



Gemeinde Zweiflingen

Ortsteil Friedrichsrue

Bebauungsplan „Friedrichsrue Mitte“ nach § 13a BauGB mit Teilaufhebung des Bebauungsplanes „Schönaue Holz“

Anhang 2
Baugrundgutachten
25.06.2026

BIT | STADT + UMWELT

BIT Stadt + Umwelt GmbH
Standort Heilbronn
Oststraße 123
74072 Heilbronn
Tel. +49 7131 9165-0
www.bit-stadt-umwelt.de



BFI ZEISER GmbH & Co. KG, Mühlgraben 34 73479 Ellwangen

GkB Gesellschaft für kommunale
Baulanderschließung mbH
Am Storrenacker 1b
76139 Karlsruhe

BFI ZEISER GmbH & Co. KG
MÜHLGRABEN 34
73479 ELLWANGEN

Telefon 0 79 61/ 933 89-0
Telefax 0 79 61/ 933 89-29
e-mail bfi@bfi-zeiser.de
Internet www.bfi-zeiser.de

Baugrunduntersuchung
Altlastenerkundung
Labor- und Feldversuche
Beweissicherung
Erschütterungsmessungen
Erdstatische Nachweise
Wasserbau
Fachplanung/Bauleitung
Aufschlussbohrungen
Kleinbohrpfähle
Brunnen/Geothermie
Bodenschutzkonzepte

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

kd-se-seb/ Az.260297

25.06.2026

Zweiflingen-Friedrichsruhe BG Gräter

hier: Baugrunderkundung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

GkB Gesellschaft für kommunale
Baulanderschließung mbH
Am Storrenacker 1b
76139 Karlsruhe

Planung:

BIT Stadt – Umwelt GmbH
Am Storrenacker 1b
76139 Karlsruhe

Ingenieurgeologische
Beratung/ Untersuchung und
erdstatische Nachweise:

Büro für Ingenieurgeologie
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34
73479 Ellwangen

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Unterlagen.....	4
2. Allgemeines und Lage.....	4
3. Untergrund.....	5
3.1 Baugrundgeologische Situation.....	5
3.2 Stratigrafie.....	6
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Laborversuche.....	7
3.4.1 Natürlicher Wassergehalt.....	7
3.4.2 Zustandsgrenzen	7
3.4.3 Kornverteilung	8
3.5 Geotechnische Kategorie.....	10
3.6 Homogenbereiche.....	10
3.7 Frostepfindlichkeit.....	12
3.8 Bodenkennwerte.....	12
4. Orientierte chemische Untersuchungen	14
4.1 Sulfatanalyse	14
4.2 Untersuchung nach EBV	15
5. Erdbebenzone	16
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	16
6.1 Leitungsbau	16
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	16
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben	17
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung	18
6.2 Straßenbau.....	19

6.2.1	Planum.....	19
6.2.2	Tragschicht	20
6.3	Gebäude	21
6.3.1	Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	21
6.3.2	Baugrubensicherung.....	22
6.3.3	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile	23
6.3.4	Arbeitsraumverfüllung	23
7.	Abnahme und Haftung.....	24

Anlagen:

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen	M. 1 : 750
Anlage 2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 – B 3	M. 1 : 50
Anlage 3:	Zustandsgrenzen P 2/3	
Anlage 4:	Kornverteilung P 1/1	
Anlage 5:	Analysenergebnisse nach EBV	

1. Unterlagen

Zur Ausarbeitung des Gutachtens standen dem BFI folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan M. 1 : 500 vom 10.03.2026

Die Pläne der Telekommunikation sowie der öffentlichen Leitungen (Gas, Wasser, Strom) wurden vom BFI eingeholt.

2. Allgemeines und Lage

Die GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH beabsichtigt die Erschließung des Baugebiets "Friedrichsruhe Mitte" im Zentrum des Ortsteils Friedrichsruhe der Gemeinde Zweiflingen. Das Bauvorhaben liegt auf dem Flurstück Nr. 50.

Die für die Bebauung vorgesehene Fläche fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 316,53 mNHN auf 313,22 mNHN nach Süden ein.

Nach Auskunft von Herrn Bradt, GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH liegt die Belastungsklasse nach RStO für die Erschließungsstraße bei Bk 1,0. Die Verlegetiefe der Kanäle ist bis ca. 4,00 m unter GOK geplant.

Das BFI wurde von der GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung beauftragt.

3. Untergrund

3.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 08.06.2026 auftragsgemäß drei Bohrungen (B 1 – B 3) bis in Tiefen von jeweils 5,00 m unter Gelände abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 22.05.2026 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 22.05.2026 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf einen Kanaldeckel eingemessen, dessen Deckelhöhe mit 311,84 mNHN angegeben ist.

Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan in Anlage 1.2 entnommen werden.

Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes (siehe auch Anlage 2):

Bei den Bohrungen B 1 und B 2 wurde zunächst ein ca. 0,40 m starker Mutterboden durchteuft.

Unter dem Mutterboden bei B 2 und ab GOK bei B 3 (Zufahrtsweg) wurden Auffüllungen aus sandigen, kiesigen Schluffen und schluffigen Schottern mit Ziegelbruch erkundet.

Ab einer Tiefe zwischen 0,40 m und 2,10 m unter GOK stehen bis zur Endtiefe der Bohrungen bei 5,00 m unter GOK steife und steife bis halbfesten sandige Tone und Schluffe an.

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch liegt das Baugebiet in den Schichtgliedern der Erfurt-Formation (Lettenkeuper). Bei den darüber anstehenden Tonen und Schluffen handelt es sich um deren quartäre Verwitterungsprodukte und Lösslehme.

3.3 Wasserverhältnisse

In der Bohrung B 1 wurden während der Arbeiten Schicht-/ Sickerwasserzutritte in 2,70 m unter GOK festgestellt. Bis Abschluss der Bohrarbeiten waren alle Bohrungen trocken. In Abhängigkeit von jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch lokal und temporär mit Schicht- und Sickerwasserzutritten gerechnet werden.

Die Beobachtung stellt lediglich eine Momentaufnahme während bzw. unmittelbar nach Abschluss der Bohrarbeiten dar. Insbesondere in gering durchlässigen, bindigen Böden kann sich der Wasserstand im Bohrloch zeitverzögert einstellen, da der Zustrom von Wasser aus dem umgebenden Boden nur langsam erfolgt.

Zudem können jahreszeitliche Schwankungen, länger andauernde Niederschlagsereignisse oder Veränderungen der Grundwasserverhältnisse zu einem späteren Anstieg des Grundwasserspiegels führen. Auch können lokal begrenzte Schichtenwasserführungen in den Deckschichten sowie Festgesteinen auftreten, die während der Bohrarbeiten nicht angeschnitten wurden.

Zur sicheren Beurteilung der Grundwasserverhältnisse wären daher gegebenenfalls längerfristige Beobachtungen in ausgebauten Grundwassermessstellen erforderlich.

3.4 Laborversuche

3.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 14 gestörte Proben entnommen. Von den aus dem Boden entnommenen Proben wurden 3 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht. Dabei wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 1: Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe (m)	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt (Gew.-%)
1/2	1	2,25	U,s,t' (st)	25,95
2/3	2	2,15	T,s*,u* (st)	20,57
3/4	3	2,65	U,s' (st)	22,11

3.4.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an der Probe P 2/3 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlage 3 sowie der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2: Zustandsgrenzen

Probe	P 2/3
Bohrung	B 2
Entnahmetiefe [m]	2,15
Wassergehalt w_N [%]	20,6
Fließgrenze w_L [%]	40,2
Ausrollgrenze w_P [%]	21,4
Plastizitätszahl I_P [%]	18,8
Konsistenzzahl I_C	1,043
Gruppensymbol	TM
Konsistenz	st-hf

Für die Zustandsform des Tons ergab sich eine Konsistenzzahl I_C von 1,043. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Probe als „steif-halbfest“ zu bezeichnen.

3.4.3 Kornverteilung

Die Kiese wurden an der Probe P 3/4 auf ihre Kornverteilung nach DIN 18 123 untersucht. Die Gewichtsprozent der einzelnen Kornfraktionen sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die Kornverteilungskurve mit weiteren Angaben ist in der Anlage 4 dargestellt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Siebanalyse

Probe P	Entnahme- tiefe [m]	Korngröße (Gew.-%)			Gruppen- symbol nach DIN 18196	Bodenart nach DIN 4022
		< 0,063 mm	> 0,063 bis < 2,0 mm	> 2,0 bis < 60,0 mm		
3/4	2,65	96,5	3,1	0,4	U	U,s'

Nach dem Ergebnis der Kornverteilung ergibt sich für die Probe P 3/4 ein schwach sandiger Schluff.

Aus der dargestellten Kornverteilungskurve ergibt sich nach der Formel von Beyer folgender Durchlässigkeitsbeiwert:

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwert aus der Kornverteilungskurve

Probe	Bohrung	Entnahme- tiefe [m u. GOK]	Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s] nach Beyer
3/4	B 3	2,65	U,s'	$1,2 \times 10^{-7}$

Nach dem DWA Arbeitsblatt A 138, Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser, vom April 2005, liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich etwa zwischen k_f -Werten von $1,0 \times 10^{-3}$ bis $1,0 \times 10^{-6}$ m/s. Bei geringeren k_f -Werten stauen Sickeranlagen zu lange ein, so dass anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone auftreten können, die Rückhalte- und Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen können.

Die Sickerfähigkeit des Bodens liegt somit unter dem nach DWA Arbeitsblatt A 138 geeigneten k_f -Wert-Bereich. Die aufgeschlossenen Schichten sind daher für eine Versickerung nicht geeignet bzw. es werden nur sehr geringe Wassermengen versickern.

3.5 Geotechnische Kategorie

Die bautechnischen Maßnahmen sind nach DIN 1054 in die Geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 oder GK 3 einzustufen. Maßgebend für die Einstufung ist dabei jenes Merkmal, das die höchste Geotechnische Kategorie ergibt. Für Baugrund und Grundwasser ergibt sich dabei folgende Einstufung:

Baugrund: GK 2 (Auffüllungen)

Grundwasser: GK 1

Hieraus ergibt sich für die baugrund- und hydrogeologische Situation eine Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2**. Aufgrund der Tiefe der Gräben > 2,00 m und < 5,00 m ist ebenfalls die Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2** erforderlich.

3.6 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 3) sind den in Anlage 2 dargestellten Bodenprofilen zu entnehmen. Sie sind am rechten Rand der Profile, hinter der Schichtbeschreibung dargestellt. Die Einteilung erfolgte auf Grundlage der Bodenansprache und der Laborversuche, wobei die Schichten entsprechend ihrer Eigenschaften zu Homogenbereichen zusammengefasst wurden.

Dabei wurde der **Mutterboden** gemäß **DIN 18320 – Landschaftsbauarbeiten** als **Homogenbereich 1** bezeichnet.

Entsprechend der **DIN 18300 – Erdarbeiten** wurden die Auffüllungen unter dem **Homogenbereich 2** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Tone und Schluffe werden unter dem **Homogenbereich 3** erfasst.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 5 entnommen werden. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer ¹⁾ gekennzeichnet.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Homogenbereiche (bindige, nicht bindige oder organische Böden)

Homogenbereich	2	3
Bezeichnung	Auffüllungen	Tone und Schluffe
Bodengruppe nach DIN 18196	GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*, UA, UL, UM	TA, TL, TM, UA, UL, UM
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4, 6, 8	4, 6, 8
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering < 5 %	gering < 5 %
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	Siehe Anlage 4
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 40 %	10 % – 40 % (20,57 % - 25,59 %) ¹⁾
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 % (bindige Bereiche)	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 %
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	5 kN/m ² - 300 kN/m ² (bindige Bereiche)	5 kN/m ² - 300 kN/m ²
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	0 – 20 kN/m ²	0 – 15 kN/m ²
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht, I _D 35 – 85 % (rollige Bereiche)	-
Dichte nach DIN 18125-2	1,55 g/cm ³ – 2,00 g/cm ³	1,50 g/cm ³ - 1,85 g/cm ³
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	bindige, nicht bindige oder organische Böden

¹⁾ durch Laborversuche belegt

Auftragsgemäß sollen auch die Boden- und Felsklassen der DIN 18300 und DIN 18319 (Stand April 2010) angegeben werden.

Demnach sind die aufgeschlossenen Schotter nach DIN 18300 der Bodenklasse 3 zuzuordnen.

Die Tone und Schluffe sind der Bodenklasse 4 zuzuordnen.

3.7 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 17 erfolgt die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostempfindlichkeitsklassen:

F 1	nicht frostempfindlich
F 2	gering- bis mittelfrostempfindlich
F 3	sehr frostempfindlich

Nach dieser Einteilung sind die Auffüllungen sowie die anstehenden Tone und Schluffe der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung / Tragschicht:

Sandiger Kies bzw. Schotter,	cal γ	=	21	kN/m ³
bindigkeitsarm, $D_{Pr} \geq 100$ %	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	37	°
	cal c'	=	0	kN/m ²

Ton, sandig	cal γ	=	19	kN/m ³
mit Bindemittel verbessert	cal γ'	=	9	kN/m ³
$D_{Pr} \geq 100 \%$	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	15-30	kN/m ² *

* in Abhängigkeit von Art und Menge des Bindemittels

Auffüllung:

Schluff, tonig, kiesig	cal γ	=	19	kN/m ³
Steif, halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	28	° (Ersatzreibungswinkel)

Sandiger Kies bzw. Schotter,	cal γ	=	21	kN/m ³
bindigkeitsarm, $D_{Pr} \geq 100 \%$	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	° (Ersatzreibungswinkel)

Anstehend:

Ton/ Schluff, sandig	cal γ	=	19	kN/m ³
steif, steif-halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25-27,5	°
	cal c'	=	5	kN/m

Dabei sind:

cal γ	=	Feuchtwichte
cal γ'	=	Wichte unter Auftrieb
cal ϕ'	=	Reibungswinkel
cal c'	=	Kohäsion

Geotechnische Kennwerte unterliegen natürlichen Schwankungen aufgrund der Heterogenität des Untergrundes. Die Angabe als Einzelwert stellt eine für das Projekt angemessene Repräsentation der maßgeblichen Eigenschaften dar. Dennoch kann es – z.B. bei konservativen Annahmen für Bemessungsszenarien oder bei Nutzung charakteristischer oder bemessungsrelevanter Werte nach Norm (z.B. DIN EN 197-1 / EC7) – erforderlich und zulässig sein, abweichende Werte zu verwenden. In solchen Fällen obliegt die Verantwortung für die Auswahl und Begründung dieser Kennwerte dem planenden oder prüfenden Geotechniker bzw. Tragwerksplaner.

4. Orientierte chemische Untersuchungen

4.1 Sulfatanalyse

Das Bauvorhaben liegt stratigraphisch in den Schichten des Lettenkeupers. Hier sind lokal erhöhte Sulfatgehalte zu erwarten.

Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken und Fahrbahnen führen können. Daher wurde die Probe P 1/1 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 6: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 1/1	Grenzwert
Bodenart	Schluff	nach ZTV E-StB 17
Entnahmetiefe [m]	1,10	vorgegebener Grenzwert
Sulfatgehalt [mg/kg]	330	0,3 % der Trockenmasse
		< 3000

Die Sulfatgehalte der Proben liegen unter dem nach ZTV E-StB 17 vorgegebenen Grenzwert von 0,3 % der Trockenmasse ($\cong 3000 \text{ mg/kg}$), welcher als unkritisch für bodenstabilisierende Maßnahmen erachtet wird. Nach dem Ergebnis der Sulfatanalyse ist eine Bodenverbesserung somit möglich.

Sofern im Boden lokal höhere Sulfatgehalte vorliegen, die durch die Analyse nicht erfasst sind, können Quellhebungen aber nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Wir weisen darauf hin, dass es beim Einbau von RC-Materialien in Sulfat führenden Böden oder auf verbesserten Schichten zu Hebungen und Bauschäden kommen kann. Wir raten daher von einem Einbau von RC-Material auf entsprechend behandelten Böden bzw. in Böden mit erhöhten Sulfatgehalten dringend ab.

4.2 Untersuchung nach EBV

Aus den anstehenden Tonen und Schluffen wurde eine Mischprobe MP 1 und aus den angetroffenen Auffüllungen wurde eine Mischprobe MP 2 hergestellt, die orientierend im Hinblick auf eine Verwertung auf die Materialwerte für Bodenmaterial nach Anlage 1, Tab. 3 Ersatzbaustoffverordnung (EBV) analysiert wurden.

Die Analysenergebnisse sind in Anlage 5 den Materialwerten nach EBV gegenübergestellt.

Die untersuchte Mischprobe für das anstehende Material der **MP 1** weisen keine erhöhten Gehalte auf. Das Material entspricht der Klasse **BM-0** nach EBV und kann in technischen Bauwerken unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht verwertet werden. Da die Materialwerte der Klasse BM-0 nach EBV den Vorsorgewerten nach Anlage 1, Tabelle 1 der BBodSchV entsprechen, ist auch eine Verwertung innerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten möglich.

5. Erdbebenzone

Entsprechend der DIN EN 1998-1/NA:2021-07 werden für den Standort der Baumaßnahme folgende spektralen Plateaubeschleunigungen angegeben:

$$S_{ap,R} (475 \text{ a}) = 0,340 \text{ m/s}^2$$

$$S_{ap,R} (975 \text{ a}) = 0,517 \text{ m/s}^2$$

$$S_{ap,R} (2475 \text{ a}) = 0,861 \text{ m/s}^2$$

Nach der derzeit noch gültigen DIN EN 1998-1/NA (Fassung 2011-01) liegt das Bauvorhaben nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen **in keiner Erdbebenzone**.

6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

6.1 Leitungsbau

6.1.1 Gründung des Rohraufagers

Nach Auskunft von Herrn Bradt, GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH ist Verlegetiefe der Kanäle bis ca. 4,00 m unter GOK geplant.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Kanalsohlen in den steifen, steifen bis halbfesten und halbfesten Tonen und Schluffen liegen.

Das Rohrauflager kann in den mindestens steifen Tonen und Schluffen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden.

Für den Fall, dass die Tone und Schluffe durch Wasserzutritte aufweichen, ist unter dem Rohrauflager ein bis max. 0,30 m starker Bodenaustausch vorzusehen, der bei Bedarf anzuordnen ist. Als Austausch-Material eignet sich ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z.B. Baustoffgemisch 0/56 mm.

Lokal und temporär muss mit Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Temporär zutretendes Schichtwasser kann während der Bauzeit in offener Wasserhaltung abgepumpt werden. Wir empfehlen, dazu in der Ausschreibung Dränagen vorzusehen. Diese sind bei Bedarf in den Gräben auf UK Rohraufleger mitzuziehen und nach Fertigstellung der einzelnen Bauabschnitte wieder zu plombieren, um keine Wasserwegsamkeiten im Untergrund zu schaffen.

6.1.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, die Leitungsgräben z. B. mit Verbau-elementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die sandigen Tone und Schluffe sowie die Auffüllungen beim Ausheben des Kanalgrabens sehr instabile Baugrubenwände bilden können.

Im Übrigen sind die einschlägigen Richtlinien und Normen zu beachten. Dies sind insbesondere:

- DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen
- DIN EN 805 Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- TRVV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTVE-StB 17 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

Hinsichtlich Hinterfüllung und Erddruckbeanspruchung ist das "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke" zu beachten.

6.1.3 Kanalgrabenverfüllung

Die beim Aushub des Kanalgrabens anfallenden, mindestens steifen Tone und Schluffe können zum Verfüllen der Kanalgräben im freien Gelände verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden.

Es ist aber auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten. Wird weiches oder während der Zwischenlagerung aufgeweichtes Material eingebaut, muss mit starken Setzungen gerechnet werden.

Im Fahrbahnbereich gelegene Kanalgräben und solche, die einen Lasteinfluss aus Fahrbahnen oder Gebäuden erfahren, sind entsprechend der Vorgaben der ZTVE und ZTVA lagenweise ($\leq 0,30$ m) zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone und Schluffe sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Wegen der Staubentwicklung raten wir jedoch von einem Bindemiteleinsatz innerorts ab.

Wir empfehlen daher, die Kanalgräben mit gut verdichtungsfähigem, bindigkeitsarmem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verfüllen.

Prinzipiell sind beim Verfüllen der Leitungsgräben die Angaben der Rohrhersteller zu beachten.

Um beim Anschneiden von Wasserwegsamkeiten eine ständige Entwässerung durch die dränierende Wirkung längs der Kanalgrabenverfüllung bzw. der Leitungszone zu verhindern, sind in der Ausschreibung Querriegel aus Beton oder Ton vorzusehen, die bei Bedarf im Bereich der Leitungszone anzuordnen sind. Die Querriegel sind dann im Bereich der Schächte, sowie bei Bedarf auch innerhalb der wasserführenden Bereiche anzuordnen, wobei die Maßnahmen in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Rohrstatik auszuführen sind.

Der genaue Abstand sowie die Lage der Querriegel sind im Zuge der Baumaßnahme in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten und den Wasserzutritten festzulegen. Vorab schlagen wir vor, von 2 Riegeln auszugehen. Maßgeblich für die Anordnung der Riegel bzw. der mit dränierendem Baustoffgemisch verfüllten Bereiche ist die Fließrichtung des Grundwassers. Es sollen keine neuen Wasserwegsamkeiten geschaffen werden und bestehende beibehalten werden.

6.2 Straßenbau

Nach Auskunft von Herrn Bradt, GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH liegt die Belastungsklasse nach RStO für die Erschließungsstraße bei Bk 1,0.

6.2.1 Planum

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 17 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ nachzuweisen.

Der Verdichtungsgrad des Planums muss bei gemischt- und feinkörnigen Böden bis 0,50 m Tiefe $D_{pr} \geq 97 \%$ und bei grobkörnigen Böden $D_{pr} \geq 100 \%$ betragen. Nach ZTVE (Tabelle 9) kann dem Verdichtungsgrad von 100 % bei grobkörnigen Böden als Richtwert ein Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ zugeordnet werden. Nach ETV-StB-BW, Teil 1 kann zur Beurteilung des Verdichtungszustandes ergänzend zur Tabelle 9 bei feinkörnigen Böden von einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ und bei gemischtkörnigen Böden von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ausgegangen werden.

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen steife bis halbfeste sandige Schluffe und Auffüllungen aus Schluffen an.

Die auf Planum geforderten Verformungsmoduln $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen und den Auffüllungen erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein.

Wir schlagen vorab vor, einen ca. 0,40 m starken Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, durchzuführen.

Im Bereich der Auffüllungen schlagen wir vor, diese nach dem Abziehen des Mutterbodens nochmals zu begutachten, sobald der Bereich flächig einsehbar ist. Gegebenenfalls ist die Stärke des Bodenaustausches lokal zu erhöhen.

Es ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in der Schotterpackung aufstaut und dann den darunterliegenden Boden aufweicht. Auf UK Austauschkörper ist daher eine Dränage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

Alternativ kann das Planum auch auf einer Stärke von ca. 0,40 m mit Bindemittel verbessert werden. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Wegen der Auffüllungen sowie der Staubentwicklung raten wir jedoch von einem Bindemiteleinsatz innerorts ab.

6.2.2 Tragschicht

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO (Tafel 1, Zeile 3) bzw. ZTV-SoB 09 bei Straßen der Belastungsklasse Bk 1,0 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$) nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht bei den Straßen der Belastungsklasse Bk 1,0 nicht unter 0,45 m zu dimensionieren, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen.

Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Minstdicken gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO zu berücksichtigen.

Im Übrigen sind bei Herstellung des Erdplanums, der Frostschutzschicht und der oberen Tragschicht die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE-StB 17) und die "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau" (ZtV-SoB-Stb 04) zu beachten.

6.3 Gebäude

6.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellerten Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m in den steifen und steifen bis halbfesten bzw. halbfesten Tonen und Schluffen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellerten Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK, in den steifen bis halbfesten Schluffen bzw. den Auffüllungen liegen.

Die Auffüllungen sind für die Gründung des Gebäudes nicht geeignet, da diese inhomogen zusammengesetzt und unzureichend verdichtet sein können. Bei einer Überbauung sind daher unkalkulierbare Setzungen zu erwarten, die zu Bauwerksschäden führen werden. Die Auffüllungen sind daher zu durchgründen. Hierzu erforderliche Fundamentvertiefungen können als lokale Plomben mit Magerbeton ausgeführt werden.

Bei der Dimensionierung von Fundamenten kann je nach den auf Gründungsniveau anstehenden Untergrundverhältnissen vorab von folgenden Bemessungswerten für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ DIN 1054:2010-12 bzw. aufnehmbaren Sohlrücken σ_{zul} nach DIN 1054:2005-01 ausgegangen werden:

Tabelle 7: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton/ Schluff (min. steif)	210	150
Ton/ Schluff (min. halbfest)	280	200

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente > 1,00 m unter GOK ist zu achten.

O. g. Pressungen und Gründungsempfehlungen können nur vorab zur Orientierung dienen und müssen im Einzelfall in Abhängigkeit von der genauen Lage des Bauvorhabens und vom Baugrund sowie den Gebäudelasten überprüft werden.

Detaillierte Angaben zur Gründung können erst dann gemacht werden, wenn nähere Informationen zur geplanten Bebauung bzw. Lasten vorliegen. Wir empfehlen dringend, **im Einzelfall eine Gründungsberatung und ggfs. ergänzende Aufschlüsse vorzusehen.**

6.3.2 Baugrubensicherung

Böschungen können gemäß DIN 4124 bis $\leq 5,00$ m oberhalb des Grundwassers im Bereich der mindestens steifen Tone und Schluffe mit einer Böschungsneigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. Im Bereich der Auffüllungen ist die Böschung auf $\beta \leq 45^\circ$ abzuflachen.

Die Böschungsschulter muss auf einer Breite von mindestens 2,00 m frei von Lasten sein. Bei Lasten an der Böschungsschulter, auch jenseits der 2,00 m, aus Baubetrieb (z.B. Kranstellflächen, Schwerlastverkehr, Zwischenlager) oder angrenzenden Gebäuden sind die Böschungen rechnerisch nachzuweisen.

Im Übrigen sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) sowie die DIN 4124 zu berücksichtigen.

6.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Grundwasser wurde bei den Bohrungen nicht angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser sind entlang erdberührender Außenwände gemäß DIN 4095 Dränagen einzubauen.

Wir empfehlen im Vorfeld der weiteren Planung mit dem Landratsamt abzustimmen, ob Dränagen genehmigt werden.

Werden Dränagen nicht genehmigt oder ist keine rückstaufreie Vorflut verfügbar, ist eine wasserdichte und auftriebssichere Ausführung vorzusehen.

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen mindestens steifen Tone und Schluffe können zum Verfüllen der Arbeitsräume verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden (z.B. in Grünflächen).

Es ist jedoch auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten, um ein Aufweichen des Materials zu verhindern. Wird weiches oder aufgeweichtes Material eingebaut, so muss mit starken Setzungen gerechnet werden, da die Verdichtbarkeit des Bodens mit zunehmendem Wassergehalt abfällt und eine ausreichende Verdichtung bei sehr hohen Wassergehalten des Bodens dann nicht mehr möglich ist.

Überbaute Arbeitsräume, in denen keine Setzungen auftreten dürfen, wie bspw. unter Zufahrten, Terrassen oder PKW-Stellflächen, sind mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm zu verfüllen und mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

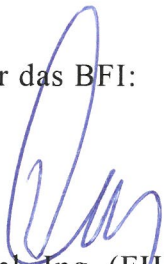
7. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

- die Zusendung der Ausführungspläne
- die Abnahme der Kanalgrabensohlen
- die Durchführung von Verdichtungskontrollen der Kanalgrabenverfüllung
- die Abnahme von Planum und Tragschichten durch Plattendruckversuche

Für die Einzelbauvorhaben ist die Hinzuziehung des BFI zur Erkundung des Baugrundes und zur Gründungsberatung Voraussetzung für die Haftung.

Für das BFI:



Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

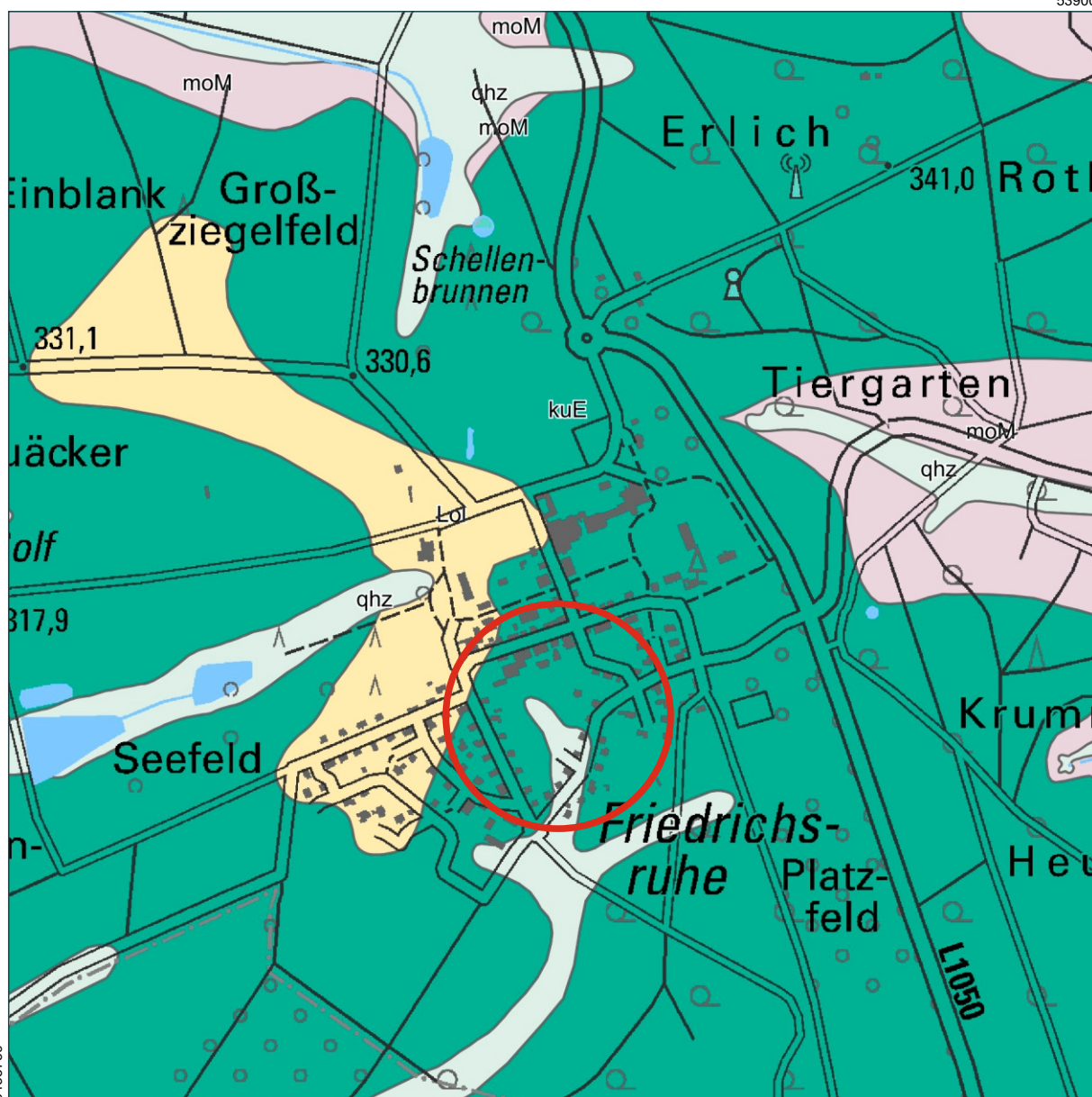
Sachbearbeiter:



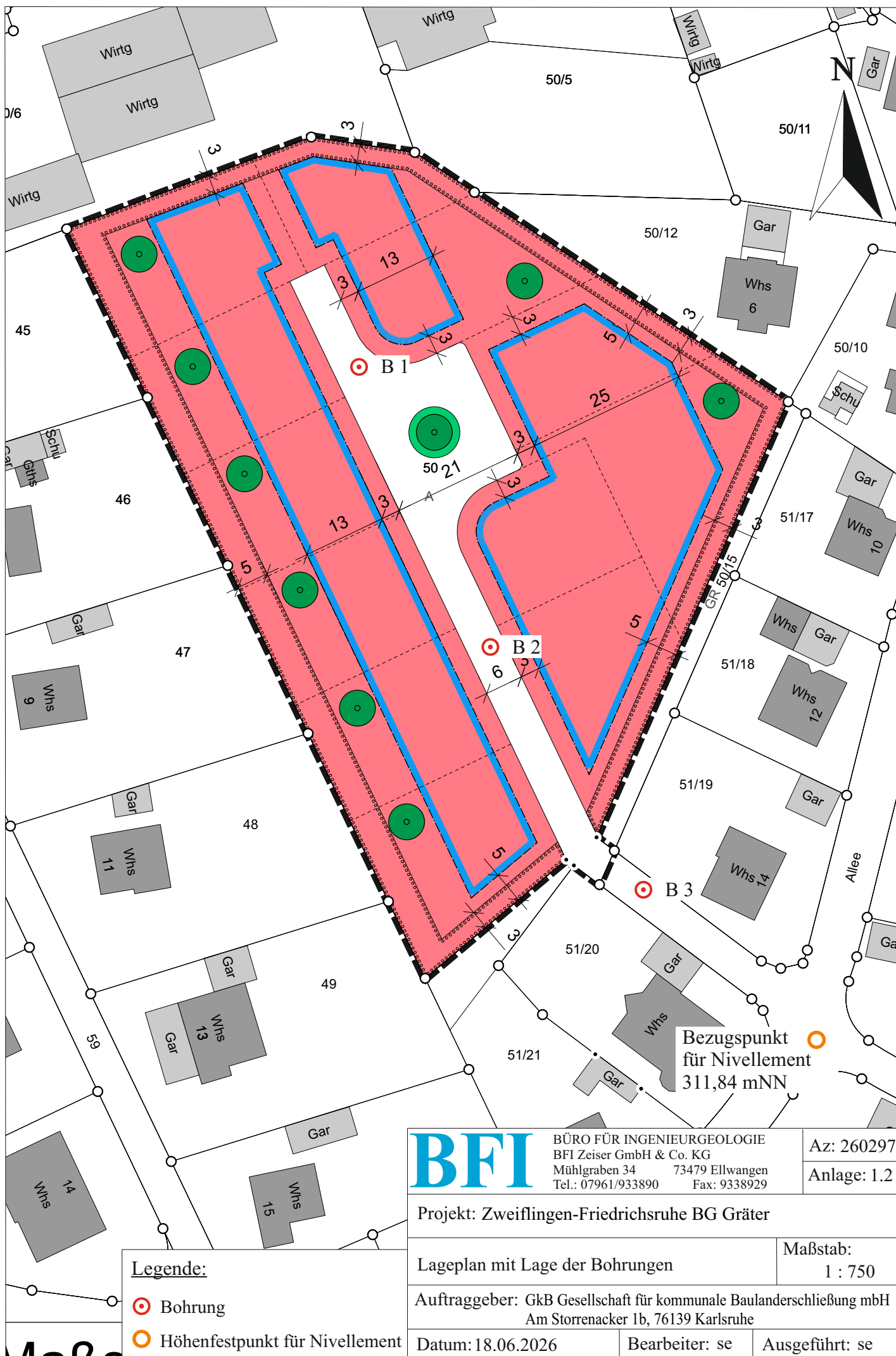
B. Eng. S. Eiberger

gez. Borota

Dipl.-Geol. S. Borota



BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 260297
		Anlage: 1.1
Projekt: Zweiflingen-Friedrichsruhe BG Gräter		
Geologische Karte		Maßstab: 1 : 10.000
Auftraggeber: GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH Am Storrenacker 1b, 76139 Karlsruhe		
Datum: 18.06.2026	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se



Legende:

● Bohrung

○ Höhenfestpunkt für Nivellement

BFI

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34 73479 Ellwangen
Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929

Az: 260297

Anlage: 1.2

Projekt: Zweiflingen-Friedrichsruhe BG Gräter

Lageplan mit Lage der Bohrungen

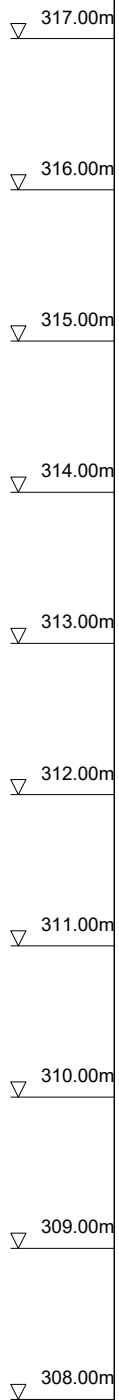
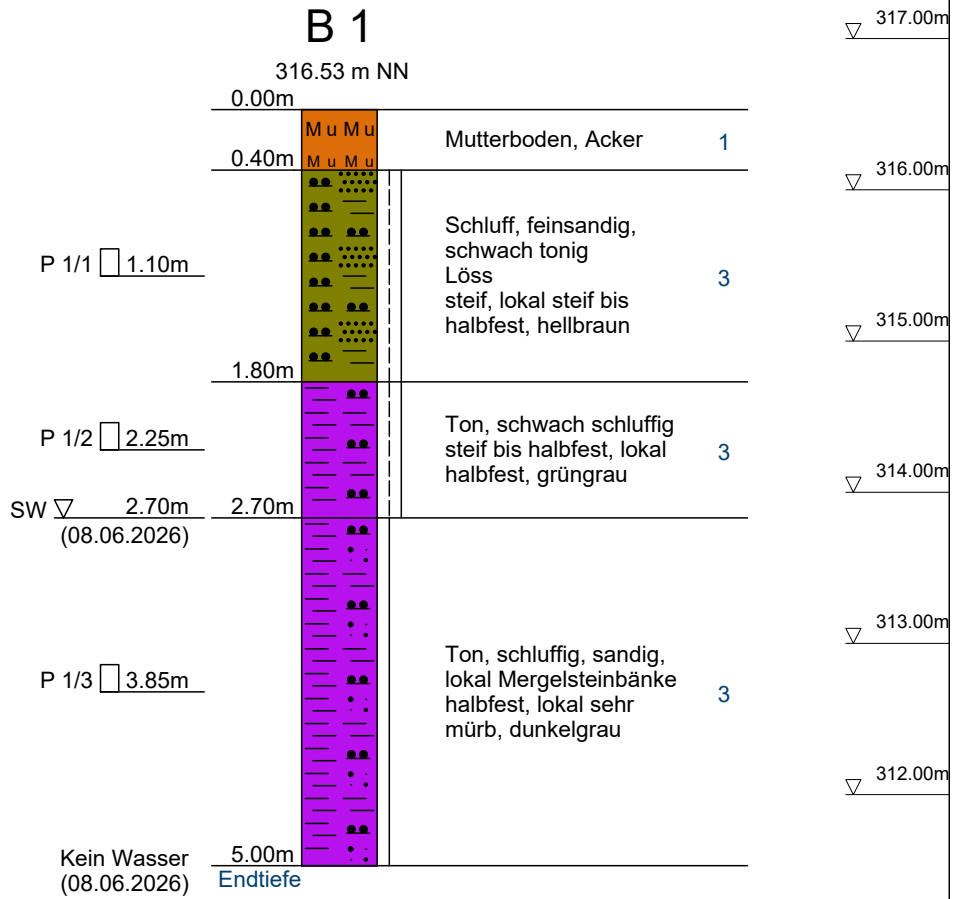
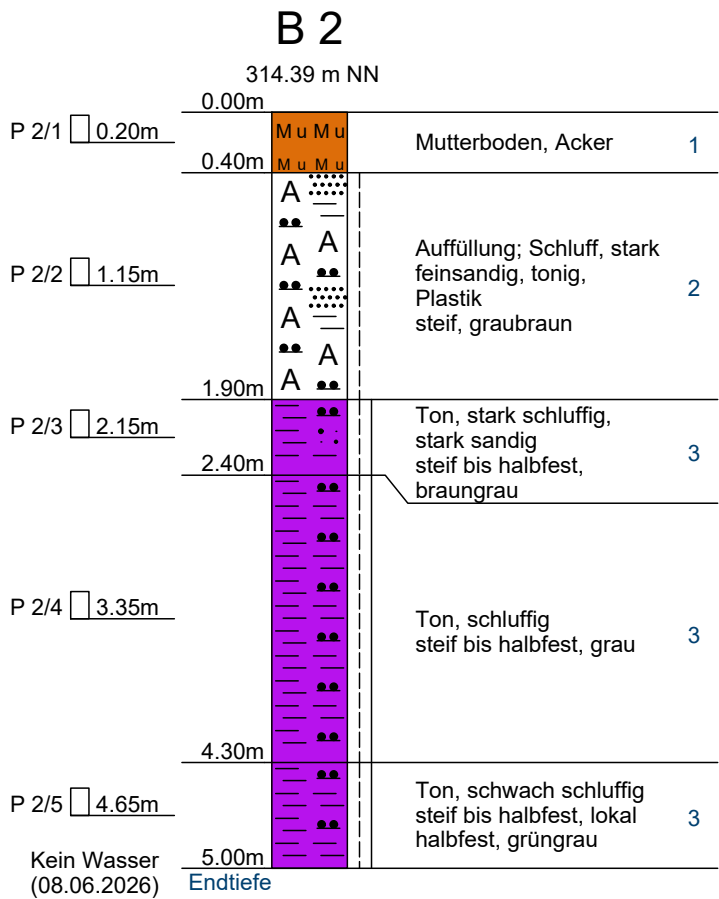
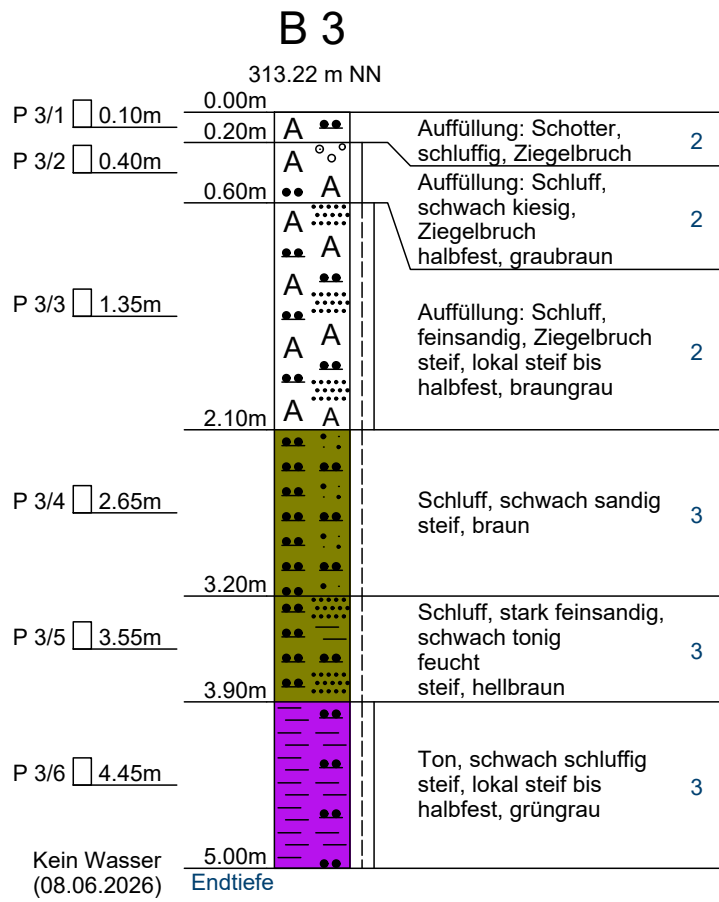
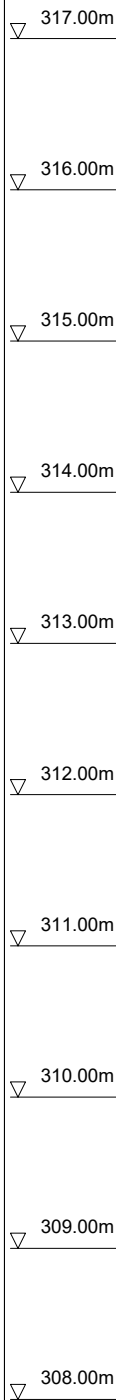
Maßstab:
1 : 750

Auftraggeber: GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH
Am Storrenacker 1b, 76139 Karlsruhe

Datum: 18.06.2026

Bearbeiter: se

Ausgeführt: se



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de	Az:	260297
	Anlage:	2
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:50
	Datum:	25.06.2026
	aufgenommen:	08.06.2026, seb/zo
Projekt: Zweiflingen-Friedrichsruhe, BV BG Gräter		

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	45	68	12			52	96			
Zahl der Schläge	23	18	12							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	147.00	142.90	148.10			107.50	102.30			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	132.30	127.60	131.60			105.50	100.50			
Behälter m_B [g]	96.10	92.90	96.70			96.10	92.10			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	14.70	15.30	16.50			2.00	1.80			
Trockene Probe m_t [g]	36.20	34.70	34.90			9.40	8.40	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	40.6	44.1	47.3			21.3	21.4	21.4		



Kornverteilung

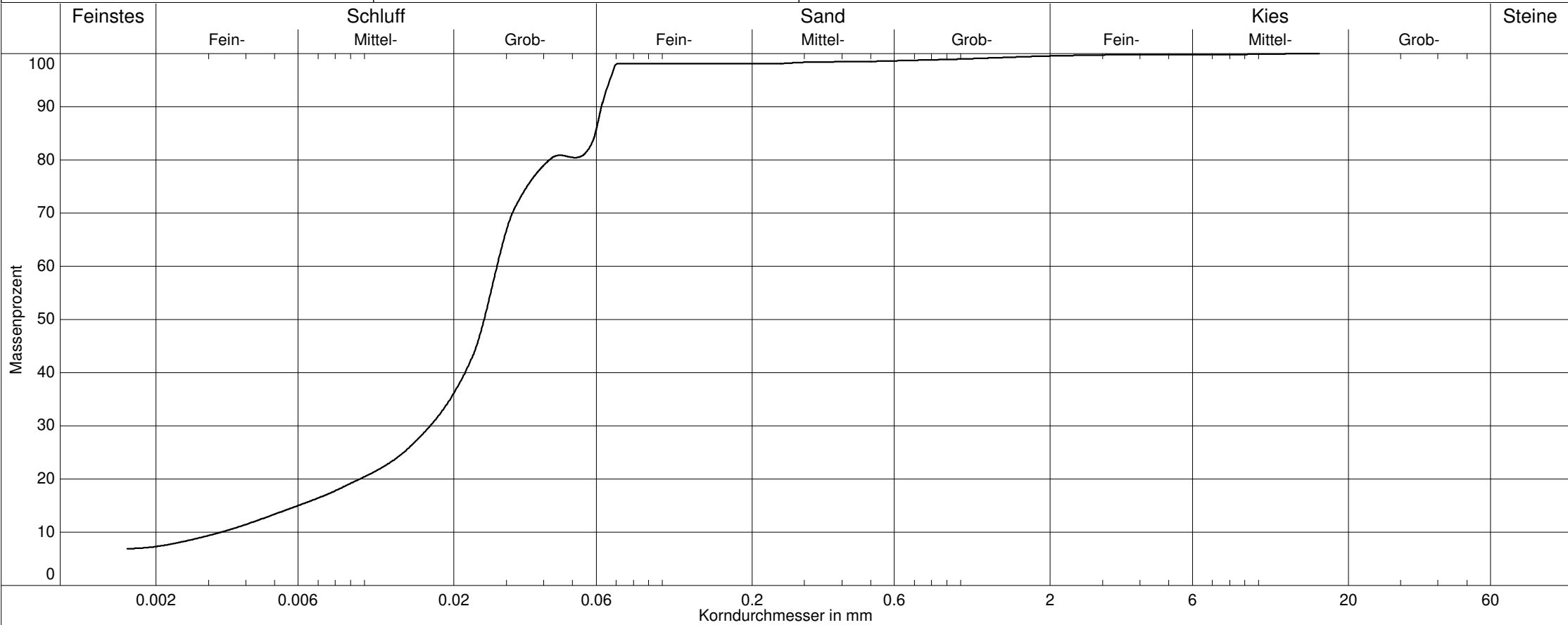
DIN 18 123-7

Projekt	: Zweiflingen-Friedrichsruhe, BV BG Gräter
---------	--

Projektnr.: 260297

Datum	: 25.06.2026
-------	--------------

Anlage	:	4
--------	---	---



Labornummer	———— P 3/4				
Entnahmestelle					
Entnahmetiefe					
Ungleichförm. Cu	8.4				
Krümmungszahl Cc	3.0				
Bodenart	U,fs'				DC

angewendete Vergleichstabelle: BFI-EBV Boden									
Bezeichnung	Einheit	MP 1	MP 2	BM-0 Lehm	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
Probennummer		726025577	726025578						
Überschreitung für:		BM-0	BM-0						
Probenvorbereitung aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)									
Königswasseraufschluss (angewandte Methode)		er Rückfluss	er Rückfluss						
Elemente aus dem Königswasseraufschluss n. DIN EN 13697									
Arsen (As)	mg/kg TS	8,1	7,5	20	20	40	40	40	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	12	17	70	140	140	140	140	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	1	1	2	2	2	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	28	27	60	120	120	120	120	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	15	17	40	80	80	80	80	320
Nickel (Ni)	mg/kg TS	29	28	50	100	100	100	100	350
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,06	0,08	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,1	0,1	1	1	2	2	2	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	52	40	150	300	300	300	300	1200
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)									
TOC	Ma.-% TS	0,3	1,1	1	1	5	5	5	5
EOX	mg/kg TS	< 0,3	< 0,3	1	1	3	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS		< 40		300	300	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS		< 40		600	600	600	600	2000
PAK aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)									
Summe 16 PAK nach EBV: 2021	mg/kg TS	(n. b.)	0,583	3	6	6	6	9	30
PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)									
Summe PCB (7) nach EBV: 2021	mg/kg TS	0,003	(n. b.)	0,05	0,1	0,15	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schütteleluat									
pH-Wert		8,3	8,1			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	214	292		350	350	500	500	2000
Anionen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-1									
Sulfat (SO4)	mg/l	7,6	26	250	250	250	450	450	1000
Elemente aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-1									
Arsen (As)	µg/l		< 1		8	12	20	85	100
Blei (Pb)	µg/l		< 1		23	35	90	250	470
Cadmium (Cd)	µg/l		< 0,3		2	3	3	10	15
Chrom (Cr)	µg/l		< 1		10	15	150	290	530
Kupfer (Cu)	µg/l		2		20	30	110	170	320
Nickel (Ni)	µg/l		< 1		20	30	30	150	280
Quecksilber (Hg)	µg/l		< 0,030		0,1				
Thallium (Tl)	µg/l		< 0,0600		0,2				
Zink (Zn)	µg/l		< 10		100	150	160	840	1600
PAK aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12									
Summe 15 PAK ohne Naphthalin nach EBV: 2021	µg/l		0,155		0,2	0,3	1,5	3,8	20
Summe Methylnaphthaline + Naphthalin nach EBV: 2021	µg/l		0,0429		2				
PCB aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12									
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	µg/l		(n. b.)		0,01	0,02	0,02	0,02	0,04

- n.b.: nicht berechenbar (Messwerte der Einzelsubstanzen sind < Bestimmungsgrenze)
- Sulfat: Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.
- **TOC: Bodenmaterialspezifischer Orientierungswert. Nach § 6, Abs. 11 der BBodSchV nicht relevant, wenn es sich um natürlich vorkommenden, organischen Kohlenstoff handelt. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.**
- pH-Wert und elekt. Leitfähigkeit: Stoffspezifische Orientierungswerte; bei Abweichungen sind die Ursachen zu prüfen.
- Die Eluatwerte für BM-0* sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert für BM-0 überschritten wird.
- Der Eluatwert für PAK 15 und Naphthalin ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK 16 bei BM 0 überschritten wird.

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 260297
		Anlage: 5
Projekt: Zweiflingen-Friedrichsruhe BG Gräter		
Analysenergebnisse nach EBV		
Auftraggeber: GkB Gesellschaft für kommunale Baulanderschließung mbH Am Storrenacker 1b, 76139 Karlsruhe		
Datum: 25.06.2026	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se