

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

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



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

Stadt Schrozberg
Krailshausener Straße 15
74573 Schrozberg

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

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

kd-nm-seb/ Az. 230228

25.07.2023

Schrozberg, Erschließung BG Schmalfelden „Fuchslabyrinth“

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

Stadt Schrozberg
Krailshausener Straße 15
74573 Schrozberg

Planung:

Käser Ingenieure GmbH + Co. KG
Kirchstraße 5
74199 Untergruppenbach

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 Geologische Situation.....	4
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Laborversuche.....	7
3.4.1 Natürlicher Wassergehalt	7
3.4.2 Sulfatanalyse	7
3.5 Geotechnische Kategorie.....	8
3.6 Homogenbereiche	9
3.7 Frostepfindlichkeit	11
3.8 Bodenkennwerte.....	11
4. Chemische Untersuchung:	13
5. Erdbebenzone	13
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	14
6.1 Bewertung Höhlensystem „Fuchslabyrinth“	14
6.2 Kanäle	15
6.2.1 Gründung des Rohraufagers.....	15
6.2.2 Sicherung der Kanalgräben.....	15
6.2.3 Kanalgrabenverfüllung.....	16
6.3 Straßenbau.....	17
6.3.1 Planum	17
6.3.2 Tragschicht.....	18
6.4 Gebäude	19
6.4.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	19
6.4.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	21
6.4.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	21

6.4.4 Arbeitsraumverfüllung	22
6.5 Bodenverbesserung.....	23
7. Abnahme und Haftung	24

Anlagenteil

Anlage 1.1: Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2: Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 bis B 4	M. 1 : 750
Anlage 2: Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 bis B 4	M. 1 : 50
Anlage 3: Analysenergebnissen nach EBV	

1. Planunterlagen

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

- | | | |
|--|--------------|----------------|
| – Erschließungskonzept | M. 1 : 1.000 | vom 06.03.2023 |
| – Bestandslageplan Kanal und Beleuchtung | M. 1 : 500 | vom 25.01.2022 |
| – Hetzel Erweiterung: Var. Schleife | M. 1 : 1.000 | vom 23.03.2022 |
| – Hetzel Erweiterung: Var. Wendehammer | M. 1 : 1.000 | vom 23.03.2022 |

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

2. Lage und Aufgabenstellung

Die Käser Ingenieure GmbH + Co. KG plant für die Stadt Schrozberg die Erschließung eines Baugebiets in Schrozberg-Schmalfelden. Das Erschließungsgebiet liegt im Osten vom Schrozberg-Schmalfelden, am Ortsende und schließt unmittelbar an das bestehende Wohnbaugebiet an.

Die Bebauungsfläche fällt nach den Höhenlinien im Lageplan leicht nach Südwesten ein. Im Bereich des Plangebietes liegt das Höhlensystem „Fuchslabyrinth“.

Konkrete Pläne liegen dem BFI nicht vor. Kanalarbeiten sind vorgesehen.

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

3. Untergrund

3.1 Geologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 15.06.2023 auftragsgemäß vier Bohrungen (B 1 – B 4) bis in Tiefen von 5,00 m unter Gelände abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 30.05.2023 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 14.06.2023 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf einen Kanaldeckel eingemessen, dessen Deckelhöhe mit 479,21 mNN angegeben wurde.

Die Lage der Bohrungen sowie des Kanaldeckels kann dem Lageplan (Anlage 1.2) entnommen werden. Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes (siehe auch Anlage 2):

In den Bohrungen B 1 und B 2 wurde zunächst ein 0,40 m starker Mutterboden aufgeschlossen. Bei B 4 wurde zunächst eine 0,10 m starke Asphaltdecke auf einer 0,10 m starken Schotterdecke durchbohrt.

Im Bereich der Bohrung B 3 wurde ab GOK eine 0,40 m starke Schotterdecke erkundet.

Auffüllungen aus Tonen mit Ziegelbruch wurden im Bereich der Bohrungen B 3 und B 4 bis 0,60 m bzw. 0,70 m unter GOK durchteuft.

Unter dem Mutterboden bzw. den Auffüllungen stehen steife bis halbfeste, lokal feste Tone an. Den Tonen sind lokal Ton- und Mergelsteinbänke eingelagert.

Die Tone werden ab Tiefen zwischen 1,90 m und 3,60 m unter GOK bis zu den Endtiefen der Bohrungen von einem sehr mürben bis mäßig mürben Ton-, Sand und Mergelstein unterlagert.

Den Festgesteinen sind lokal bindige bzw. zu Tonen entfestigte Bereiche eingelagert.

Wir weisen darauf hin, dass die Übergänge zwischen den Verwitterungsdecken und den unterlagernden Festgesteinen in Abhängigkeit vom Aufwitterungsgrad oft fließend sind und daher nicht scharf abgegrenzt werden können. Daher kann auch die Höhenlage der Festgesteine lokal schwanken.

Die Tiefen, in denen OK der mind. sehr mürben Festgesteine angetroffen wurden, sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: OK Festgestein (mind. sehr mürb)

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	OK Festgestein (min sehr mürb)	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	481,89	1,90	479,99
B 2	482,09	2,80	479,29
B 3	480,84	3,60*	477,24*
B 4	480,41	2,20*	478,21*

* von bindigen Schichten bzw. entfestigten Bereichen unterlagert

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den an der Basis der Bohrungen angetroffenen Ton-, Mergel und Sandsteinen um Schichtglieder der Erfurt-Formation (Lettenkeuper). Bei den anstehenden Tonen handelt es sich um dessen quartäre Verwitterungsprodukte.

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 grundwasserführenden Schichten verfiltert sind, möglich.

3.4 Laborversuche

3.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 23 gestörte Proben entnommen, von denen 5 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht wurden. Dabei wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 2: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
1/2	1	1,05	T, u (st-hf)	22,12
2/3	2	1,50	T, u(st-hf)	24,79
3/3	3	0,95	T, u (st-hf)	28,29
3/4	3	1,50	T, s (st)	20,14
4/4	4	0,90	T, u (st-hf)	23,85

3.4.2 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 wurden die Proben MP 1 (aus P 1/1, P 1/2 und P 1/3), MP 2 (aus P 2/2, P 2/3 und P 2/4) und MP 3 (P 3/3, P 3/4, P 3/5, P4/4 und P 4/5) auf Sulfat untersucht.

Tabelle 3: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	MP 1	MP 2	MP 3	Grenzwert
Bodenart	Ton	Ton	Ton	nach ZTV E-StB 17 vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse
Sulfatgehalt [mg/kg]	70	56	430	< 3000

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

Wegen der Lage im Lettenkeuper empfehlen wir jedoch dringend, bei einer geplanten Bodenverbesserung im Vorfeld 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.

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 1

Grundwasser: GK 1

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie 1. Für das Bauvorhaben ist zu prüfen, ob die Einstufung in eine höhere Geotechnische Kategorie erforderlich wird. Dies könnte beispielsweise bei Gräben > 2,00 m der Fall sein.

3.6 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 5) 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 lokal angetroffenen Schotter dem **Homogenbereich 2** und die Auffüllungen dem **Homogenbereich 3** zugeordnet. Die anstehenden Tone wurden unter dem **Homogenbereich 4** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Ton-, Mergel- und Sandsteine werden unter dem **Homogenbereich 5** erfasst.

Wir weisen darauf hin, dass die Übergänge zwischen den Verwitterungsdecken und den unterlagernden Festgesteinen (Homogenbereiche 4 und 5) in Abhängigkeit vom Aufwitterungsgrad oft fließend sind und daher nicht scharf abgegrenzt werden können. Daher kann auch die Höhenlage der Festgesteine lokal schwanken.

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

Homogenbereich	2	3	4	5
Bezeichnung	Schotter	Auffüllung	Tone	Ton-, Sand-, Mergelstein
Bodengruppe nach DIN 18196	GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	TA, TM, TL	TA, TL, TM	-
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4	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	-		-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 15 %	4 % – 40 %	4 % – 40 % (20,14-28,29%) ¹⁾	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	-	weich - steif Ic 0,5 – 1,0 Ip 4% - 20 %	weich –fest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4%->20%	-
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	-	25 kN/m ² - 200 kN/m ²	25 kN/m ² - >600 kN/m ²	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	-	0 – 15 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 %			-
Dichte nach DIN 18125-2	2,00 g/cm ³ - 2,50 g/cm ³	1,55 g/cm ³ – 2,00 g/cm ³	1,55 g/cm ³ – 2,00 g/cm ³	2,00 g/cm ³ – 2,85g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1				Tonstein Sandstein Mergelstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1				bis 120 MN/m ²

Homogenbereich	2	3	4	5
Bezeichnung	Schotter	Auffüllung	Tone	Ton-, Sand-, Mergelstein
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1				sehr dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1				frisch – mäßig verwittert
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1				veränderlich – stark veränderlich
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	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 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

Auffüllung:

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

Anstehend:

Ton, sandig	cal γ	=	19	kN/m ³
steif, steif-halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	7	kN/m ²

Ton-/Mergel-/Sandstein	cal γ	=	21	kN/m ³
sehr mürb, mürb	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	°
	cal c'	=	25	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 Untersuchung:

Aus den Tönen wurde eine Mischprobe MP 1 (aus: P 1/1, P 1/2, P 1/3, P 2/2, P 2/3 und P 2/4, P 3/3, P 3/4, P 3/5, P 4/4 und P 4/5) hergestellt, die orientierend im Hinblick auf eine Verwertung auf die Materialwerte für Bodenmaterial nach Anlage 1, Tab. 3 Ersatzbaustoffverordnung (EBV) analysiert wurde.

Die Analysenergebnisse sind in Anlage 3 den Materialwerten nach EBV gegenübergestellt.

Danach entspricht das Material aufgrund leicht erhöhter Nickel-Gehalt von 73 mg/kg formal der Klasse BM-F0*. Daher kann das Material in technischen Bauwerken unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht verwertet werden.

5. Erdbebenzone

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

$$s_{ap,R} (475 \text{ a}) = 0,255 \text{ m/s}^2$$

$$s_{ap,R} (975 \text{ a}) = 0,395 \text{ m/s}^2$$

$$s_{ap,R} (2475 \text{ a}) = 0,68 \text{ m/s}^2$$

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 Bewertung Höhlensystem „Fuchslabyrinth“

Bei einem Telefonat mit Herrn Ross, Arge Höhle Stuttgart wurde zu dem Höhlensystem folgendes ausgesagt:

Das Höhlensystem „Fuchslabyrinth“ liegt im Oberen Muschelkalk. Eine in östlicher Richtung abgehende Röhre durchquert den überplanten Bereich. Bei dem Höhlensystem handelt es sich um einen ehemaligen unterirdischen Fluss in ca. 20 m Tiefe unter GOK. Die Breite einer Röhre beträgt ca. 3 m und die Höhe ca. 1 m. Von den Röhren reichen Klüfte bis ca. 10 m unter die GOK in den Lettenkeuper.

Das Hauptsystem des Labyrinths ist zum Teil überbaut, im Bereich vom alten Schulhaus gibt es angeblich Sackungen.

Die Kartierung kann um bis zu 2 m von der tatsächlichen Lage abweichen.

Durch die geplante Bebauung wird es nach unserer Einschätzung zu keinen nachteiligen Veränderungen am Höhlensystem kommen. Nach dem uns vorliegenden Lageplan (siehe Anlage 1.2) sind 3-4 Bauplätze von der Röhre betroffen. Aufgrund der Tiefenlage der Röhre und der Gewölbewirkung des umgebenden Felses kann eine Bebauung oberhalb der Röhre ausgeführt werden. Wir empfehlen hier jedoch im Einzelfall eine Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung durchzuführen und die Gründung von Gebäuden entsprechend über Bodenplatte mit lastverteilernder Tragschicht oder bewehrten Fundamente vorzunehmen. Ggf. müssen bis in die Baugrube reichende Spalten/Klüfte verfüllt werden.

Ein Restrisiko an Setzungen/Sackungen im Einflussbereich der Röhre bleibt jedoch immer bestehen.

6.2 Kanäle

6.2.1 Gründung des Rohraufagers

Konkrete Pläne liegen derzeit nicht vor. Ausgehen von einer Verlegtiefe von 2,00 m unter GOK wird das Rohraufager nach den Ergebnissen der Bohrungen z.T. in den steifen bis halbfesten Tonen und z.T. in den Festgesteinen liegen.

Im Bereich der mindestens steifen Tone und Festgesteine kann das Rohraufager ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Für den Fall, dass die Tone bzw. die Ton-/Mergelsteine durch Niederschlags- bzw. Schichtwasser aufweichen oder sich der Fels nicht maßhaltig lösen lässt, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufager ein Bodenaustausch bzw. eine Ausgleichsschicht in einer Stärke von 0,15 m - 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

In Bereichen, in denen die Festgesteine 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.

6.2.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, den Kanalgraben z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern.

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 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.

6.2.3 Kanalgrabenverfüllung

Die beim Aushub des Kanalgrabens anfallenden, mindestens steifen Tone sowie die Festgesteine bis Steinkorngröße ($< 200 \text{ mm}$) 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 ZTV A zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet.

Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Art des Bindemittels müssen durch entsprechende Sulfat- und Eignungsuntersuchungen und in Abhängigkeit von den aktuellen Wassergehalten festgelegt werden. Vorab kann jedoch von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Die anfallenden Festgesteine bis Steinkorngröße (< 200 mm) können bei optimalen Witterungsbedingungen zum Verfüllen der Kanalgräben verwendet werden. Dies ist im Zuge des Aushubs zu entscheiden. Steinblöcke müssen entweder 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.

Alternativ kann in der Ausschreibung ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, für die Kanalgrabenverfüllung vorgesehen werden.

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

6.3 Straßenbau

Nach RStO liegen die Belastungsklasse der Straßen im Bereich des Wohngebietes bei Bk 0,3.

6.3.1 Planum

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen vorwiegend steife Tone sowie tonige Auffüllungen an.

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 10) 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 10 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.

Die auf dem Planum geforderten Verformungsmoduln werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen und auf den Auffüllungen 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 Sulfat- und Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.5 angegebenen überschlägigen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ kann auf Planum ein ca. 0,40 m starker Bodenaustausch mit bindigkeitsarmen, gut abgestuften und verdichtungsfähigen 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 darunterliegenden Boden aufweicht. Auf UK Austauschkörper ist daher eine Dränage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

6.3.2 Tragschicht

Bei Straßen der Belastungsklasse Bk 0,3 ist auf der ungebundenen Tragschicht nach RStO (Tafel 1, Zeile 3) bzw. ZTV-SoB 09 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.

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.

6.4 Gebäude

6.4.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellerten Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m z.T. in den halbfesten bis festen Tonen und z.T. in den Festgesteinen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellerten Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK z.T. in den steifen bis halbfesten Tonen liegen.

Allgemein ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. D. h. eine Gründung z. T. auf den Festgesteinen und z. T. auf den Tonen ist nicht zulässig, da Setzungsdifferenzen zu erwarten sind, die zu Bauwerksschäden führen 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 4: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton (steif bis halbfest)	280	200
Festgestein mind. sehr mürb	560	400

Voraussetzung ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente > 1,00 m unter GOK ist zu achten. Wir empfehlen jedoch, aufgrund der Gefahr der Austrocknung die Einbindetiefe mit min. 1,20 m zu wählen.

Alternativ können die Gebäude auch über eine Bodenplatte mit lastverteilernder Tragschicht gegründet werden. Nach Vorliegen der Lasten kann für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodul-Verfahren ein Bettungsmodul berechnet werden. Die aus der FE-Berechnung mit dem dann errechneten Bettungsmodul resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen. Die Stärke der Tragschicht ist im Zuge der Setzungsberechnung zu dimensionieren.

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.

6.4.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Unbelastete Baugrubenböschungen dürfen gemäß DIN 4124 im Allgemeinen oberhalb des Grundwassers bis zu einer Höhe von maximal 5,00 m in den mindestens steifen Tonen mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. In den Auffüllungen ist die Böschungsneigung mit $\beta \leq 45^\circ$ abzuflachen. Im Bereich der Festgesteine kann mit $\beta \leq 80^\circ$ geböscht 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.

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 Kunststoffolie abzuhängen. Die Kunststoffolie muss so angebracht werden, dass kein Niederschlagswasser unter die Folie gelangen und die Folie nicht vom Wind weggeklappt werden kann.

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

6.4.3 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 ist daher entlang der erdberührenden Außenwände gemäß DIN 4095 eine Dränage einzubauen. Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr, $\varnothing \geq 100$ mm, über dem eine Dränschicht ausgebildet wird (Hinterfüllung mit sandigem Kies oder Anbringen von Dränplatten bzw. Sickersteinen).

Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 3) einzulegen, um ein Einspülen von Feinteilen in die Dränage zu verhindern.

Die Dränage ist durch den Einbau von Spülschächten so auszubilden, dass sie gespült werden kann. Die Dränage ist an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen. Die Abdichtung ist dann nach DIN 18533 gemäß Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E herzustellen.

Ist die Ausbildung einer Dränage genehmigungsrechtlich, aus Platzgründen oder wegen der fehlenden Vorflut nicht machbar, ist eine wasserdichte Ausführung vorzusehen.

6.4.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen mindestens steifen Tone und die Festgesteine bis Steinkorngröße ($< 200 \text{ mm}$) 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 $D_{pr} \geq 100 \text{ \%}$ zu verdichten. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

6.5 Bodenverbesserung

Folgende Angaben gelten für die noch ausstehenden Sulfat-Untersuchungen. 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 5 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der sandigen Tone von im Mittel 1,75 t/m³ ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 5: 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.

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.

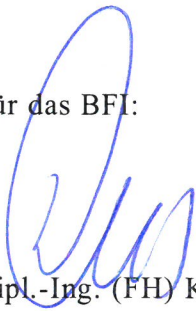
7. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

- die Zusendung der Ausführungspläne
- die 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

Für die Einzelbauvorhaben ist die Hinzuziehung des BFI zur Erkundung des Baugrundes und zur Gründungsberatung im Einzelfall, insbesondere oberhalb der Röhre des Fuchslabyrinthes, sind Voraussetzung für die Haftung.

Für das BFI:



Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

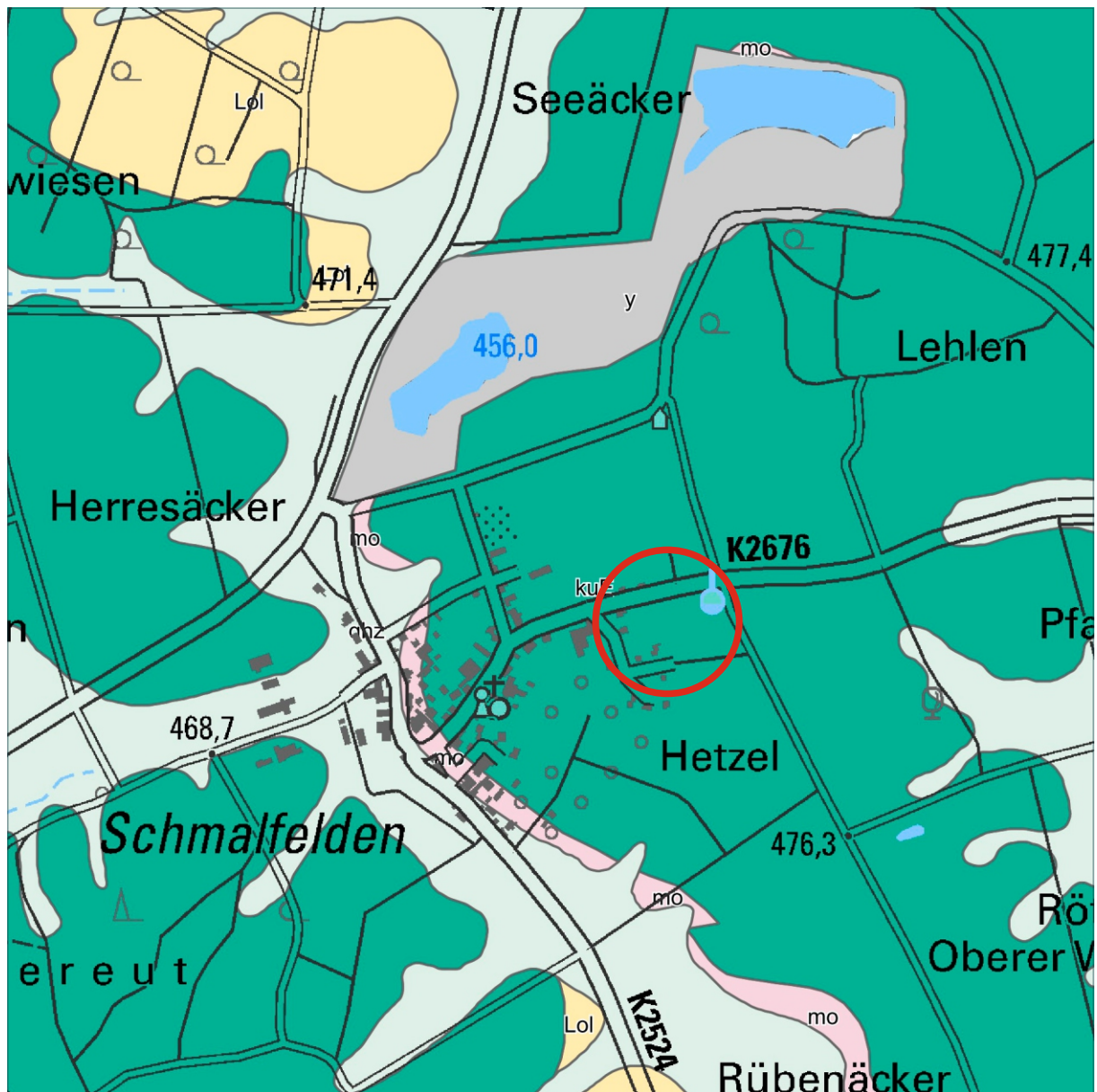
Sachbearbeiter:

gez. Messaadi

M. Sc. N. Messaadi

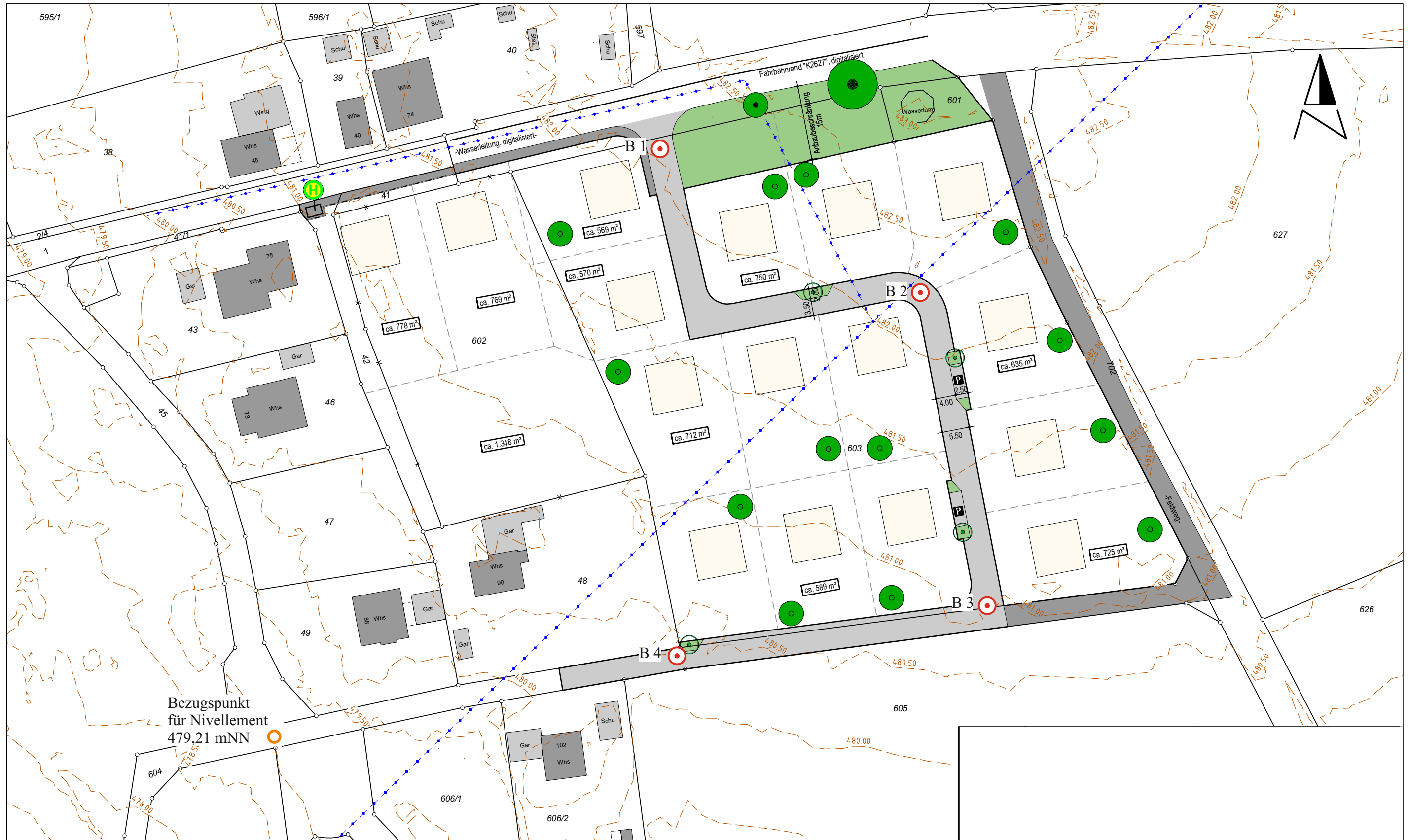
gez. Borota

Dipl.-Geol. S. Borota



- Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung) (qhY)
- Lösssediment (qLs)
- Verschwemmungssediment (qZ)
- Holozänes Auensediment (qhTa)
- Erfurt-Formation (Lettenkeuper) (kuE)
- Oberer Muschelkalk (mo)

BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 230228
		Anlage: 1.1
Projekt: Schrpzberg, Erschließung BG Schmalfelden „Fuchslabyrinth“		
Geologische Karte		Maßstab: 1 : 10.000
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Krailhausener Straße 15, 74573 Schrozberg		
Datum: 21.07.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm

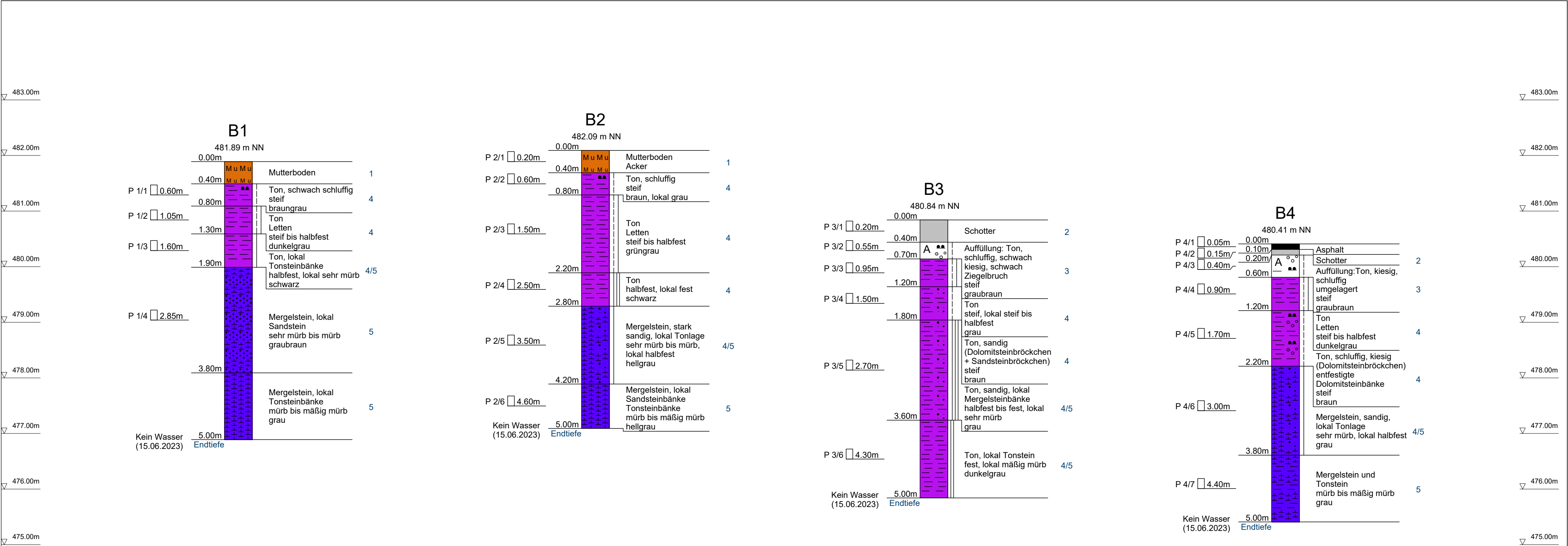


Legende:

- Bohrung
- Höhenfestpunkt für Nivellement



BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 230228
		Anlage: 1.2
Projekt: Schrozberg, Erschließung BG Schmalfelden „Fuchslabyrinth“		
Lageplan mit Lage der Bohrungen		Maßstab: 1 : 750
Auftraggeber: Stadt Schrozberg, Krailshausener Straße 15, 74573 Schrozberg		
Datum: 21.07.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm



Bezeichnung	Einheit	MP 1	BM-0 Ton	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
Probennummer		023053703						
Anzuwendende Klasse(n):		BM-0*						
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2013-01(Fraktion<2mm)								
Arsen (As)	mg/kg TS	14,8	20	20	40	40	40	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	16	100	140	140	140	140	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	1,5	1	2	2	2	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	39	100	120	120	120	120	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	29	60	80	80	80	80	320
Nickel (Ni)	mg/kg TS	73	70	100	100	100	100	350
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	< 0,2	1	1	2	2	2	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	35	200	300	300	300	300	1200
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)								
TOC	Ma.-% TS	0,6	1	1	5	5	5	5
EOX	mg/kg TS	< 1,0	1	1				
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		3	6	6	6	9	30
PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)								
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	mg/kg TS		0,05	0,1				
Physikalisch-chem. Kenngrößen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
pH-Wert		8,1			6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	136		350	350	500	500	2000
Anionen aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 201								
Sulfat (SO4)	mg/l	15	250	250	250	450	450	1000
Elemente aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
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	< 1		20	30	110	170	320
Nickel (Ni)	µg/l	< 1		20	30	30	150	280
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,1		0,1				
Thallium (Tl)	µg/l	< 0,2		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	µg/l			0,2	0,3	1,5	3,8	20
Summe Naphthalin + Methylnaphthaline	µg/l			2				
PCB aus dem 2:1-Schütteleluat nach DIN 19529: 2015-12								
Summe 7 PCB nach EBV: 2021	µg/l			0,01				

- 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.
- 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 Napthaline ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK16 bei BM 0 überschritten wird.
- Detaillierte Informationen zu den verwendeten Zuordnungswerten 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:230228
		Anlage: 3
Projekt: Schrozberg, Erschließung BG Schmalfelden „Fuchslabyrinth“		
Analysenergebnisse nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)		
Auftraggeber: Stadt Schrozberg Kraillshausener Straße 15, 74573 Schrozberg		
Datum: 21.07.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm