruhedruck E_0 ausgelegt werden. Können wegen der begrenzten Reichweiten der Hebefahrzeuge für die Rohrleitungen keine ausreichenden Abstände zum Verbau eingehalten werden, müssen diese Verkehrslasten bei der statischen Bemessung des Verbaus ebenfalls berücksichtigt werden.

Der Rückbau bzw. das Ziehen der Verbauelemente muss nach dem Einbringen und vor der Verdichtung der jeweiligen Schüttlage erfolgen. So kann sichergestellt werden, dass eventuell vorhandene Hohlräume zwischen den Verbauplatten und dem anstehenden Untergrund sowie die Hohlräume, die durch die Verbauplatten selbst entstehen, verfüllt und ausreichend verdichtet werden.

Aufgrund der Hanglage kann insbesondere nach ergiebigeren Niederschlägen ein Schicht-/ Sickerwasserzutritt nicht ausgeschlossen werden. Um ein Aufweichen der anstehenden, wasserempfindlichen Böden zu vermeiden, ist dieses am Ort des Austritts zu fassen und abzuleiten. Der Zufluss von Oberflächenwasser in den Leitungs- / Kanalgraben ist z. B. durch eine Mulde oder einen Wall an der Grabenkante zu unterbinden.

5.3.2 Grabenaushubmaterial

Die beim Aushub anfallenden Böden sind nur bedingt für eine Wiederverfüllung geeignet. Die bindigen Böden können aufgrund ihrer Wasserempfindlichkeit und ihrer mäßigen Ver-

dichtbarkeit nur unter Einschränkung wieder verwendet werden. Bindige Böden mit mindestens steifer Konsistenz können innerhalb der Verfüllzone unterhalb des frostsicheren Straßenaufbaus wieder eingebaut werden, weiche oder breiige bindige Böden sind direkt beim Aushub zu separieren. Die bindigen Böden neigen bei bereits geringen Wassergehaltsänderungen zu schnellen Konsistenzwechseln, was zusätzlich durch dynamische Beanspruchungen z. B. beim Überfahren, Laden oder Transportieren begünstigt wird. Sie sind beim Aushub auf Mieten mit geneigten und geglätteten Oberflächen (Quergefälle $\geq 5\%$) aufzusetzen und vor Tagwasserzutritt (z. B. Abdecken mit Folie) zu schützen. Gegebenenfalls sind für einen qualifizierten Wiedereinbau solcher Böden gesonderte Maßnahmen wie z. B. Reduzierung des Einbauwassergehaltes durch Bindemittelzugabe (z. B. 3 % bis 5 % Weißfeinkalk) einzuplanen.

5.3.3 Rohraufleger / Rohreinbettung / Rohrgrabenverfüllung

Die Leitungs- und Rohrgrabenherstellung sowie die Verlegung der Rohre sollte grundsätzlich nach DIN EN 1610: „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen“ sowie ZTV A-StB 12 erfolgen. Die Verdichtungsanforderungen werden durch die ZTV A-StB 12 bzw. durch die ZTV E-StB 09 vorgegeben.

Die Aushubsohlen sind schonend nachzuverdichten, um eventuelle Auflockerungen durch den vorangegangenen Aushub rückzustellen. Die Baugrubensohlen sind zuverlässig vor Aufweichen durch Tagwasserzutritt oder Frosteinwirkung zu schützen. Sofern hier weiche oder aufgeweichte Böden anstehen, sollte ein Bodenaustausch (Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97\%$) bis maximal ca. 0,3 m unter Grabensohle durchgeführt werden. Für einen Bodenaustausch können z. B. die für die Herstellung des Rohrauflegers vorgesehenen Materialien Verwendung finden. Das einzubauende Ersatzmaterial ist auf seine Filterstabilität gegenüber den anstehenden Böden zu prüfen. Darüber hinaus ist bei der Verwendung von nichtbindigem Ersatzmaterial im Bereich der bindigen Böden die hierdurch entstehende Drainagewirkung zu beachten, gegebenenfalls sind Maßnahmen zur Reduzierung der Längswegigkeit zu berücksichtigen (z. B. Einbau von Lehmschlägen).

Die Rohre sollten auf einem mindestens 15 cm dicken Rohraufleger (untere Bettungsschicht nach DIN EN 1610) abgesetzt werden. Das Größtkorn muss in Abhängigkeit vom verwendeten Rohrtyp festgelegt werden; Korngrößen bis 32 mm sind bei den meisten

Rohrtypen verträglich. Das Rohraufleger ist entsprechend den in der Rohrstatik angesetzten Auflagerbedingungen auszubilden.

Für die weitere Einbettung der Rohre (Leitungszone zzgl. 15 cm) ist das Verfüllmaterial auf den Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97\%$ zu verdichten. Der Einbau ist in Lagen von maximal 0,3 m auszuführen; jede Lage ist gemäß den Anforderungen der statischen Berechnung der Rohre zu verdichten. Je nach anzusetzendem Auflagerwinkel ist dabei besonderes Augenmerk auf die Verdichtung der Zwickel seitlich unter den Rohren zu legen. Die Verdichtung der Leitungszone hat mit leichtem bis maximal mittelschwerem Gerät zu erfolgen.

In die Hauptverfüllung kann z. B. ein Teil des anfallenden bindigen Aushubmaterials (mindestens steifer Konsistenz) rückverfüllt werden. Die Verdichtungsanforderungen betragen in Anlehnung an die ZTV E-StB 09 - abhängig vom eingebauten Erdmaterial - zwischen $D_{Pr} \geq 95\%$ und $D_{Pr} \geq 100\%$. Es wird empfohlen, mindestens Verdichtungsgrade $D_{Pr} \geq 97\%$ zu fordern, um nachträgliche Sackungen zu reduzieren. Generell beträgt in Abhängigkeit vom eingebauten Verfüllmaterial die Verdichtungsanforderung an den obersten Abschnitt der Grabenverfüllzone (Unterkante Frostschutzschicht / Schottertragschicht bis 0,5 m unter Erdplanum) $D_{Pr} \geq 97\%$ für gemischtkörnige und feinkörnige Böden bzw. $D_{Pr} \geq 100\%$ für körnige Böden.

Die Schütthöhen für den lagenweisen Einbau und die lagenweise Verdichtung sind ebenfalls in Abhängigkeit von der Bodengruppe bzw. dem Verdichtungsgerät zu wählen. Zum Schutz der Rohrleitung ist darauf zu achten, dass durch das Verdichtungsgerät oder durch Überfahung keine unzulässige Beanspruchung der Rohre entsteht.

Neben dem Erdruchdruck wirkt auf die Schachtbauwerke der Verdichtungserddruck. In die Bemessung ist der jeweils höhere Erddruckansatz einzuführen. Der Verdichtungserddruck ergibt sich in den obersten Metern wie folgt:

- Arbeitsraumbreite $\leq 1,0$ m \rightarrow Verdichtungserddruck von mindestens 40 kN/m²,
- Arbeitsraumbreite $\geq 2,5$ m \rightarrow Verdichtungserddruck von mindestens 25 kN/m².

Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.

5.4 VERDICHTUNGSKONTROLLEN

Wir empfehlen, die geforderten Verdichtungen im Zuge der Eigenüberwachung in Anlehnung an die Vorgaben nach ZTV E-StB 09 und RStO 12 durch die ausführende Firma nachzuweisen. In der Tabelle 3 sind die jeweiligen Anforderungen sowie die geeigneten Prüfmethode zusammengestellt.

Tabelle 3: Verdichtungsanforderungen / -kontrollen


Prüfzone	Verdichtungsanforderung	Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen	empfohlene Prüfmethode	alternative Prüfmethode
Leitungsgräben				
Bodenaustausch	$D_{Pr} \geq 97 \%$	3 Prüfungen je 150 m Grabenlänge und je Meter Einbaustärke	Dichtebestimmung mittels Densitometer, Ermittlung der Bezugsproctordichte	Rammsondierungen; Leichtes Fallgewicht nach TP BF-StB Teil 8.3, bei entsprechender Kalibrierung
Leitungszone	$D_{Pr} \geq 97 \%$			
Hauptverfüllung	$D_{Pr} \geq 95 \%$ - 100 % (materialabhängig) empfohlen $D_{Pr} \geq 97 \%$			
Verkehrsflächen				
Erdplanum	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} \leq 3,0$	1 Prüfung je angefangene 1.000 m ² , jedoch mindestens 2 Prüfungen pro 100 m bzw. 2 Prüfungen pro Bauabschnitt	Statischer Plattendruckversuch	Leichtes Fallgewicht nach TP BF-StB Teil 8.3, bei entsprechender Kalibrierung mit statischen Plattendruckversuchen
OK FSS	Straße ≥ Belastungsklasse Bk1,0 $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$)			
OK Tragschichten	Geh- und Radwege $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$) Straße ≥ Belastungsklasse Bk1,0 $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,1$)			

Darüber hinaus sind im Rahmen der Erdbauarbeiten die Aushub- und Einbaumassen mit Herkunft und Qualität der Materialien zu dokumentieren.

5 SCHLUSSBEMERKUNG

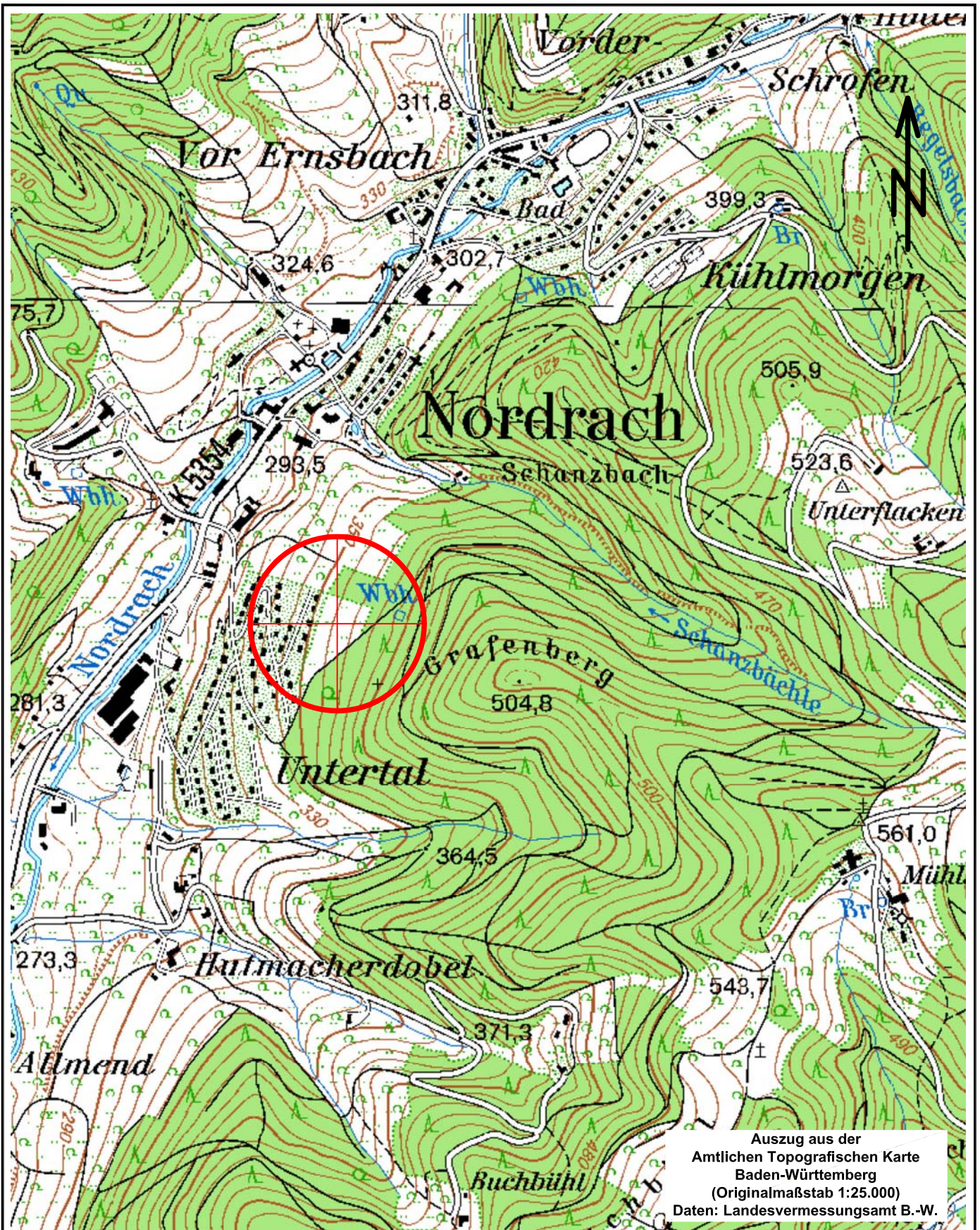
Das hier beschriebene geologische Modell des Baugrundes, welches Grundlage der in diesem Bericht enthaltenen bautechnischen Empfehlungen ist, resultiert aus punktuellen Aufschlüssen. Die hier getroffenen Annahmen sind daher im Zuge der Bauausführung zu überprüfen. Erforderlichenfalls ist hier der Baugrundgutachter zur Beurteilung hinzuzuziehen.

i. A.

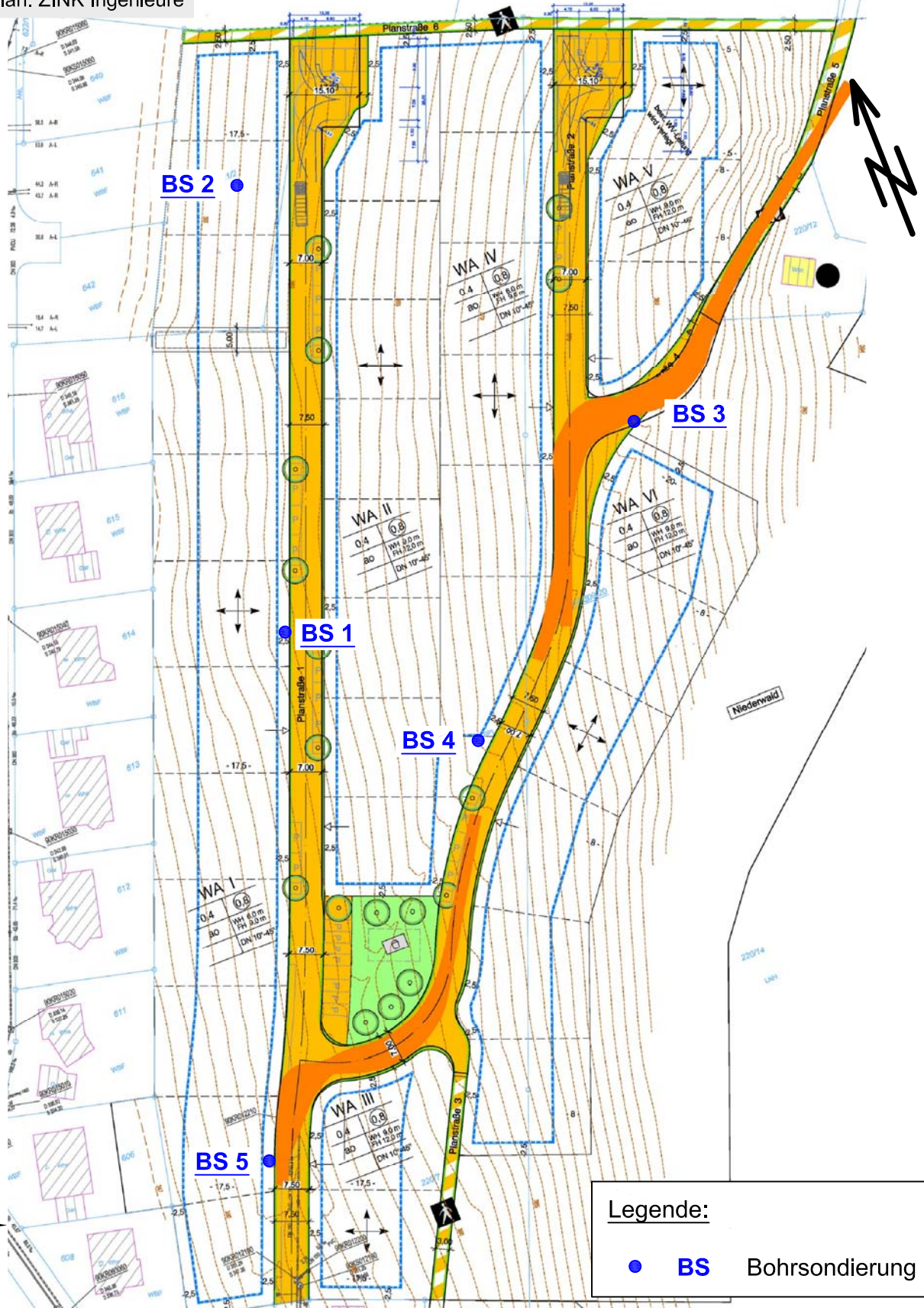

(Dipl.-Ing. W. Sanecki)


(Dr.-Ing. W. Orth)

ENTWURF



<p>LBBW Immobilien Kommunalentwicklung GmbH BG "Grafenberg VII" Nordrach</p>	<p>Dr.-Ing. Orth GmbH Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau und Umwelttechnik Ellmendinger Str. 23 76 227 Karlsruhe Tel.: 0721 / 400 89 - 0 Fax: 0721 / 400 89 - 22 E-Mail: info@orth-ingenieure.de</p>												
<p>Übersichtsplan</p>	<table border="1"> <tr> <td>Maßstab:</td> <td>ohne</td> <td>Auftrag:</td> <td>16 002</td> </tr> <tr> <td>Gezeichnet:</td> <td>Sb</td> <td>Anlage:</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>Bearbeiter:</td> <td>Sa</td> <td>Datum:</td> <td>10.02.2016</td> </tr> </table>	Maßstab:	ohne	Auftrag:	16 002	Gezeichnet:	Sb	Anlage:	1.1	Bearbeiter:	Sa	Datum:	10.02.2016
Maßstab:	ohne	Auftrag:	16 002										
Gezeichnet:	Sb	Anlage:	1.1										
Bearbeiter:	Sa	Datum:	10.02.2016										



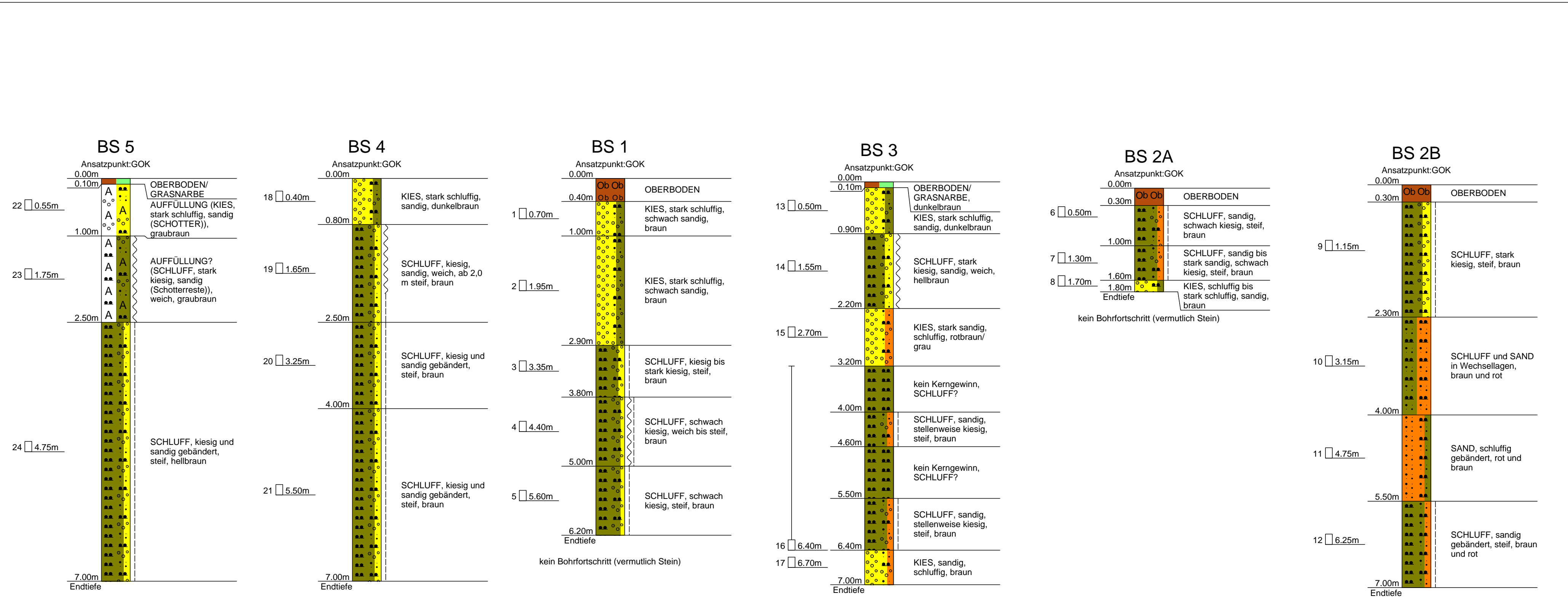
Legende:
 ● BS Bohrsondierung

LBBW Immobilien Kommunalentwicklung GmbH
BG "Grafenberg VII"
 Nordrach

Dr.-Ing. Orth GmbH
 Ingenieurbüro für
 Bodenmechanik, Grundbau und Umwelttechnik
DR.-ING. ORTH
GMBH
 Ellmendinger Str. 23 76 227 Karlsruhe
 Tel.: 0721 / 400 89 - 0 Fax: 0721 / 400 89 - 22
 E-Mail: info@orth-ingenieure.de

Lage der Baugrundaufschlüsse

Maßstab:	1:1.250	Auftrag:	16 002
Gezeichnet:	Sb/Sp	Anlage:	1.2
Bearbeiter:	Sa	Datum:	10.02.2016



Legende

<p>A A AUFFÜLLUNG</p> <p>SAND sandig</p>	<p>GRASNARBE</p> <p>SCHLUFF schluffig</p>	<p>KIES kiesig</p>	<p>OBERBODEN</p>
<p>Proben</p> <p>— Sonderprobe</p> <p>□ Gestörte Probe</p> <p>⊠ Kernprobe</p> <p>△ Wasserprobe</p>	<p>Wasserstände</p> <p>GW ▽ GW angebohrt</p> <p>GW ▽ Änderung des WSP</p> <p>GW ▽ Ruhewasserstand</p> <p>SW ▽ Sickerwasser</p>	<p>Beschaffenheit nach DIN 4023</p> <p>nass</p> <p>breiig</p> <p>weich</p> <p>steif</p> <p>halbfest</p> <p>fest</p> <p>klüftig</p> <p>dicht</p> <p>sehr dicht</p>	<p>Verwitterungsstufen</p> <p>schwach verwittert</p> <p>mäßig-stark verw.</p> <p>vollständig verw.</p>

BS Bohrsondierung

Dr.-Ing.Orth GmbH
 Ingenieurbüro für Bodenmechanik, Grundbau und Umwelttechnik
 Geführt im Verzeichnis der anerkannten Sachverständigen
 für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht

Auftraggeber : LBBW Immobilien Kommunalentwicklung GmbH
 Bauvorhaben: BG Grafenberg VII, Nordrach
 Auftrag Nr : 16002
 Planinhalt : Bohrprofile

Maßstab : 1:50	Datum: 27.01.2016	Plan-Nr.: 2
Bearbeiter : Sa		
Gezeichnet: Sb		
Geprüft :		

Zusammenstellung / Ergebnisse der Laborversuche

Auftragsnummer 16002





Projekt: **BG "Grafenberg VII", Nordrach**

Aufschluss	BS 1		BS 2B
	1,0 – 2,9	5,0 – 6,2	2,3 – 4,0
Entnahmetiefe [m]			
Bemerkung			
Labornummer	2	5	10
Bodenansprache ¹⁾ nach DIN 4022/4023	G, u, s, t'	U, t, s, g'	S, u, t, g'
Bodengruppe nach DIN 18196	GU*	UL/UM	SU*
Wassergehalt w [%]			
Glühverlust V_{gl} [%]			
Kalkgehalt V_{Ca} [%]			
Trockendichte ρ_d [g/cm ³]			
Verdicht.grad ²⁾ D_{Pr} [%]			
Fließgrenze w_L [%]			
Ausrollgrenze w_P [%]			
Plastizitätszahl I_P [%]			
Konsistenzzahl I_C [-]			
Symbol im Plastizitätsdiagr.			
weitere Versuche ³⁾	KV	KV	KV
siehe Anlage		3.2	

¹⁾ Bezeichnung: ' schwache Beimengung
* starke Beimengung

²⁾ bezogen auf (modifizierte) Proctordichte
(mod) $\rho_{Pr} = \dots \text{ g/cm}^3$

³⁾ KV: Korngrößenverteilung
WD: Wasserdurchlässigkeit
KP: Kompressionsversuch
RS: Rahmenscherversuch
PR: Proctorversuch

	Dr.-Ing.Orth GmbH
	Ingenieurbüro für Bodenmechanik und Grundbau
	Geführt im Verzeichnis der anerk.Sachverständigen
	für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht

Kornverteilung

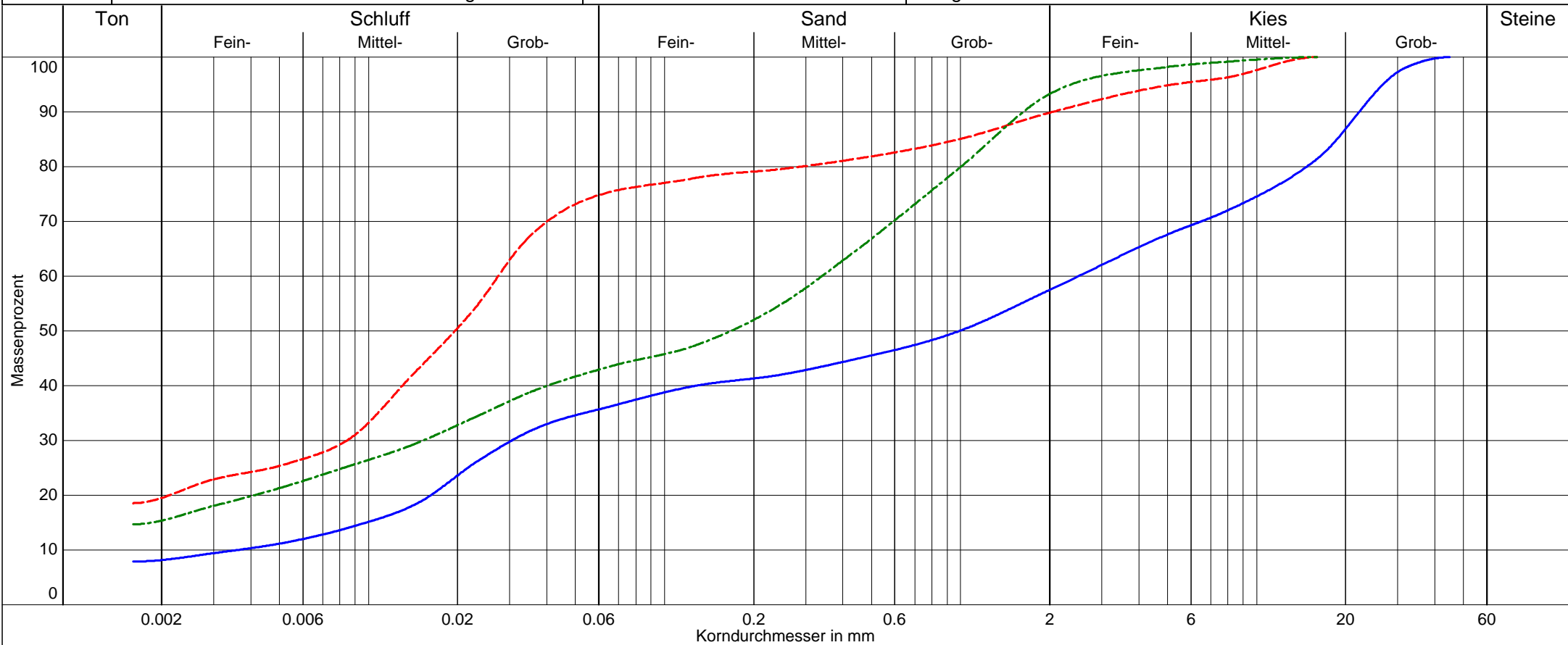
DIN 18 123-7

Projekt : BG "Grafenberg VII", Nordrach

Projektnr.: 16002

Datum : 17.02.2016

Anlage : 3.2



Labornummer	— 2	- - - 5	- · - · 10		
Entnahmestelle	BS 1	BS 1	BS 2B		
Entnahmetiefe	1,0 - 2,9 m	5,0 - 6,2 m	2,3 - 4,0 m		
d ₁₀ / d ₆₀	0.004/2.505 mm	- /0.027 mm	- /0.340 mm		
Anteil < 0,063 mm	36.0 %	75.1 %	43.3 %		
k _f nach USBR	2.8E-007 m/s	2.6E-009 m/s	1.2E-008 m/s		
Kornkennzahl	1324	2611	1351		