

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

Dipl.-Ing. G. Zeiser, Dipl.-Ing. (FH) K. Deis



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

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

Gemeinde Böbingen
Römerstraße 2
73560 Böbingen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

kd-sr-rb/ Az. 119193

27.06.2019

Böbingen, Erschließung BG „Burz“

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

Gemeinde Böbingen
Römerstraße 2
73560 Böbingen

Planung:

LK&P Ingenieure GbR
Uhlandstr. 39
73557 Mutlangen

Ingenieurgeologische
Untersuchung und Beratung:

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

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Planunterlagen	4
2. Lage und Aufgabenstellung	4
3. Untergrund.....	4
3.1 Baugrundgeologische Situation	4
3.2 Stratigrafie	5
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Laborversuche.....	6
3.5 Geotechnische Kategorie.....	7
3.6 Homogenbereiche	7
3.7 Frostepfindlichkeit	9
3.8 Bodenkennwerte.....	10
4. Chemische Untersuchungen.....	10
4.1 Untersuchung nach VwV Boden.....	11
5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen	12
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	13
6.1 Kanäle	13
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	13
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	14
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	15
6.2 Straßenbau.....	15
6.3 Gebäude	17
6.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	17
6.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	18
6.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	19
6.3.4 Arbeitsraumverfüllung	20

6.4	Bodenverbesserung.....	20
7.	Abnahme und Haftung	21

Anlagenteil

Anlage 1.1:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 - B 6	M. 1 : 500
Anlage 1.2:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 – B 6	M. 1 : 50
Anlage 3:	Analyseergebnis nach VwV	

1. Planunterlagen

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

- | | | |
|-------------------------|-------------|----------------|
| – Lageplan mit Luftbild | M. 1 : 1000 | vom 13.02.2019 |
| – Lageplan Bestand | M. 1 : 1000 | vom 13.02.2019 |

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

2. Lage und Aufgabenstellung

Das Baugebiet „Burz“ liegt im Westen von Böbingen und schließt unmittelbar westlich an den bereits erschlossenen Teil des Wohnbaugebietes an. Im Osten verläuft ein verdolter Bach.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 389,69 mNN auf 386,59 mNN nach Süden ein und wurde vormals landwirtschaftlich genutzt.

Nach Auskunft von Herrn Weber, LK&P Ingenieure GbR, sollen die geplanten Erschließungsstraßen in der Belastungsklasse Bk 0,3 nach RStO 12 ausgeführt werden. Die Verlegetiefe der Kanäle ist bei ca. 3,50 m unter GOK vorgesehen.

Das BFI wurde von der Gemeinde Böbingen beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung durchzuführen.

3. Untergrund

3.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 09.05.2019 auftragsgemäß sechs Bohrungen (B 1 – B 6) bis 6,00 m Tiefe unter Gelände abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 15.04.2019 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 25.04.2019 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden über auf einen Kanaldeckel eingemessen, dessen Deckelhöhe mit 385,73 mNN angegeben ist.

Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

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

Die Stärke des Mutterbodens wurde mit ca. 0,20 m ermittelt.

Entlang der Bachverdolung (B 1, B 4 und B 6) wurden unter dem Mutterboden Auffüllungen aus schluffigen, sandigen, kiesigen Tonen in weicher bis steifer und steifer Konsistenz durchteuft. Die Auffüllungen reichen bis in Tiefen zwischen 2,90 m und 3,60 m unter GOK. In den restlichen Bohrungen wurden keine Auffüllungen angetroffen. Sofern die konkrete Ausdehnung der Auffüllung eingegrenzt werden soll, sind ergänzende Aufschlüsse erforderlich.

Unter dem Mutterboden bzw. der Auffüllung stehen schluffige, sandige Tone in weicher und steifer Konsistenz und tonige Sande an.

Diese wurden bis zur Endtiefe der Bohrungen bei 6,00 m unter GOK aufgeschlossen.

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch liegt das geplante Baugebiet im Übergangsbereich zwischen dem Knollenmergel und dem Stubensandstein. Die aufgeschlossenen Tone und Sande sind quartäre Verwitterungsdeckschichten.

Die Schichten des Knollenmergels sind bekannt für ihre Neigung zu Rutschungen und Hangbewegungen.

3.3 Wasserverhältnisse

In keiner der Bohrungen wurden während der Bohrarbeiten Wasserzutritte verzeichnet. In Abhängigkeit von jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch lokal und temporär mit Schicht- und Sickerwasserzutritten in den Deckschichten sowie an den Festgesteinen gerechnet werden.

Wasserstandsmessungen im offenen Bohrloch zeigen lediglich die Wasserstände an, die sich im Zeitraum zwischen dem Abteufen und dem Verschließen der Bohrlöcher eingestellt haben. In Abhängigkeit von der Porosität und der Klüftigkeit und somit der Durchlässigkeit der aufgeschlossenen Bodenschichten, können die Wasserstände jedoch im Bohrloch zeitverzögert ansteigen, so dass die Wasserstandsmessungen nicht zwangsläufig den Ruhewasserspiegel repräsentieren. Genaue Messungen des Ruhewasserspiegels und langfristige Beobachtungen der Grundwasserganglinie sind daher nur in Grundwassermessstellen, die in den Grundwasser führenden Schichten verfiltert sind, möglich.

3.4 Laborversuche

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 31 gestörte Proben entnommen. Von den aus dem Boden entnommenen Proben wurden 6 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht. Dabei wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 1: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
1/1	1	1,00	A: T,u,g,s (st-hf)	13,24
1/2	2	0,60	T,u,s,g' (st)	25,56
2/3	3	3,50	T,u,s,g' (w)	31,36
1/4	4	1,00	A: T,u,g*,s (st)	14,38
2/5	5	1,00	T,u,s,g' (st-hf)	28,99
6/6	6	4,50	T,u,s,g (w-st)	23,65

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 3 (Knollenmergel)
Grundwasser: GK 1

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 3**.

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 dem **Homogenbereich 2** zugeordnet. Die anstehenden Tone und Sande wurden unter dem **Homogenbereich 3** zusammengefasst.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 2 entnommen werden. Aufgrund der inhomogenen und engräumig wechselnden Zusammensetzung wurden auch wechsellagernde rollige und bindige Böden zusammengefasst, sodass in der Tabelle innerhalb eines Homogenbereiches Eigenschaften beider Bodenarten wie bspw. Konsistenz und Lagerungsdichte aufgeführt sind. 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 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Homogenbereiche

	Homogenbereich	
Bezeichnung	2 (Auffüllungen)	3 (Tone und Sande)
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TL, TM	TA, TL, TM, SI, SW, SE, SU, SU*, ST, ST*
Bodengruppe nach DIN 18915	4, 6, 8	2, 4, 6, 8
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering < 5 %	gering < 5 %
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	10 % – 40 % (13,24 % - 14,38 %) ¹⁾	4 % – 40 % (23,65 % - 31,36 %) ¹⁾
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 %	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 % (bindige Bereiche)
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	25 kN/m ² - 600 kN/m ²	25 kN/m ² - 600 kN/m ² (bindige Bereiche)
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	0 – 15 kN/m ²	0 – 15 kN/m ²

Bezeichnung	Homogenbereich	
	2 (Auffüllungen)	3 (Tone und Sande)
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	-	locker - mitteldicht, I_D 15 – 65 % (rollige Bereiche)
Dichte nach DIN 18125-2	1,50 g/cm ³ - 1,85 g/cm ³	1,55 g/cm ³ – 2,00 g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	-
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	-
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1	-	-
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1	-	-
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1	-	-
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

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 anstehenden und aufgefüllten Tone der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

Die Sande sind in Abhängigkeit von ihren Bindigkeitsanteilen den **Frostempfindlichkeitsklassen F 1 und F 2** zuzuordnen.

3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung:

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

Anstehend:

Ton, schluffig, sandig, kiesig weich, steif (Knollenmergel)	$\text{cal } \gamma$	=	19	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	9	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	17	°
	$\text{cal } c'$	=	3	kN/m ²

Sand, kiesig, tonig	$\text{cal } \gamma$	=	20	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	11	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	27	°
	$\text{cal } c'$	=	3	kN/m ²

Dabei sind:

$\text{cal } \gamma$	=	Feuchtwichte
$\text{cal } \gamma'$	=	Wichte unter Auftrieb
$\text{cal } \phi'$	=	Reibungswinkel
$\text{cal } c'$	=	Kohäsion

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

4. Chemische Untersuchungen

4.1 Untersuchung nach VwV Boden

Die angetroffenen Böden wurden an drei Mischproben im Hinblick auf eine Verwertung außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten nach dem Parameterumfang der "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial" (VwV Boden) analysiert. Diese wurden wie folgt zusammengesetzt.

MP 1: Auffüllungen aus P 1/1, P 2/1, P 1/4, P 2/4, P 3/4, P 2/6, P 3/6, P 4/6 und P 5/6)

MP 2: Tone aus P 3/1, P 4/4 und P 6/6

MP 3: Tone aus P 1/2, P 2/2, P 3/2, P 1/3, P 2/3, P 2/5 und P 3/5

Die Analyseergebnisse sind in Anlage 3 mit den Zuordnungswerten nach VwV Boden dargestellt.

Die mit der Mischprobe **MP 1** untersuchte Auffüllung weist einen erhöhten Gehalt an PAK von 3,24 mg/kg auf. Das Material fällt daher in die Qualitätsstufe **Z 1.2** nach VwV Boden, die zum Aufbringen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten gilt. Die Auffüllung kann daher nach Kapitel 5.3 der VwV Boden bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen verwendet werden. Dabei muss zwischen der Schüttkörperbasis und dem Grundwasser eine mindestens 2,00 m starke Deckschicht vorhanden sein.

Bei den untersuchten Mischproben **MP 2** und **MP 3** wurde ein erhöhter Arsen-Gehalt der den Z 0-Zuordnungswert nach VwV Boden überschreitet, festgestellt. Das Material fällt daher in die Qualitätsstufe **Z 1.1** nach VwV Boden, die zum Aufbringen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten gilt.

Damit ergeben sich folgende Konsequenzen für die Verwertung:

Da die festgestellten Schwermetallgehalte geogene Ursachen haben, also von Natur aus im Boden vorhanden sind, ist eine uneingeschränkte Verwertung außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht, in Gebieten gleicher geologischer Formation, also dort, wo ähnliche geogene Hintergrundwerte zu erwarten sind,

uneingeschränkt möglich. Bei einer Verwertung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht oder beim Auf- und Einbringen in eine durchwurzelbare Bodenschicht wären gemäß § 12 BBodSchV die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 der BBodSchV zu berücksichtigen. Diese müssten dann ggfs. zusätzlich untersucht werden.

Außerhalb solcher Gebiete fällt das Material in die Qualitätsstufe Z 1.1 und kann somit nach Kapitel 5.3 der VwV Boden in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen verwendet werden. Bei einer Verwertung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht oder beim Auf- und Einbringen in eine durchwurzelbare Bodenschicht wären gemäß § 12 BBodSchV die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 der BBodSchV zu berücksichtigen. Diese müssten dann ggfs. zusätzlich untersucht werden.

Im Falle einer Entsorgung kann das Material z. B. auf einer nach VwV Boden genehmigten Erddeponie abgelagert werden, sofern diese Z 1.1/ 1.2-Material annehmen darf. Ansonsten ist eine Ablagerung auf einer nach Deponieverordnung genehmigten Deponie möglich. Die vorgenommenen Einstufungen basieren auf Mischproben aus punktuellen Bohrungen, die aufgrund inhomogener Verteilung nicht zwangsläufig repräsentativ für das spätere Aushubmaterial sein müssen. Sie dienen lediglich als Vorab-Information z. B. für Ausschreibungen. Beim Aushub anfallendes Material kann aufgrund inhomogener Zusammensetzung u. U. auch höher belastet sein.

Eine endgültige abfalltechnische Einstufung kann daher nur auf Grundlage einer repräsentativen Beprobung anhand von Haufwerksbeprobungen während des Aushubs nach LAGA PN 98 oder gleichwertige in situ-Beprobungen vor dem Aushub durch Bohrungen oder Schürfe erfolgen.

5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen nach DIN EN 1998-1 in **keiner Erdbebenzone**.

6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

6.1 Kanäle

6.1.1 Gründung des Rohraufagers

Nach Auskunft von Herrn Winter, LK&P Ingenieure GbR, liegt die Verlegetiefe der Kanäle bei ca. 3,50 m unter GOK.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen somit in den weichen und steifen, sandigen, kiesigen Tonen liegen.

Das Rohraufager kann in den mindestens steifen Tonen sowie den mürben Sanden ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Wo lokal nur weiche Tone anstehen sowie für den Fall, dass die Tone durch Niederschlags- bzw. Schichtwasser aufweichen, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufager ein Bodenaustausch in einer Stärke von 0,20 m - 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

Lokal und temporär muss mit Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Die Intensität der Wasserzutritte wird von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen abhängig sein. Temporär zutretendes Schichtwasser kann während der Bauzeit in offener Wasserhaltung abgepumpt werden.

Da Hangbewegungen oft durch Wasser ausgelöst werden und wegen der Lage des Baugebietes in den für Rutschungen bekannten Schichten des Knollenmergels, ist daher grundsätzlich eine Dränage an der Basis des Rohraufagers mitzuziehen, um Schichtwasser kontrolliert abführen zu können. Wir weisen jedoch darauf hin, dass durch die Dränagen auch eine Entwässerung des Baugrundes stattfindet, wodurch um die Kanalgräben dann Setzungen an flacher gründenden und nahe angrenzenden Bauteilen auftreten können.

6.1.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, die Leitungsgräben z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die oberflächennahen Auffüllungen beim Ausheben des Kanalgrabens sehr instabile Baugrubenwände bilden können.

Der Aushub muss in Bereichen, in denen der Kanal etwa parallel zu den Höhelinien und in den Schichten des Knollenmergels verläuft in möglichst kleinen Anschnitten von maximal 4,00m erfolgen, um keine Gleitfugen zu mobilisieren.

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
- TRWV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTVE-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

Hinsichtlich Hinterfüllung und Erddruckbeanspruchung ist das "Merkblatt für die Hinterfüllung von Bauwerken" zu beachten.

6.1.3 Kanalgrabenverfüllung

Wir empfehlen, die Kanalgräben mit gut verdichtungsfähigem, bindigkeitsarmem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm zu verfüllen, um das Hanggelände durch die dränierende Wirkung zu entwässern und die Wahrscheinlichkeit von Hangbewegungen zu reduzieren.

In Abhängigkeit von den Ergebnissen weiterer Erkundungen und den vorhandenen Gefälleneigungen können die beim Aushub der Kanalgräben anfallenden, mindestens steifen Tone und Sande gegebenenfalls zum Verfüllen der Kanalgräben 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 zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone und tonigen Sande sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Art des Bindemittels müssen durch entsprechende Eignungsuntersuchungen und in Abhängigkeit von den aktuellen Wassergehalten festgelegt werden. Vorab kann jedoch von den in Kapitel 6.4 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

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

6.2 Straßenbau

Nach Auskunft von Herrn Winter, LK&P Ingenieure GbR, sollen die geplanten Erschließungsstraßen in der Belastungsklasse Bk 0,3 nach RStO 12 ausgeführt werden.

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 lokal Auffüllungen und lokal steife und steife bis halbfeste Tone an. Die auf dem Planum geforderten Verformungsmoduln werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den steifen und aufgefüllten Tonen erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein.

Wir schlagen deshalb vor, das Planum auf einer Stärke von 0,40 m mit Bindemittel zu verbessern. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.4 angegebenen überschlägigen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ kann auf Planum eine ca. 0,40 m starker Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, ausgeführt werden. Dabei ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in der Schotterpackung aufstaut und dann den darunter liegenden Boden aufweicht. Auf UK Austauschkörper ist daher eine Dränage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

Wir weisen darauf hin, dass im Bereich der Auffüllungen Inhomogenitäten zu erwarten sind und die Austauschstärke hier in Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Untergrundes ggf. vor Ort festgelegt werden muss.

6.2.2 Tragschicht

Auf der ungebundenen **Tragschicht** ist nach RStO (Tafel 1, Zeile 3) bzw. ZTV-SoB 09 bei Straßen der Belastungsklasse Bk 0,3 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$) nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht bei den Straßen der Belastungsklasse Bk 0,3 nicht unter 0,35 m zu dimensionieren, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen.

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 09) 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 unterkellelter Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m lokal in den Auffüllungen und lokal in den weichen und steifen Tönen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellelter Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK lokal in den Auffüllungen und lokal in den weichen und steifen Tönen liegen.

Eine Gründung auf der Auffüllung ist nicht zulässig. Hier werden ggf. Fundamentvertiefungen auf den anstehenden Baugrund zu führen sein.

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 Sohldrücken σ_{zul} nach DIN 1054:2005-01 ausgegangen werden:

Tabelle 3: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton min. steif, toniger Sand	168	120

Voraussetzung ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe (OK Bodenplatte – UK Fundament) muss mindestens 0,60 m betragen. Auf eine frostfreie Gründung ($\geq 1,00$ m unter Gelände) ist zu achten.

Das Baugebiet liegt in den rutschempfindlichen Schichten des Knollenmergels oder wird von diesen beeinflusst. Für die einzelnen Bauvorhaben werden daher bei der Gründung aussteifende Elemente, wie z.B. parallel zum Gefälle durchlaufende Betonriegel oder eine Ausführung des UG in Beton erforderlich werden. Auch Anschüttungen, die zusätzliche Auflasten auf das Gelände darstellen, sind in Bezug auf die Hangstabilität kritisch zu bewerten und müssen im Einzelfall untersucht werden. Die im Einzelfall erforderlichen Maßnahmen müssen in Abhängigkeit von der Planung und der Lage des Bauvorhabens im Gelände sowie der Gefälleneigung des Bauplatzes festgelegt werden.

Die o.g. Pressungen und Gründungsempfehlungen können daher nur vorab zur Orientierung dienen. Detaillierte Angaben zur Gründung können erst dann gemacht werden, wenn nähere Informationen zur geplanten Bebauung vorliegen. Wir empfehlen daher dringend, eine Gründungsberatung im Einzelfall vorzusehen.

6.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Unbelastete Baugrubenböschungen dürfen oberhalb des Grundwassers bis zu einer Höhe von maximal 5,00 m in den Tone und Sanden des Knollenmergels sowie in

den Auffüllungen vorübergehend mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 30^\circ$ hergestellt werden.

Die o. g. Böschungsneigungen können aufgrund der Lage eines Großteils des Baugebietes in den rutschgefährdeten Schichten des Knollenmergels nur vorab zur Orientierung dienen und müssen in Abhängigkeit von der Lage des Bauvorhabens im Baugebiet im Einzelfall festgelegt werden.

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.

Lokal und temporär in die Baugrube zutretende Schichtwässer können über eine offene Wasserhaltung abgezogen werden.

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.

Dränagen sind wegen der Lage des Baugebietes in den rutschempfindlichen Schichten des Knollenmergels zwingend erforderlich. Ein Verzicht auf Dränagen bei wasserdichter und auftriebssicherer Ausbildung des Untergeschosses ist nicht zulässig.

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen mindestens steifen Tone und Sande 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.

6.4 Bodenverbesserung

Die nachfolgenden Angaben gelten für Böden, die nach den noch ausstehenden Eignungsuntersuchungen und Sulfatbestimmungen für eine Bodenverbesserung freigegeben werden. Wird in sulfathaltigen Böden verbessert, muss mit gravierenden Bauwerksschäden infolge von Quellhebung gerechnet werden.

Ausgehend von den Laborversuchsergebnissen kann in der Ausschreibung von den in Tabelle 4 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der Tone und Sande von im Mittel $1,75 \text{ t/m}^3$ ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 4: Bindemittelmengen

Bereich	Menge [%]	[kg/m ³]	Frästiefe: 0,30 m [kg/m ²]	Frästiefe: 0,40 m [kg/m ²]
Kanalgraben	2,0 – 3,0	35,0 – 52,5	10,5 – 15,8	14,0 – 21,0
Planum	3,0 – 4,0	52,5 – 70,0	15,8 – 21,0	21,0 – 28,0

Eine exakte Angabe über erforderliche Zugabemengen an Bindemittel und die Art des Bindemittels kann erst nach Durchführung einer Eignungsprüfung erfolgen.

In weichen Bereichen oder bei Niederschlägen muss mit Mehrmengen an Bindemitteln gerechnet werden, um eine ausreichende Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit zu erzielen.

Für die Verbesserung eignet sich z.B. Bodenbinder 500 oder ein gleichwertiges Mischbindemittel. Als gleichwertig sind Bindemittel zu sehen, mit denen sich gleiche einaxiale Druckfestigkeiten bzw. E_{v2} -Werte bei gleicher Bindemittelmenge erzielen lassen.

Wir weisen darauf hin, dass es durch die Staubentwicklung beim Einfräsen und Verdriftung der aggressiven Bindemittel durch den Wind zu Schäden an Fahrzeugen und Gebäuden kommen kann. Im Falle eines Bindemittleinsatzes ist daher auf geeignete Windverhältnisse zu achten. Zudem ist bei Bedarf eine Fräse vorzuhalten, die das Einbringen des Bindemittels unter einer Staubschutzschürze ermöglicht.

7. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

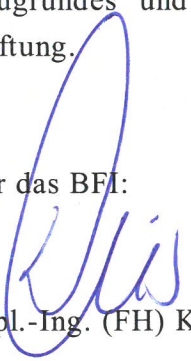
- die Zusendung der Ausführungspläne
- die Abnahme der Kanalgrabensohlen
- die Durchführung von Verdichtungskontrollen der Kanalgrabenverfüllung
- die Abnahme von Planum und Tragschichten durch Plattendruckversuche
- die Durchführung einer Eignungsuntersuchung im Falle einer Bodenverbesserung

Die Erschließungsmaßnahme liegt in den Schichten des Knollenmergels, die für ihre Neigung zu Hangbewegungen und Rutschungen bekannt sind. Diese treten im Laufe geologischer Zeiträume wiederholt auf, haben das Landschaftsbild in der Vergangenheit geprägt und werden auch für die Zukunft nicht auszuschließen sein. Als Auslöser für solche Ereignisse ist dann häufig Wasser zu sehen. Durch Dränagemaßnahmen lässt sich die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse zwar für oberflächennahe Ereignisse deutlich reduzieren, jedoch nie völlig ausschließen. Dies ist daher bei der Gründung sowie der Statik der Gebäude zu berücksichtigen. Tiefer greifende, und großräumige Rutschungen sind mit vertretbarem finanziellem Aufwand kaum zu verhindern und erfordern eine entsprechend tiefgründige und langwierige Erkundung des Untergrundes, z.B. über Tiefbohrungen und Inklinometermessungen.

Die Dränagen aller Bauvorhaben sowie deren Gründungskonzeption in ihrer Gesamtheit sind für die Stabilität des Hanggeländes von großer Bedeutung. Wird im Einzelfall von den o.g. Vorgaben und Empfehlungen abgewichen, so kann dies auch Auswirkungen auf andere Gebäude im Baugebiet haben.

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

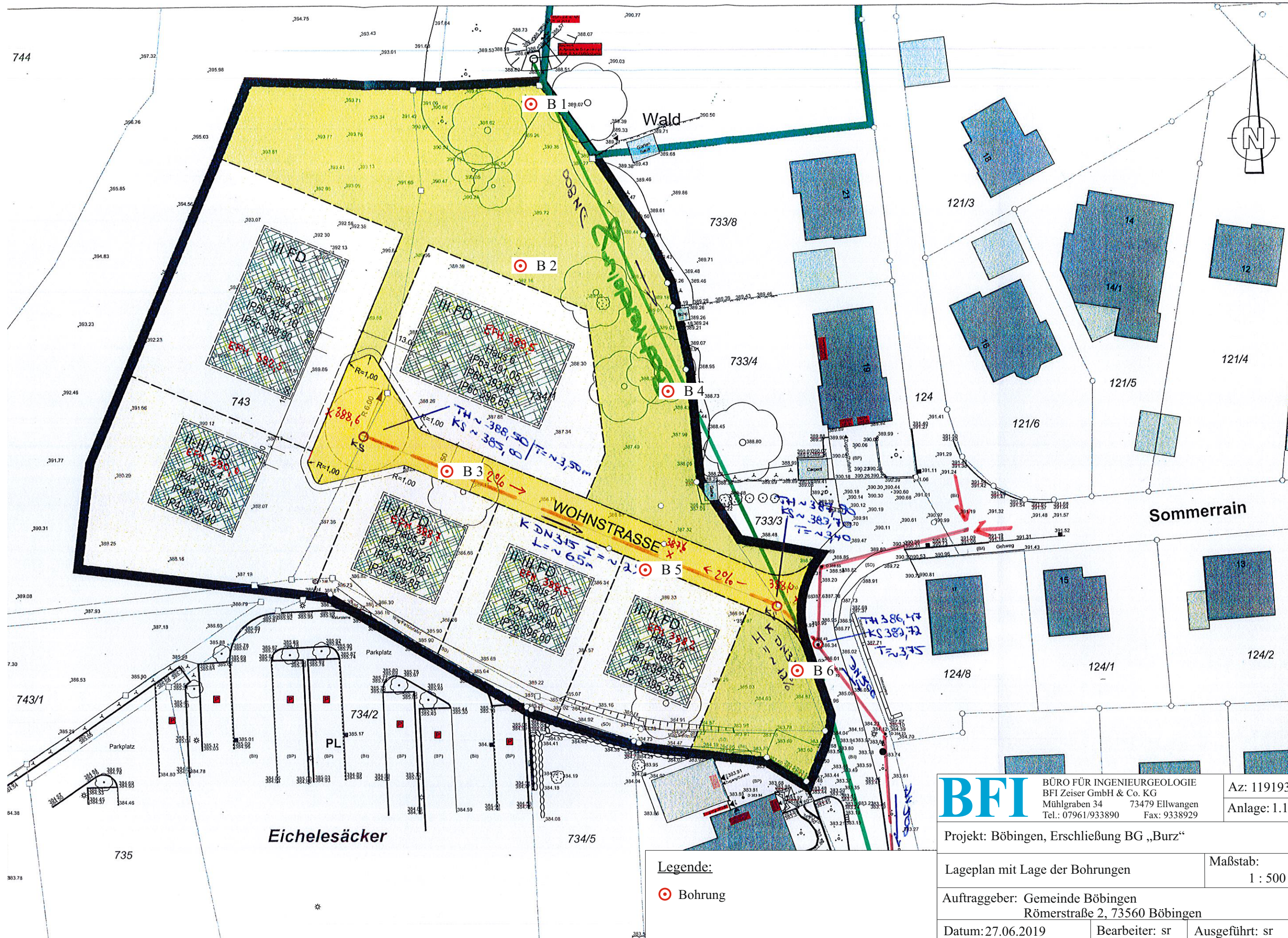
Für das BFI:


Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

Sachbearbeiter:

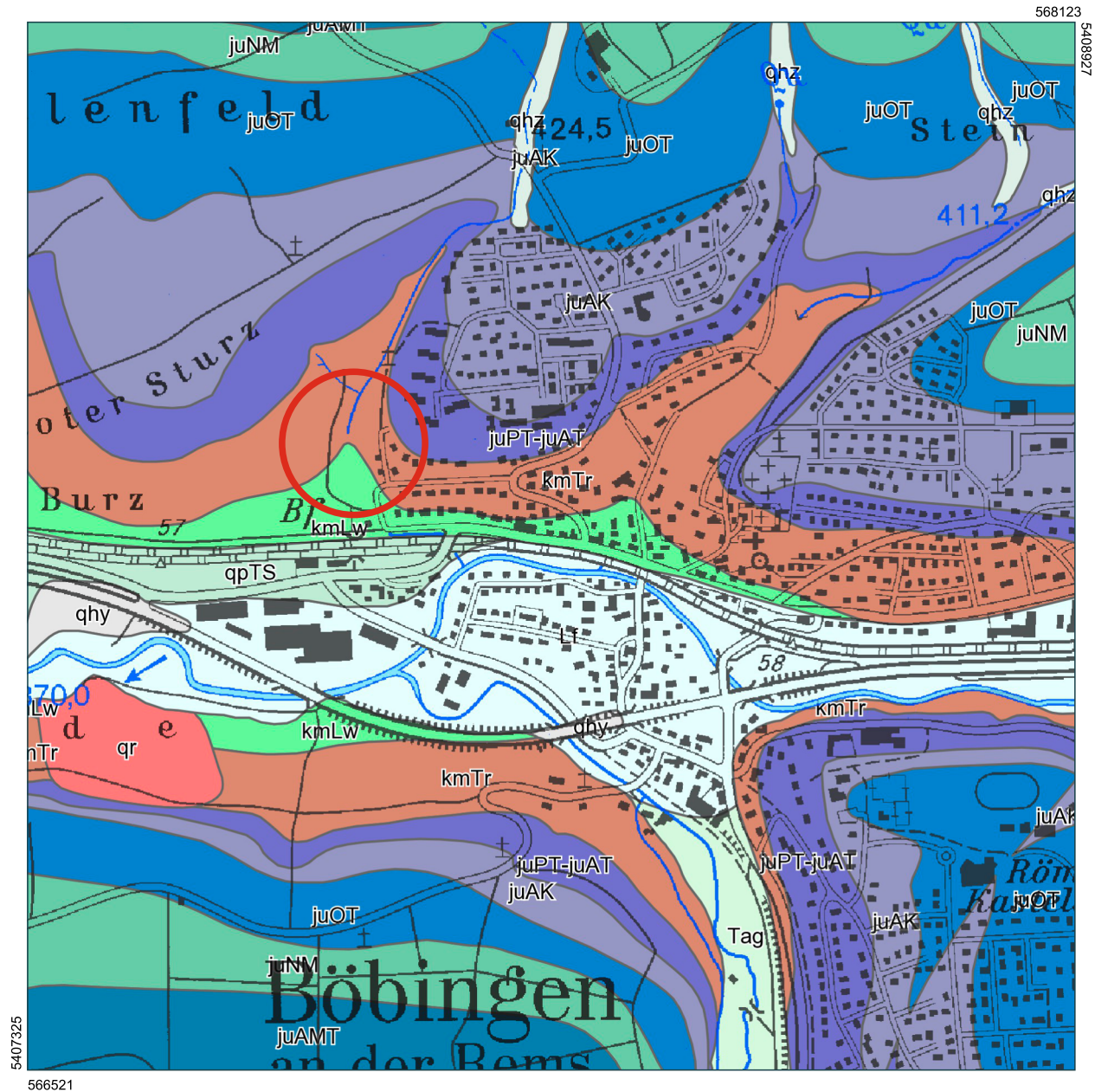

B.Eng. S. Reeb


M.Sc. Geowiss. R. Breitschwerdt



Legende:
● Bohrung

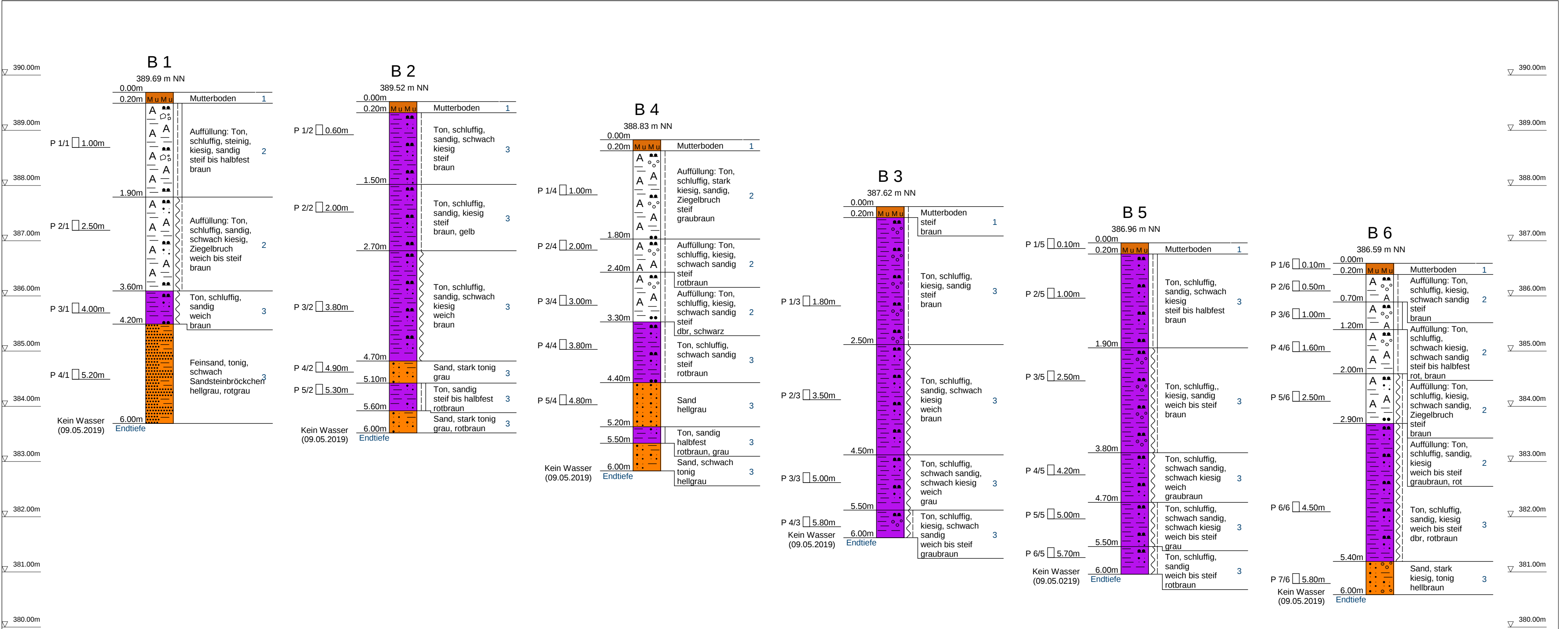
BFI BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929		Az: 119193 Anlage: 1.1
Projekt: Böbingen, Erschließung BG „Burz“		
Lageplan mit Lage der Bohrungen		Maßstab: 1 : 500
Auftraggeber: Gemeinde Böbingen Römerstraße 2, 73560 Böbingen		
Datum: 27.06.2019	Bearbeiter: sr	Ausgeführt: sr



GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

- Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung) (qhy)
- Rutschmasse (qr)
- Holozäne Abschwemmmassen (qhz)
- Auenlehm (Lf)
- Talauenschotter (Tag)
- Terrassensedimente (Mittelgebirge) (qpTS)
- Posidonienschiefer-Formation (juPO)
- Amaltheenton-Formation (juAMT)
- Numismalmergel-Formation (juNM)
- Obtususton-Formation (juOT)
- Arietenkalk-Formation (juAK)
- Psilonotenton- und Angulatenton-Formation (juPT-juAT)
- Trossingen-Formation (Knollenmergel) (kmTr)
- Löwenstein-Formation (Stubensandsteine) (kmLw)

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 119193
		Anlage: 1.2
Projekt: Böbingen, Erschließung BG „Burz“		
Geologische Karte		Maßstab: 1 : 10.000
Auftraggeber: Gemeinde Böbingen Römerstraße 2, 73560 Böbingen		
Datum: 27.06.2019	Bearbeiter: sr	Ausgeführt: sr



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	119193
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:50
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	27.06.2019
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	09.05.2019, rah

Projekt: Böbingen, Erschließung BG "Burz"

angewendete Vergleichstabelle: BFI: VwV Boden (29.12.2017)										
Bezeichnung	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Z0 Ton	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		019102270	019102271	019102272						
Anzuwendende Klasse(n):		Z1.2	Z1.1	Z1.1						
Anionen aus der Originalsubstanz										
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5	< 0,5				3	3	10
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657										
Arsen (As)	mg/kg TS	20,7	22,0	30,3	20	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	63	35	48	100	100	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,2	< 0,2	0,3	1,5	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	44	49	62	100	100	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	19	67	25	60	60	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	39	55	65	70	70	100	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07	1	1	1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,2	0,4	0,4	1	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	68	72	103	200	200	300	450	450	1500
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz										
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40			200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	100	100	400	600	600	2000
BTEx und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz										
Summe BTEx	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
LHKW aus der Originalsubstanz										
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
PAK aus der Originalsubstanz										
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0,25	< 0,05	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	3,24	0,16	(n. b.)	3	3	3	3	9	30
PCB aus der Originalsubstanz										
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus dem 10:1-Schüttel- und Extraktionsverfahren nach DIN EN 12457-4										
pH-Wert		8,2	8,0	8,1	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	162	171	117	250	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schüttel- und Extraktionsverfahren nach DIN EN 12457-4										
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO ₄)	mg/l	8,1	18	< 1,0	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gesamt	µg/l	< 5	< 5	< 5	5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schüttel- und Extraktionsverfahren nach DIN EN 12457-4										
Arsen (As)	µg/l	1	1	< 1		14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1	< 1		40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3		1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	2	< 1	2		12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	< 5	< 5		20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	< 1	< 1		15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2		0,5	0,5	0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10	< 10		150	150	150	200	600
Organische Summenparameter aus dem 10:1-Schüttel- und Extraktionsverfahren nach DIN EN 12457-4										
Phenolindex, wasserdampf- und flüchtig	µg/l	< 10	< 10	< 10	20	20	20	20	40	100

- n.b. : nicht berechenbar (Messwerte der Einzelsubstanzen sind < Bestimmungsgrenze)
- n.u. : nicht untersucht
- Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-, Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen
- Eine Überschreitung der Parameter pH-Wert und Leitfähigkeit allein ist kein Ausschlusskriterium

Zusammensetzung der Mischproben:

Mischprobe	Bohrung	Probe
MP 1	B 1	P 1/1
		P 2/1
		P 1/4
	B 4	P 2/4
		P 3/4
		P 2/6
MP 2	B 6	P 3/6
		P 4/6
		P 5/6
	B 1	P 3/1
		P 4/4
		P 6/6
MP 3	B 2	P 1/2
		P 2/2
		P 3/2
	B 3	P 1/3
		P 2/3
		P 2/5
	B 5	P 3/5

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 119193
		Anlage: 3
Projekt: Böbingen, Erschließung BG „Burz“		
Analysenergebnisse nach VwV Boden		
Auftraggeber: Gemeinde Böbingen Römerstraße 2, 73560 Böbingen		
Datum: 27.06.2019	Bearbeiter: sr	Ausgeführt: sr