

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

Stadt Schrozberg
Krailshausener Straße 15
74575 Schrozberg

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

kd-se-sb/ Az. 120509

Datum

30.11.2020

Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener Straße

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

Stadt Schrozberg
Krailshausener Straße 15
74575 Schrozberg

Planung:

ipe-Ingenieur Plan Eissing
Klosterstraße 7
74523 Schwäbisch Hall

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	5
3.4 Laborversuche.....	6
3.4.1 Natürlicher Wassergehalt	6
3.4.2 Zustandsgrenzen.....	7
3.5 Geotechnische Kategorie.....	7
3.6 Homogenbereiche	8
3.7 Frostepfindlichkeit	10
3.8 Bodenkennwerte.....	10
4. Chemische Untersuchungen.....	12
4.1 Analyseergebnisse nach VwV Boden und DepV	12
4.2 Betonaggressivität des Bodens	14
4.3 Sulfatanalyse.....	14
5. Erdbebenzone	15
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	16
6.1 Kanäle	16
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	16
6.1.2 Sicherung der Leitungsgräben	16
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	17
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 und Wasserhaltung	22
6.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	23
6.3.4 Arbeitsraumverfüllung	23
6.4 Bodenverbesserung.....	24
7. Abnahme und Haftung	26

Anlagenteil

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 - B 6	
Anlage 2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 - B 6	M. 1 : 25
Anlage 3:	Zustandsgrenzen P 3/1	
Anlage 4.1:	Analyseergebnisse nach VwV Boden	
Anlage 4.2:	Analyseergebnisse nach DepV	
Anlage 4.3:	Analyseergebnisse nach DIN 4030 Boden	

1. Planunterlagen

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

- Lageplan

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

2. Lage und Aufgabenstellung

Die Stadt Schrozberg beabsichtigt die Erschließung eines Gewerbegebietes westlich der Niederstettener Straße.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 449,05 mNN auf 447,56 mNN nach Süden ein und wurde vormals landwirtschaftlich genutzt.

Nach Auskunft von Herrn Eissing, ipe-Ingenieur Plan Eissing, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,8. Die Verlegetiefe der Kanäle liegt derzeit noch nicht fest.

Das BFI wurde von der Stadt Schrozberg mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung beauftragt.

3. Untergrund

3.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 22.09.2020 auftragsgemäß sechs Bohrungen (B 1 – B 6) bis in Tiefen zwischen 1,50 m und 4,00 m unter GOK abgeteuft.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf einen Festpunkt eingemessen, dessen Höhe mit 447,65 mNN angegeben ist.

Die Lage der Bohrungen und des Festpunkts kann dem Lageplan (Anlage 1.2) entnommen werden.

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

Die Stärke des Mutterbodens wurde in den Bohrungen mit ca. 0,10 m bzw. 0,20 m ermittelt.

Unter dem Mutterboden wurden bei den Bohrungen B 2 und B 6 Auffüllungen aus schluffigen, kiesigen Tonen bzw. kiesigen Steinen und Blöcken durchteuft.

Ab einer Tiefe zwischen 0,10 m und 1,50 m unter GOK wurde eine Wechselfolge aus kiesigen, schluffigen Tonen in steifer und halbfester Konsistenz, tonigen Kiesen sowie Steinen und Blöcken durchteuft.

Die Tone, Kiese, Steine und Blöcke wurden bis zur Endtiefe der Bohrungen bei 1,50 m bzw. 4,00 m unter GOK aufgeschlossen.

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch liegt das Bauvorhaben in den Schichtgliedern des Oberen Muschelkalks. Die darüber aufgeschlossenen Tone, Kiese, Steine und Blöcke sind dessen quartäre Verwitterungsprodukte.

3.3 Wasserverhältnisse

In der Bohrung B 3 wurden während der Arbeiten Schicht-/ Sickerwasserzutritte in 3,60 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.

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

3.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 13 gestörte Proben entnommen, von denen 4 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht wurden. Dabei wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 1: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
2/3	2	1,30	T,u,g (hf)	21,01
3/1	3	0,80	T,u,g (hf)	20,87
5/2	5	1,90	T,g'(hf -f)	19,31
6/2	6	3,65	T,u,g (f)	18,77

3.4.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an der Probe P 3/1 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 3/1
Wassergehalt w_N [%]	20,8
Fließgrenze w_L [%]	43,8
Ausrollgrenze w_P [%]	23,3
Plastizitätszahl I_P [%]	20,5
Konsistenzzahl I_C	1,122
Gruppensymbol	TM
Konsistenz	hf

Für die Zustandsform des Tons ergab sich eine Konsistenzzahl I_C von 1,122. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Probe als „halbfest“ zu bezeichnen.

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 (lokal Auffüllungen)
Grundwasser: GK 2 (schichtgebundene Wässer in Einschnitten möglich)

Hieraus ergibt sich für die baugrund- und hydrogeologische Situation eine Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2**. Für das Bauvorhaben ist zu prüfen, ob die Einstufung in eine höhere Geotechnische Kategorie erforderlich wird.

3.6 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 4) 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 anstehenden Tone und Kiese unter dem **Homogenbereich 3** erfasst. Die Steine und Blöcke wurden unter dem **Homogenbereich 4** 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 3 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 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Homogenbereiche

Bezeichnung	Homogenbereich		
	2 (Auffüllungen)	3 (Tone und Kiese)	4 (Steine und Blöcke)
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TL, TM, X	TA, TL, TM, GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	X, Y
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8	2, 3, 5, 10
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	Gering - hoch < 5 % - 20 %	Gering - hoch < 5 % - 20 %	hoch > 20 %
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 40 %	4 % – 40 % (18,77 % - 21,01 %)¹)	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 % (bindige Bereiche)	weich – halbfest¹) Anlage 3 Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 % (bindige Bereiche)	-
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	25 kN/m² - 600 kN/m² (bindige Bereiche)	25 kN/m² - 600 kN/m² (bindige Bereiche)	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	0 – 15 kN/m²	0 – 15 kN/m²	-
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)	mitteldicht - dicht, I _D 35 – 85 % (rollige Bereiche)	mitteldicht - dicht, I _D 35 – 85 %
Dichte nach DIN 18125-2	1,55 g/cm³ – 2,00 g/cm³	1,55 g/cm³ – 2,00 g/cm³	2,50 g/cm³ – 2,85 g/cm³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	Blöcke aus Kalkstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	-	bis 120 MN/m²
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	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

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 Auffüllungen und Tone der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

Die Kiese, Steine und Blöcke sind in Abhängigkeit ihrer Bindigkeitsanteile den **Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und 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

Auffüllung:

Ton, schluffig, kiesig	cal γ	=	19	kN/m ³
halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	28	° (Ersatzreibungswinkel)

Steine, kiesig	cal γ	=	21	kN/m ³
	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	32	° (Ersatzreibungswinkel)

Anstehend:

Ton, kiesig	cal γ	=	19	kN/m ³
steif, halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	5	kN/m ²

Kies, tonig, steinig	cal γ	=	20	kN/m ³
	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	32	°
	cal c'	=	3	kN/m ²

Steine, tonig	cal γ	=	21	kN/m ³
	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	32	°
	cal c'	=	2	kN/m ²

Blöcke	cal γ	=	21	kN/m ³
	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	°
	cal c'	=	0	kN/m ²

Dabei sind:

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

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

4. Chemische Untersuchungen

4.1 Analyseergebnisse nach VwV Boden und DepV

Auftragsgemäß wurden aus jeder Bohrung eine Probe aus dem oberen Bodenbereich 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. Für den Fall einer Entsorgung auf nach Deponieverordnung zugelassenen Deponien wurde zusätzlich nach Deponieverordnung (DepV) analysiert.

Tabelle 4: abfalltechnische Einstufung

Bodenart	Bohrung	Probe	VwV Boden		DepV	
			Einstufung	wegen	Einstufung	wegen
X	B 1	P 1/1	Z 0*	MKW	DK 0	-
A: T	B 2	P 2/1	Z 0	-	DK 1	Fluorid
T	B 3	P 3/1	Z 0	-	DK 1	Fluorid
X	B 4	P 4/1	Z 0*IIIA	Nickel	DK 0	-
X	B 5	P 5/1	Z 0*IIIA	Kupfer, Nickel	DK 0	-
A: T	B 6	P 6/1	Z 0	-	DK 0	-

Die Analyseergebnisse sind in Anlage 4.1 den Zuordnungswerten nach VwV Boden und in Anlage 4.2 den Zuordnungswerten nach DepV dargestellt.

Danach weist das Material der Proben **P 2/1**, **P 3/1** und **P 6/1** keine erhöhten Gehalte auf. Alle Parameter unterschreiten die **Z 0**-Zuordnungswerte der VwV Boden, die für die Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen und zur Verfüllung von Abgrabungen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten gilt. Das Material kann daher außerhalb frei verwendet werden.

Falls eine Verwertung innerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten vorgesehen ist, wären ergänzend die Vorsorgewerte nach Anhang 2, Ziff. 4 der BBodSchV zu bestimmen. Diese müssten dann ggfs. zusätzlich untersucht werden.

Die Proben **P 4/1 und P 5/1** weisen sehr geringfügig erhöhte Gehalte an Nickel bzw. Kupfer knapp über den Z 0-Werten auf. Das Material fällt daher in die Qualitätsstufe **Z 0*IIIA**. Solches Material kann wie Z 0-Material verwertet werden, wenn oberhalb der Verfüllung eine mindestens 2 m mächtige Abdeckung aus Bodenmaterial, welches die Vorsorgewerte nach BBodSchV einhält, aufgebracht wird.

Bei der Probe **P 1/1** wurden leicht erhöhte Gehalte an Chrom, Kupfer, Nickel, Zink und MKW knapp oberhalb der Z 0-Zuordnungswerte festgestellt. Einstufungsrelevant ist der MKW-Gehalt von 280 mg/kg, so dass das Material in die Qualitätsstufe **Z 0*** nach VwV Boden fällt. Das Material kann wie Z 0*-Material verwertet werden, jedoch nur außerhalb von Wasserschutzgebieten der Zone IIIA, Heilquellschutzgebieten, Wasservorranggebieten und Karstgebieten.

Alternativ kann sämtliches Material bis Z 0* auf einer normalen Erddeponie (Z 0/Z 0*) abgelagert werden.

Für den Fall einer Entsorgung auf einer nach Deponieverordnung zugelassenen Deponie entspricht das Material der Proben **P 1/1, P 4/1, P 5/1 und P 6/1** der Deponieklasse **DK 0**.

Die Proben P 2/1 und P 3/1 weisen jedoch leicht erhöhte Fluorid-Gehalte auf, was zur Einstufung in die Deponieklasse **DK 1** führt.

Die in einigen Proben erhöhten Gehalte an Chrom, Kupfer, Nickel Zink sowie Fluorid sind geogen bedingt, also natürlicherweise in den Muschelkalkschichten vorhanden. Bei den MKW in P 1/1 wird es sich jedoch um eine lokale Belastung handeln; offenbar sind hier Schmieröle in geringer Menge versickert, was für eine Entsorgung auf einer Erddeponie jedoch unbedeutend ist.

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 Vorabinformation z. B. für Ausschreibungen. Beim Aushub anfallendes Material kann aufgrund inhomogener Zusammensetzung u. U. auch höher belastet sein.

4.2 Betonaggressivität des Bodens

Aus der Bohrung B 2 wurde die Probe P 5/2 auf betonangreifende Bestandteile untersucht.

Nach den vorliegenden Analysenergebnissen ist die untersuchte Probe nach DIN 4030 **nicht betonaggressiv**. D.h. die Kriterien für die Einstufung in eine der Expositionsklassen XA nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2 für eine Betonkorrosion durch chemischen Angriff werden noch unterschritten (s. Anlage 4.3).

4.3 Sulfatanalyse

Das Bauvorhaben liegt stratigraphisch in den Schichten des Oberen Muschelkalks. 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 wurden ausgewählte Proben auf Sulfat untersucht.

Tabelle 5: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 2/1	P 2/3	P 3/1	P 5/1	P 5/2	P 6/1	Sulfatanalyse
Bodenart	A: T	Ton	Ton	Steine	Ton	A: T	nach ZTV E-StB 17 vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse
mg/kg	1700	290	920	710	640	570	< 3000

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

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

Wegen der Lage im Oberen Muschelkalk empfehlen wir jedoch dringend, bei einer Bodenverbesserung im Zuge der Ausführung weitere verdachtspezifische Proben untersuchen zu lassen.

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.

5. Erdbebenzone

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

Die Verlegetiefe der Kanäle liegt derzeit noch nicht fest. Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen voraussichtlich lokal in den Tonen und lokal in den Steinen und Blöcken liegen.

Das Rohraufager kann in den mindestens steifen Tonen sowie in den Steinen und Blöcken ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Für den Fall, dass die Tone durch Niederschlags- bzw. Schichtwasser aufweichen, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufager ein Bodenaustausch in einer Stärke von 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

In Bereichen, in denen die Blöcke auf Höhe des Rohraufagers abtauchen, sind diese auf einer Länge von 1,50 m abzutreten, um Spannungsspitzen zwischen dem Fels und den bindigen Böden zu vermeiden.

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 Rohraufager mitzuziehen und nach Fertigstellung der einzelnen Bauabschnitte wieder zu plombieren, um keine Wasserwegsamkeiten im Untergrund zu schaffen.

6.1.2 Sicherung der Leitungsgräben

Wir schlagen vor, die Leitungsgräben z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die Auffüllungen und Kiese 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 Wasser-versorgungssysteme 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 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.

Vor Beginn der Baumaßnahme ist zu prüfen, ob einzelne Gebäude in Abhängigkeit zu ihrer Entfernung und Gründungstiefe einen Lasteinfluss auf den Kanalgraben ausüben. Gegebenenfalls werden dann zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung des Kanalgrabens bzw. des Gebäudebestandes erforderlich. Insbesondere bei nahe angrenzenden Gebäuden und bei nicht unterkellerten Gebäuden wird dies u. U. der Fall sein.

6.1.3 Kanalgrabenverfüllung

Die beim Aushub des Kanalgrabens anfallenden, mindestens steifen Tone sowie die Kiese 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 sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Bei einer Verbesserung sind die in Kapitel 4.3 beschriebenen Risiken eines Sulfattreibens zu beachten. 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.

Alternativ können die Kanalgräben mit einem bindigkeitsarmen, gut abgestuften und verdichtungsfähigen Material, z.B. Baustoffgemisch 0/56 mm verfüllt werden.

Die anfallenden Steine und Blöcke bis Steinkorngröße (< 200 mm) können bei optimalen Witterungsbedingungen zum Verfüllen der Kanalgräben verwendet werden. Dies ist im Zuge des Aushubs zu entscheiden. Steinblöcke müssen separiert oder zerkleinert werden, um sie verwenden zu können. Es ist darauf zu achten, dass das Material gut kornabgestuft ist und hohlraumfrei verdichtet werden kann. Wir schlagen jedoch vor, in der Ausschreibung einen Bodenaustausch bzw. eine Bodenverbesserung für die Kanalgrabenverfüllung vorzusehen.

Prinzipiell sind beim Verfüllen der Leitungsgräben die Angaben der Rohrersteller 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 4 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. Die Riegel sind z. B. im Bereich von Schächten und in Konformität mit den Vorgaben der Rohrstatik anzuordnen.

6.2 Straßenbau

Nach Auskunft von Herrn Eissing, ipe-Ingenieur Plan Eissing, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,8.

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 Auffüllungen, Tone und Steine an. Die auf Planum geforderten Verformungsmoduln $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein. Um den auf dem Planum geforderten Wert zu erreichen, schlagen wir vor, das Planum auf einer Stärke von 0,40 m mit Bindemitteln zu verbessern. Bei einer Verbesserung mit Bindemittel sind die in Kapitel 4.3 beschriebenen Risiken eines Sulfatreibens zu beachten. Die erforderlichen Bindemittelmengen sind in Abhängigkeit von den aktuellen Wassergehalten unmittelbar vor der Verbesserung festzulegen. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 6.4 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ kann ein ca. 0,40 m starker Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, auf einem Vlies der Klasse 3 vorgesehen 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.

Im Bereich der Steine ist die Tragfähigkeit über Plattendruckversuche zu prüfen. Anhand der Ergebnisse ist festzulegen, ob ein Bodenaustausch bzw. eine Bodenverbesserung vorzusehen ist. Wir empfehlen vorab in der Ausschreibung einen 0,40 m starken Bodenaustausch mit Baustoffgemisch 0/56 mm zu berücksichtigen.

6.2.2 Tragschicht

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO, bzw. ZTV-SoB bei der Belastungsklasse 1,8 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ bei einem Verdichtungsverhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht 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 Abhängigkeit von der Lage des Bauvorhabens im Baugebiet lokal in den Tonen, lokal in den Steinen und Blöcken liegen.

Die Gründungssohlen **nicht unterkellerten** Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK lokal in den Auffüllungen, den Tonen und lokal in den Steinen und Blöcken liegen.

Die Auffüllungen sind zur Lastabtragung nicht geeignet, da es zu starken Setzungen und Setzungsdifferenzen kommen würde. Die Auffüllungen sind daher zu durchgründen.

Allgemein ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. D. h. eine Gründung z. T. auf den Steinen und Blöcken und z. T. auf den Tonen ist nicht zulässig, da Setzungsdifferenzen zu erwarten sind, die zu Bauwerksschäden führen werden.

Aufgrund der inhomogenen Untergrundverhältnisse empfehlen wir, die Gebäude über eine Bodenplatte mit lastverteiler Bodenplatte zu gründen. Der Bettungsmodul kann nach Vorliegen von Gebäudeplänen und Lasten ermittelt 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 6: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton, min. steif	210	150
Steine, Blockwerk	490	350

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Auf eine frostfreie Gründung der außenliegenden Fundamente ($\geq 1,00$ m unter Gelände) ist zu achten.

O. g. Pressungen und Gründungsempfehlungen können nur vorab zur Orientierung dienen und müssen im Einzelfall in Abhängigkeit von der 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, 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 im mindestens steifen Ton sowie den Blöcken mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. Werden weiche oder aufgeweichte Schichten angetroffen sowie im Bereich der Auffüllungen, Steine und Kiese ist die Böschungsneigung 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.

Um Erosionsschäden zu vermeiden und um die Böschungswände vor Witterungseinflüssen bzw. dem Zutritt von Oberflächenwasser zu schützen, sind die Böschungen gegen überfließendes Niederschlagswasser sowie gegen Austrocknung zu sichern und mit Kunststofffolie abzuhängen. Die Kunststofffolie muss so angebracht werden, dass kein Niederschlagswasser unter die Folie gelangt und die Folie nicht vom Wind weggeklappt werden kann.

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.

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.

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen Tone, Kiese, Steine und Blöcke bis Steinkorngröße können zum Verfüllen der Arbeitsräume verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden (z.B. in Grünflächen). Steinblöcke müssen entweder separiert oder zerkleinert werden, um sie zum Verfüllen der Arbeitsräume verwenden zu können.

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

Ausgehend von den Laborversuchsergebnissen kann in der Ausschreibung von den in Tabelle 7 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der Tone und Kiese von im Mittel $1,75 \text{ t/m}^3$ ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 7: 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

Das Bauvorhaben liegt stratigraphisch im Oberen Muschelkalk. Hier muss mit erhöhten Sulfatwerten gerechnet werden. Bei einer ersten Analyse wurden keine erhöhten Sulfatgehalte festgestellt (siehe Kapitel 4.3). Im Zuge der Eignungsuntersuchung, wenn die Fläche einsehbar ist, sind ergänzend verdachtspezifische Beprobungen durchzuführen.

Eine exakte Angabe über erforderliche Zugabemengen an Bindemittel und die Art des Bindemittels kann erst nach Durchführung einer Eignungsprüfung erfolgen. Im Zuge der Eignungsprüfung ist auch der Sulfatgehalt des Bodens im Feststoff zu bestimmen. Bei sulfathaltigen Böden kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Schäden infolge von Baugrundhebungen kommen.

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

Bei der Verbesserung der Kanalgrabenverfüllung bis 0,50 m unter Planum eignet sich z.B. Weißfeinkalk oder Bodenbinder 500, bzw. ein gleichwertiges Mischbindemittel. Bei der Verbesserung des Planums 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 Durchführung einer Eignungsuntersuchung im Falle einer Bodenverbesserung
- 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 im Einzelfall Voraussetzung für die Haftung.

Für das BFI:

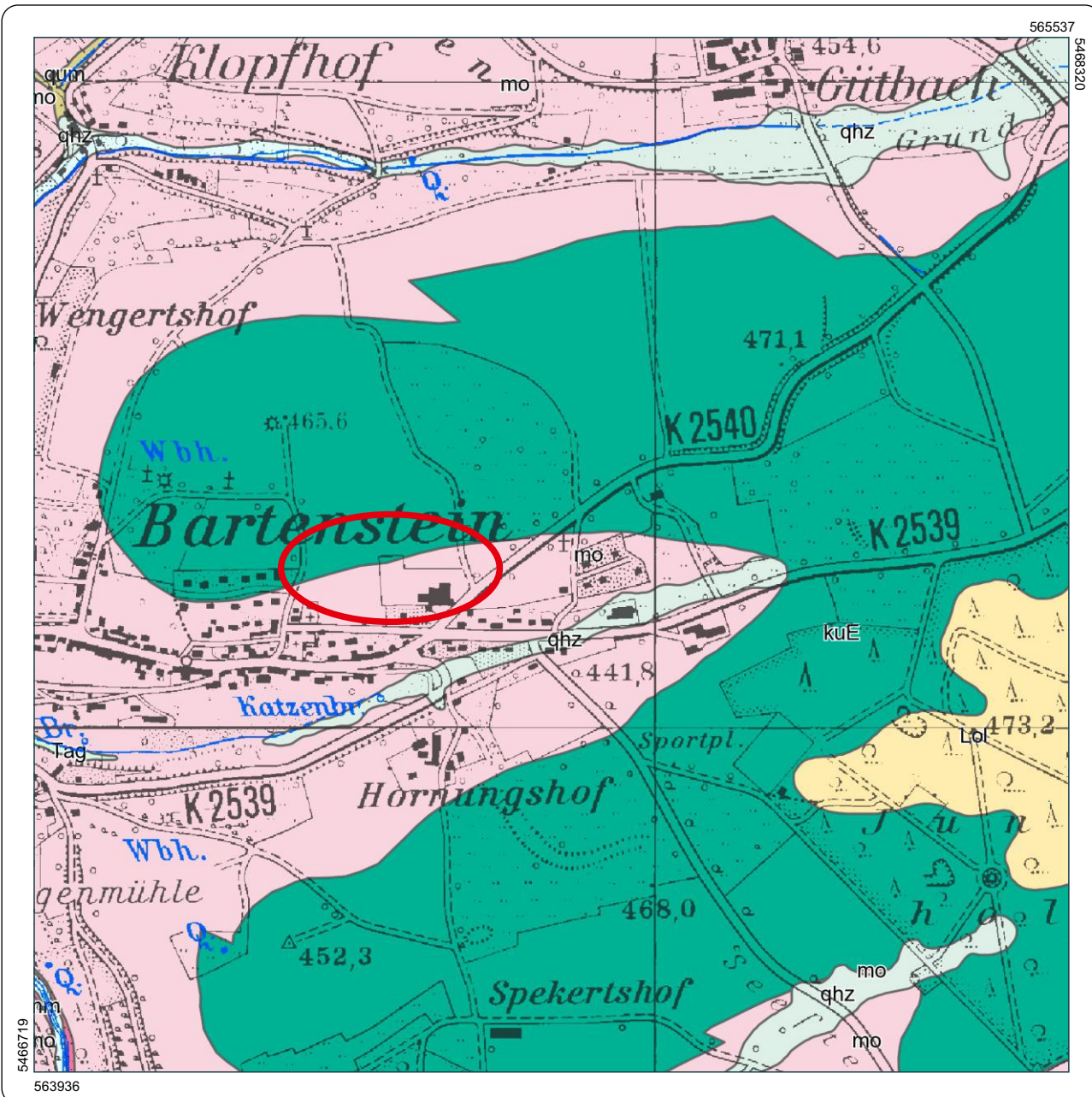

Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

Sachbearbeiter:


B.Eng. S. Eiberger

gez. Baumann

Dipl. Umweltwiss. S. Baumann



GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

GeoLa Geologie: Geologische Einheiten (Flächen)

Verwitterungs-/Umlagerungsbildung (qum)

Lösslehm (Lol)

Holozäne Abschwemmassen (qhz)

Auenlehm (Lf)

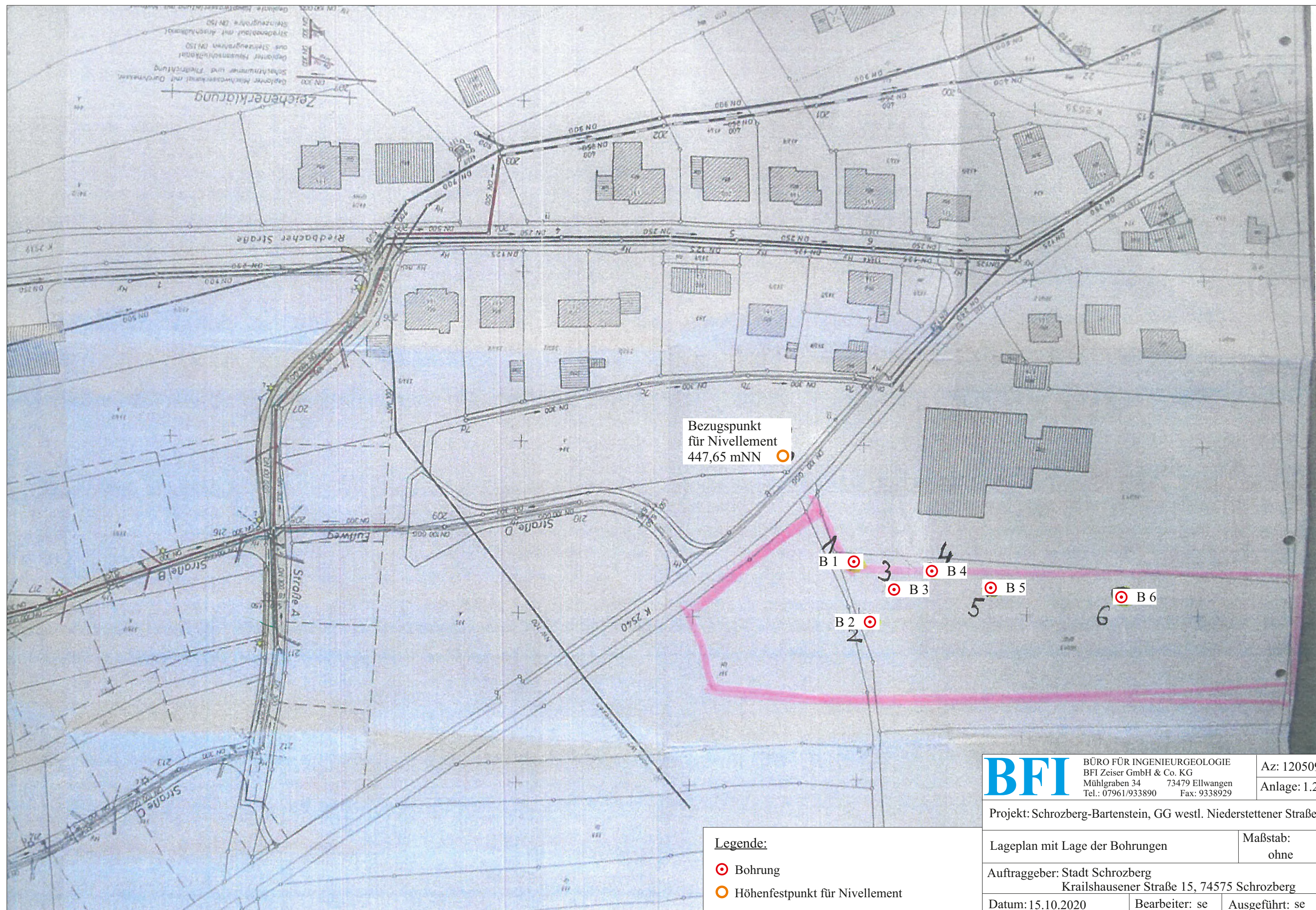
Talauenschotter (Tag)

Erfurt-Formation (Lettenkeuper) (kuE)

Oberer Muschelkalk (mo)

Mittlerer Muschelkalk (mm)

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120509
		Anlage: 1.1
Projekt: Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener Straße		
Geologische Karte		Maßstab: 1 : 10.000
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Krailshausener Straße 15, 74575 Schrozberg		
Datum: 01.10.2020	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se

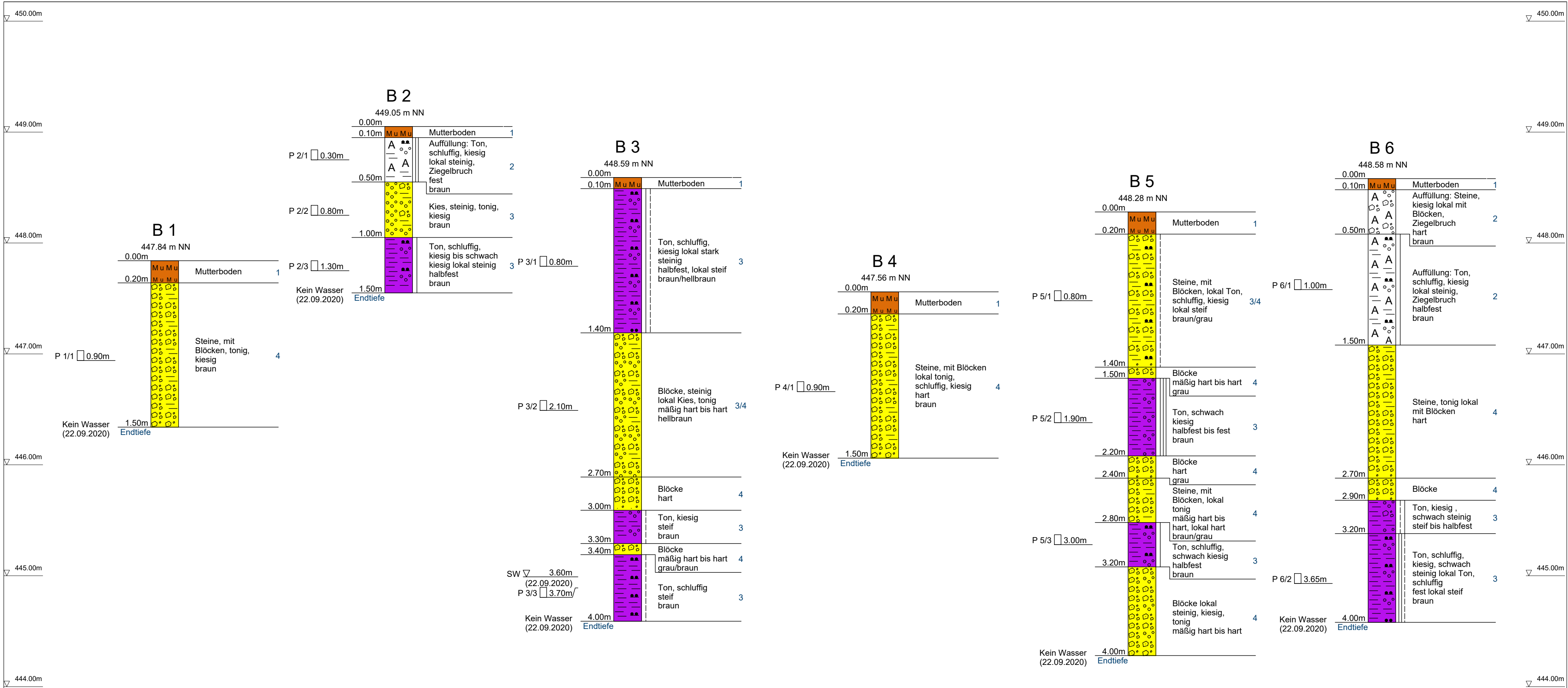


Bezugspunkt
für Nivellement
447,65 mNN

Legende:

- Bohrung
- Höhenfestpunkt für Nivellement

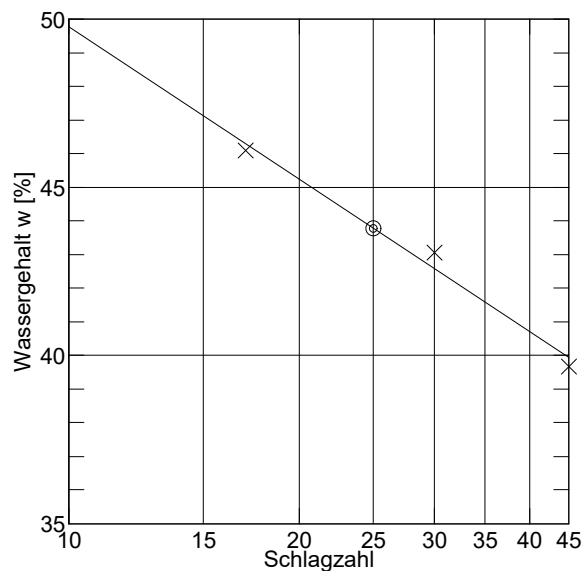
BFI BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929		Az: 120509
		Anlage: 1.2
Projekt: Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener Straße		
Lageplan mit Lage der Bohrungen		Maßstab: ohne
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Kraillhausener Straße 15, 74575 Schrozberg		
Datum: 15.10.2020	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se



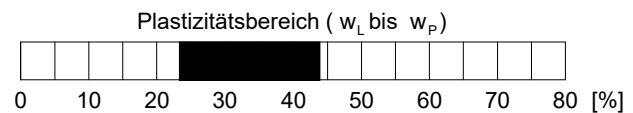
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de	Az:	120509
	Anlage:	2
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:25
	Datum:	30.11.2020
	aufgenommen:	22.09.2020, sb
Projekt: Schrozberg-Bartenstein, GG westlich Niederstettener Straße		

BFI	Projekt : Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener S
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 12509
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 14.10.2020
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 3/1
	Entnahmestelle: B 3
	Entnahmetiefe: 010 m - 1,40 m
Ausgef. durch : sb	Bodenart: T,u,g

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	11	98	102			75	33			
Zahl der Schläge	45	30	17							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	143.30	134.40	136.80			124.90	123.10			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	129.10	122.90	122.60			118.90	117.50			
Behälter m_B [g]	93.30	96.20	91.80			93.20	93.40			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	14.20	11.50	14.20			6.00	5.60			
Trockene Probe m_t [g]	35.80	26.70	30.80			25.70	24.10	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	39.7	43.1	46.1			23.3	23.2	23.3		



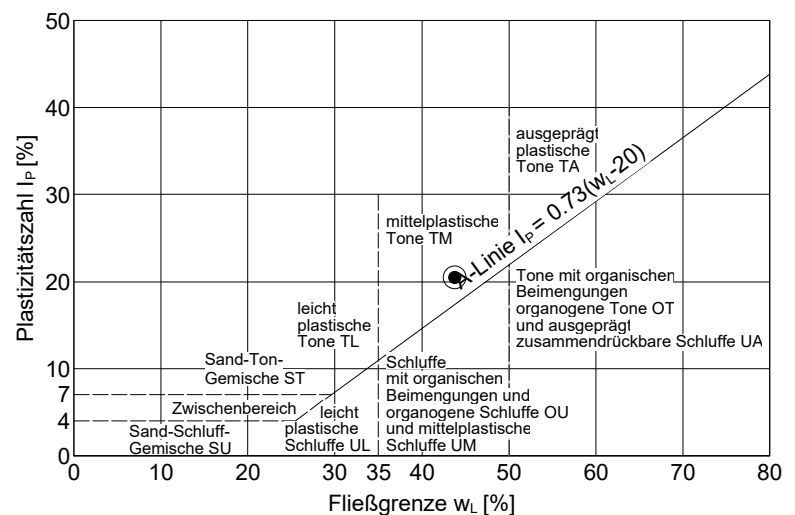
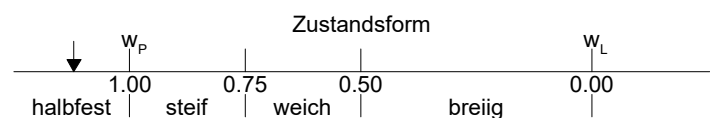
Wassergehalt	$w_N = 20.8 \%$
Fließgrenze	$w_L = 43.8 \%$
Ausrollgrenze	$w_P = 23.3 \%$



Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_P = 20.5 \%$

$$\text{Liquiditätsindex } I_L = \frac{W_N - W_P}{I_P} = -0.122$$

$$\text{Konsistenzzahl } I_C = \frac{W_L - W_N}{I_P} = 1.122$$



angewendete Vergleichstabelle: BFI: VwV Boden (29.12.2017)														
Bezeichnung	Einheit	P 1/1	P 2/1	P 3/1	P 4/1	P 5/1	P 6/1	Z0 Sand	Z0 Ton	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		020206381	020206382	020206383	020206384	020206385	020206386							
Material		Sand	A: Ton	Ton	Sand	Sand	A: Ton							
Anzuwendende Klasse(n):		Z0*	Z0 Ton	Z0 Ton	Z0* IIIA	Z0* IIIA	Z0 Ton							
Anionen aus der Originalsubstanz														
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5					3	3	10
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 1														
Arsen (As)	mg/kg TS	6,2	4,8	7,4	4,5	8,3	12,6	10	20	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	16	10	48	11	19	29	40	100	100	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,4	0,2	0,5	0,3	0,3	0,6	0,4	1,5	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	32	45	39	19	27	44	30	100	100	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	25	16	21	18	26	36	20	60	60	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	36	21	34	20	39	66	15	70	70	100	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,1	1	1	1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	0,4	1	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	82	33	77	35	41	74	60	200	200	300	450	450	1500
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz														
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40				200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	280	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	100	100	100	400	600	600	2000
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz														
Summe BTEX	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1	1
LHKW aus der Originalsubstanz														
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1	1
PAK aus der Originalsubstanz														
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,05	0,06	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	0,77	0,11	(n. b.)	0,46	3	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.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus dem 10:1-Schüttel														
pH-Wert		8,8	9,4	8,9	8,8	8,4	8,4	6,5 - 9,5	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	124	93	129	91	158	198	250	250	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN EN 12457-4														
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	1,3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	30	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	3,0	13	13	2,6	6,3	33	50	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gesamt	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5	5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN EN 12457-4														
Arsen (As)	µg/l	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1			14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1			40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3			1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	< 1	5	3	< 1	< 1	< 1			12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5			20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1			15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2			0,5	0,5	0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10	60	< 10	< 10	< 10			150	150	150	200	600
Organische Summenparameter aus dem 10:1-Schütteleluat														
Phenolindex, wasserdampflich	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20	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

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120509
		Anlage: 4.1
Projekt: Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener Straße		
Analyseergebnisse nach VwV Boden		
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Krailshausener Straße 15, 74575 Schrozberg		
Datum: 06.11.2020	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se

angewendete Vergleichstabelle: BFI: DepV Dk0-III+Handlungshilfe BW											
Bezeichnung	Einheit	P 1/1	P 2/1	P 3/1	P 4/1	P 5/1	P 6/1	DK 0	DK I	DK II	DK III
Probennummer		20206381	20206382	20206382	20206384	20206384	20206384				
Anzuwendende Klasse(n):		DK 0	DK 1	DK 1	DK 0	DK 0	DK 0				
Phys.-chem. Kenngrößen aus der Originalsubstanz											
Trockenmasse	Ma.-%	87,4	93,6	87,8	96,0	90,5	84,0				
Org. Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz											
Glühverlust	Ma.-% TS	4,0	2,7	4,8	2,7	4,1	5,5	3	3	5	10
TOC	Ma.-% TS	0,1	1,2	0,7	1,6	0,4	0,4	1	1	3	6
Feststoffkriterien aus der Originalsubstanz											
Summe BTEX + Styrol + Cumol	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	6	30	60	
Summe PCB (7)	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	< 1	5	10	
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40				
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	280	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	500	4000	8000	
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	0,77	0,11	(n. b.)	0,46	30	200	1000	
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz											
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	Ma.-% TS	0,03	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,1	0,4	0,8	4
Eluatkriterien nach DIN EN 12457-4											
pH-Wert		8,8	9,4	8,9	8,8	8,4	8,4	5,5 - 13	5,5 - 13	5,5 - 13	4 - 13
Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	< 1,0	2,0	1,1	1,1	1,1	< 1,0	50	50	80	100
Phenolindex, wasserdampfflüchtig	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1	0,2	50	100
Arsen (As)	mg/l	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	0,2	0,2	2,5
Blei (Pb)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	0,2	1	5
Cadmium (Cd)	mg/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	0,004	0,05	0,1	0,5
Kupfer (Cu)	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2	1	5	10
Nickel (Ni)	mg/l	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,04	0,2	1	4
Quecksilber (Hg)	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,001	0,005	0,02	0,2
Zink (Zn)	mg/l	< 0,01	< 0,01	0,06	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,4	2	5	20
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	1,3	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	80	1500	1500	2500
Sulfat (SO4)	mg/l	3,0	13	13	2,6	6,3	33	100	2000	2000	5000
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01	0,1	0,5	1
Fluorid	mg/l	0,8	2,0	1,9	0,8	0,8	0,9	1	5	15	50
Barium (Ba)	mg/l	0,005	0,004	0,019	0,009	0,010	0,010	2	5	10	30
Chrom (Cr)	mg/l	< 0,001	0,005	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	0,3	1	7
Molybdän (Mo)	mg/l	0,001	0,002	0,003	0,001	0,001	< 0,001	0,05	0,3	1	3
Antimon (Sb)	mg/l	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,006	0,03	0,07	0,5
Selen (Se)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01	0,03	0,05	0,7
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	< 150	< 150	< 150	< 150	< 150	< 150	400	3000	6000	10000
LHKW aus der Originalsubstanz (gemäß Handlungshilfe Ba											
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	2	10	25	

- n.b. : nicht berechenbar (Messwerte der Einzelsubstanzen sind < Bestimmungsgrenze)
- n.u. : nicht untersucht
- gemäß Fußnote Nr. 2 der DepV können Glühverlust und TOC gleichwertig angewandt werden.
Es gilt somit der niedrigere Wert.
- Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-,
Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen.

BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120509
		Anlage: 4.2
Projekt: Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener Straße		
Analyseergebnisse nach DepV		
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Kraillshausener Straße 15, 74575 Schrozberg		
Datum: 06.11.2020	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se

Bezeichnung	Einheit	BG	Methode	P 5/2	nicht angreifend	schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
Anzuwendende Klasse(n):				nicht angreifend				
Probenvorbereitung Feststoffe								
Fraktion < 2 mm	%	0,1	DIN ISO 11464: 2006-12	85,9				
Fraktion > 2 mm	%	0,1	DIN ISO 11464: 2006-12	14,1				
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz								
Trockenmass	Ma-%	0,10	DIN EN 14346: 2007-03	88,7				
Physikalisch-chemische Kenngrößen								
Säuregrad nach Baumann Gully	ml/kg TS	4,0	DIN 4030-2: 2008-06	8,0	< 200	> 200		
Anionen aus der Originalsubstanz								
Sulfid	mg/kg TS	5,00	DIN 4030-2: 2008-06	91,0				
Anionen aus dem Salzsäureauszug nach DIN 4030-2								
Sulfat (SO4)	mg/kg TS	20,0	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	640,0	< 2000	3000	12000	> 12000 und < 24000
Anionen aus dem Heißwasser-Auszug								
Chlorid (Cl)	mg/kg TS	25,0	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	< 25				

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120509
		Anlage: 4.3
Projekt: Schrozberg-Bartenstein, GG westl. Niederstettener Straße		
Analyseergebnisse nach DIN 4030		
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Krailshausener Straße 15, 74575 Schrozberg		
Datum: 30.11.2020	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se