

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 Eschach
Rathausplatz 1
73569 Eschach

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen
kd-se-sb/ Az. 121288

Datum
20.05.2021

Eschach, Erschließung BG „Tann II“
hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber: Gemeinde Eschach
Rathausplatz 1
73569 Eschach

Planung: Ingenieurbüro Matthias Strobel
Kolpingstraße 8
73453 Abtsgmünd

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.....	5
3.1 Baugrundgeologische Situation	5
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Sickerversuch.....	8
3.5 Laborversuche.....	9
3.5.1 Natürlicher Wassergehalt	9
3.5.2 Zustandsgrenzen.....	10
3.5.3 Kornverteilung	11
3.6 Geotechnische Kategorie.....	12
3.7 Homogenbereiche	12
3.8 Frostempfindlichkeit	14
3.9 Bodenkennwerte.....	15
4. Orientierende chemische Untersuchungen	16
4.1 Untersuchung nach VwV	16
4.2 Sulfatanalyse.....	17
5. Erdbebenzone.....	18
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	19
6.1 Kanäle	19
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	19
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	19
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	20
6.2 Straßenbau.....	22
6.2.1 Planum	22
6.2.2 Tragschicht.....	23

6.3	Gebäude	23
6.3.1	Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	23
6.3.2	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	25
6.3.3	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	26
6.3.4	Arbeitsraumverfüllung	26
6.4	Regenrückhaltebecken	27
6.5	Bodenverbesserung.....	28
7.	Abnahme und Haftung	29

Anlagenteil

Anlage 1.1 Geologie

Anlage 1.2 Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 - B 9 M. 1 : 2500

Anlage 2.1: Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 bis B 6 M. 1 : 33

Anlage 2.2: Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 4, B 7 bis B 9 M. 1 : 33

Anlage 3: Zustandsgrenzen P 4/1

Anlage 4: Kornverteilung P 4/1

Anlage 5: Analyseergebnisse nach VwV

1. Planunterlagen

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

- Lageplan M. 1 : 1000 vom
08.01.2021

Die Pläne der Telekommunikation sowie der öffentlichen Leitungen (Gas, Wasser, Strom) wurden bauseits bereitgestellt.

2. Lage und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Eschach beabsichtigt die Erschließung des Baugebietes „Tann II“. Das Baugebiet liegt im Südwesten von Eschach und schließt unmittelbar an das bestehende Wohnbaugebiet an. Im Süden des Baugebietes ist ein Regenrückhaltebecken vorgesehen.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von ca. 496 mNN auf 493,50 mNN nach Südosten ein.

Nach Auskunft von Herrn Klink, Ingenieurbüro Matthias Strobel, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,0. Die Verlegetiefe der Kanäle ist zwischen ca. 2,00 m und 5,00 m unter GOK vorgesehen.

Das BFI wurde über das Ingenieurbüro Matthias Strobel von der Gemeinde Eschach mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung beauftragt.

3. Untergrund

3.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 11.05.2021 auftragsgemäß neun Bohrungen (B 1 – B 9) bis in Tiefen zwischen 2,50 m und 5,00 m unter Gelände abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 28.04.2021 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 03.05.2021 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf nahegelegene Kanaldeckel eingemessen, dessen Deckelhöhe mit 495,69 mNN angegeben ist.

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

Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes (s. auch Anlagen 2):

Der Mutterboden wurde in den Bohrungen mit einer Stärke zwischen 0,20 m und 0,40 m erkundet.

Unter dem Mutterboden stehen weiche bis steife und steife schluffige, lokal kiesige Tone an.

Die Tone werden ab einer Tiefe zwischen 2,20 m und 3,70 m unter GOK von einem mürben und harten Mergel-/ Kalkstein unterlagert. Lokal sind die Mergel- und Kalksteine zu Tonen entfestigt und zersetzt.

Zusammenfassend wurde OK der entfestigten und sehr mürben Mergel- und Kalksteine in den Bohrungen in folgenden Tiefen angetroffen (s. Tabelle 1):

Tabelle 1: OK Mergel-/ Kalkstein, entfestigt bzw. sehr mürb

Bohrung B	Ansatzpunkt mNN	OK Mergel-/ Kalkstein	
		m unter GOK	mNN
1	495,93	-	-
2	495,08	3,40	491,68
3	494,95	3,70	491,25
4	494,93	3,00*	491,93*
5	494,82	2,20*	492,62*
6	494,64	2,20*	492,44*
7	493,88	2,30	491,58
8	493,50	-	-
9	-	2,50	-

* bindigen Schichten eingelagert

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den an der Basis der Bohrungen angetroffenen Mergel- und Kalksteinen um Schichtglieder der Obtususton-Formation des Schwarzen Jura. Die darüber lagernden Tone sind dessen quartäre Verwitterungsdeckschicht.

3.3 Wasserverhältnisse

In einigen Bohrungen wurden während der Arbeiten Wasserzutritte festgestellt. Die Niveaus der nach Abschluss der Bohrarbeiten in den offenen Bohrlöchern gemessenen Wasserstände sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Wasserstände nach Abschluss der Bohrarbeiten

Bohrung B	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserstand nach Abschluss der Bohrarbeiten am 11.05.2021	
		[m u. GOK]	[mNN]
1	495,93	-	-
2	495,08	2,50*	495,58*
3	494,95	-	-
4	494,93	4,00	490,93
5	494,82	-	-
6	494,64	-	-
7	493,88	2,20	491,68
8	493,50	1,80*	491,70*
9	-	1,80	-

*) nur Sickerwasserzutritt

- kein Wasser bis zur Endtiefe angetroffen

Bei dem Wasser handelt es sich um quartäres Grundwasser bzw. Schichtwasser. Beim Einschneiden in das Gelände muss in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen lokal und temporär auch mit höheren Grundwasserständen sowie 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 grundwasserführenden Schichten verfiltert sind, möglich.

3.4 Sickerversuch

Um die Versickerungsfähigkeit im Bereich des RRB im Untergrund beurteilen zu können wurde in der Bohrung B 9 ein Sickerversuch durchgeführt. Wir weisen darauf hin, dass bei der Bohrung Grundwasser bei 1,80 m unter GOK angetroffen wurde. Der Sickerversuch sollte nach Rücksprache mit dem Ingenieurbüro Strobel trotzdem ausgeführt werden. Bei einer Versickerung wird direkt ins Grundwasser versickert.

Dazu wurde die Absenkung des Wasserspiegels in regelmäßigen Abständen gemessen.

Anhand der Geometrie des Bohrlochs (F), des hydraulischen Gefälles (i) und der Absenkung ($W_A - W_B$) wurde der Durchlässigkeitsbeiwert nach einer Ableitung aus dem Gesetz von Darcy bestimmt. Danach errechnet sich der k_f -Wert wie folgt:

$$k_f = \frac{F \cdot (W_A - W_E)}{i \cdot \Delta t \cdot \left(F + \left(U \cdot \left(W_E + \frac{(W_A - W_E)}{2} \right) \right) \right)}$$

Der für den Zeitraum ab Wassersättigung des Bodens ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert ist in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3: Ergebnis Sickerversuch

Schluckversuch	Absenkung [m]	Zeit [s]	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]
SV 1	0,83	1200	$7,45 \times 10^{-6}$

Nach dem DWA Arbeitsblatt A 138, Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser, vom April 2005, liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich etwa zwischen k_f -Werten von $1,0 \times 10^{-3}$ bis $1,0 \times 10^{-6}$ m/s.

Bei geringeren k_f -Werten stauen Sickeranlagen zu lange ein, so dass anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone auftreten können, die Rückhalte- und Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen können.

Gemäß den Ergebnissen des Sickerversuchs liegt die Durchlässigkeit des Untergrundes bis 3,50 m Tiefe, also im Bereich der Tone und Mergelsteine, bei $7,75 \times 10^{-6}$ m/s.

Die Sickerfähigkeit des Bodens liegt somit in dem nach DWA Arbeitsblatt A 138 geeigneten k_f -Wert-Bereich. Die aufgeschlossenen Schichten sind daher für eine Versickerung geeignet jedoch werden nur geringe Wassermengen versickern. Zudem ist zu prüfen, ob direkt ins Grundwasser versickert werden darf.

Des Weiteren besteht die Gefahr, dass bei der geringen Durchlässigkeit die vorhandene Durchlässigkeit durch den Eintrag von Feinteilen noch weiter reduziert wird.

3.5 Laborversuche

3.5.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 20 gestörte Proben entnommen, von denen 7 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht wurden. Dabei wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 3: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
1/1	1	1,50	T,u,g (st)	22,45
3/1	3	1,50	T,u (st)	22,15
4/1	4	1,50	T (st)	21,65
6/2	6	1,00	T,u (st)	21,06
8/1	8	1,00	T,u* (st)	24,07
8/2	8	2,20	T,u,s' (w-st)	38,73
9/1	9	1,00	T,u (st)	24,56

3.5.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an der Probe P 4/1 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlage 3 sowie der Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Zustandsgrenzen

Probe	P 4/1
Wassergehalt w_N [%]	21,7
Fließgrenze w_L [%]	57,9
Ausrollgrenze w_P [%]	17,1
Plastizitätszahl I_P [%]	40,8
Konsistenzzahl I_C	0,887
Gruppensymbol	TA
Konsistenz	st

Für die Zustandsform des Tons ergab sich eine Konsistenzzahl I_C von 0,887. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Probe als „steif“ zu bezeichnen.

3.5.3 Kornverteilung

Die Tone wurden an der Probe P 4/1 auf ihre Kornverteilung nach DIN 18 123 untersucht. Die Gewichtsprozent der einzelnen Kornfraktionen sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Die Kornverteilungskurve mit weiteren Angaben ist in der Anlage 4 dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Siebanalyse

Probe P	Entnahmetiefe [m]	Korngröße (Gew.-%)			Gruppensymbol nach DIN 18196	Bodenart nach DIN 4022
		< 0,063 mm	> 0,063 bis < 2,0 mm	> 2,0 bis < 60,0 mm		
4/1	1,50	93,9	4,8	1,3	TA	T

3.6 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 für die Erschließung dabei folgende Einstufung:

Baugrund GK 1

Grundwasser: GK 2 (Wasserzutritte in Einschnitten möglich)

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

3.7 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 anstehenden Tone unter dem **Homogenbereich 2** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Mergel- und Kalksteine werden unter dem **Homogenbereich 3** erfasst.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 6 entnommen werden. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer ¹⁾ gekennzeichnet.

Wir weisen darauf hin, dass die Übergänge zwischen den Verwitterungsdecken und den unterlagernden Festgesteinen (Homogenbereiche 2 und 3) in Abhängigkeit vom Aufwitterungsgrad oft fließend sind und daher nicht scharf abgegrenzt werden können. Daher kann auch die Höhenlage der Festgesteine lokal schwanken.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 6: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3
Bezeichnung	Tone	Mergelstein/ Kalkstein
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TL, TM	-
Bodengruppe nach DIN 18915	4, 6, 8	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering – hoch < 5 % - 20 %	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	siehe Anlage 4	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	10 % – 50 % (21,06 % - 38,73 %) ¹⁾	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest 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 - 600 kN/m ²	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	0 – 15 kN/m ²	-

Homogenbereich	2	3
Bezeichnung	Tone	Mergelstein/ Kalkstein
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	nicht vorhanden $V_{GI} < 2 \%$	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	-	-
Dichte nach DIN 18125-2	1,50 g/cm ³ - 1,85 g/cm ³	2,30 g/cm ³ – 2,85 g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	Mergelstein, Kalkstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	bis 160 MN/m ²
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
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

3.8 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 Tone der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

3.9 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Tragschicht:

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

Anstehend:

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

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

Ton/ Mergelstein entfestigt, halbfest	cal γ	=	20	kN/m ³
	cal γ'	=	11	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	17	kN/m ²

Mergelstein, Kalkstein mäßig mürb, hart	cal γ	=	22	kN/m ³
	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	38	°
	cal c'	=	40	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. Orientierende chemische Untersuchungen

4.1 Untersuchung nach VwV

Die in den Bohrungen angetroffene Tone wurden auftragsgemäß an zwei Mischproben (MP 1 und MP 2) 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.

Die Analyseergebnisse sowie die Zusammensetzung der Mischprobe sind in Anlage 5 mit den Zuordnungswerten nach VwV Boden dargestellt.

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.

Danach weist das Material der **MP 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 gelten. Das Material kann daher außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten frei verwendet werden.

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

Im Falle einer **Entsorgung** kann das Material z. B. auf einer nach VwV Boden genehmigten Erddeponie (Z 0) abgelagert werden.

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

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

Außerhalb solcher Gebiete fällt das Material in die Qualitätsstufe **Z 2** und kann somit unter bestimmten Randbedingungen, die unter Ziff. 5.4 der VwV erläutert sind, außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten in technischen Bauwerken unter wasserundurchlässiger Deckschicht verwertet werden.

Im Falle einer **Entsorgung** kann das Material auf einer nach Deponieverordnung genehmigten Deponie entsorgt werden. Hierzu sind ergänzende Untersuchungen erforderlich.

4.2 Sulfatanalyse

Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken und Fahrbahnen führen können. Daher wurde die Probe P 4/2 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 7: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 4/2	Sulfatanalyse
Bodenart	Kst	nach ZTV E-StB 17 vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse
mg/kg	930	< 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.

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

Im Bereich des Bauvorhabens ist jedoch nicht mit erhöhten Sulfatgehalten zu rechnen.

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

Nach Auskunft von Herrn Klink, Ingenieurbüro Matthias Strobel, ist die Verlegetiefe der Kanäle zwischen ca. 2,00 m und 5,00 m unter GOK vorgesehen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen somit lokal in den steifen und weichen bis steifen Tonen und lokal bereits in den Mergel- und Kalksteinen liegen.

Das Rohraufager kann in den Festgesteinen, den mindestens steifen Tonen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Für den Fall, dass die Tone durch Niederschlagswasser aufweichen, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufager ein Bodenaustausch in einer Stärke von ca. 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen. Als Austausch-Material eignet sich ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm.

In Bereichen, in denen die Festgesteine auf Höhe des Rohraufagers abtaucht, sind diese auf einer Länge von 1,50 m abzutrepfen, 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 Kanalgräben

Wir schlagen vor, die Kanalgräben bis OK Fels z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Im Fels kann senkrecht geböscht werden. Lose Steine und Blockwerk sind aus der Böschung zu entfernen oder 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.

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 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. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 6.5 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 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.

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

Um beim Anschneiden von Wasserwegsamkeiten eine ständige Entwässerung durch die dränierende Wirkung längs der Kanalgrabenverfüllung bzw. der Leitungszone zu verhindern, sind in der Ausschreibung Querriegel aus Beton oder Ton vorzusehen, die bei Bedarf im Bereich der Leitungszone anzuordnen sind. Die Querriegel sind dann im Bereich der Schächte, sowie bei Bedarf auch innerhalb der wasserführenden Bereiche anzuordnen, wobei die Maßnahmen in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Rohrstatik auszuführen sind. Der genaue Abstand sowie die Lage der Querriegel sind im Zuge der Baumaßnahme in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten und den Wasserzutritten festzulegen. Vorab schlagen wir vor, von 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 Klink, Ingenieurbüro Matthias Strobel, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,0.

6.2.1 Planum

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

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen steife Tone an. Die auf Planum geforderten Verformungsmoduln $E_{v2} \geq 45$ MPa 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. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 6.5 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, vorgesehen 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.

6.2.2 Tragschicht

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

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

Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Mindestdicken 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 unterkellerter Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m in Abhängigkeit von der Lage des Bauvorhabens im Baugebiet lokal bereits in den Mergel- und Kalksteinen und lokal in den steifen und weichen bis steifen Tonen liegen.

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

Allgemein ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. D. h. eine Gründung z. T. auf den Mergel- und Kalksteinen 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 Sohldrücken σ_{zul} nach DIN 1054:2005-01 ausgegangen werden:

Tabelle 8: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton, schluffig min. steif	210	150
Ton/ Mergelstein entfestigt	350	250
Mergel-/ Kalkstein min. mürb	700	500

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.

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 Bereich der mindestens steifen Tone mit einer Böschungsneigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. In weichen Tonen ist die Böschungsneigung auf $\beta \leq 45^\circ$ abzuflachen. Im Bereich der Mergel- und Kalksteine 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.

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.

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

Sofern Dränagen nicht genehmigt werden oder keine rückstaufreie Vorflut zur Verfügung steht, ist eine wasserdichte und auftriebssichere Ausführung vorzusehen.

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen und beim Aushub anfallenden, mindestens steifen Tone sowie die Festgesteine bis Steinkorngröße (< 200 mm) 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 darauf zu achten, dass das Material gut kornabgestuft ist und hohlraumfrei verdichtet werden kann.

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 Regenrückhaltebecken

Die Bohrung B 9 wurden auftragsgemäß im Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens, im Süden des Erschließungsgebietes angelegt.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen stehen bis 2,50 m unter GOK weiche und steife Tone und dann mäßig mürbe Mergelsteine an.

Grundwasser wurde bei der Bohrung bei 1,80 m unter GOK angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch auch mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden.

Gemäß den Ergebnissen des Sickerversuchs liegt die Durchlässigkeit des Untergrundes bis 2,50 m Tiefe, also im Bereich der Tone und Mergelsteine, bei $7,75 \times 10^{-6}$ m/s.

Die Sickerfähigkeit des Bodens liegt somit in dem nach DWA Arbeitsblatt A 138 geeigneten k_f -Wert-Bereich. Die aufgeschlossenen Schichten sind daher für eine Versickerung geeignet jedoch werden nur geringe Wassermengen versickern. Des Weiteren besteht die Gefahr, dass bei der geringen Durchlässigkeit die vorhandene Durchlässigkeit durch den Eintrag von Feinteilen noch weiter reduziert wird.

In Abhängigkeit der Tiefe wird Grundwasser im Becken stehen. Das Retentionsvolumen ist daher begrenzt. Zudem wird ohne Abdichtung direkt in das Grundwasser versickert. Bei Anordnung einer Abdichtung kann diese bei leerem Becken ggf. unter Auftrieb geraten. Wir schlagen vor zu prüfen, ob Grundwasser über Dränagen unterhalb einer Sohlabdichtung abgeleitet werden kann.

Soll das Regenrückhaltebecken als dichtes Becken ausgeführt werden, so empfehlen wir, im Bereich des Beckens eine Grundwassermessstelle einzurichten, um den Ruhewasserspiegel sowie die Grundwasserganglinie messen und bei der weiteren Planung berücksichtigen zu können.

6.5 Bodenverbesserung

Ausgehend von den Laborversuchsergebnissen kann in der Ausschreibung von den in Tabelle 9 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der Tone von im Mittel $1,75 \text{ t/m}^3$ ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 9: Bindemittelmengen

Bereich	Menge [%]	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. 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.

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

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

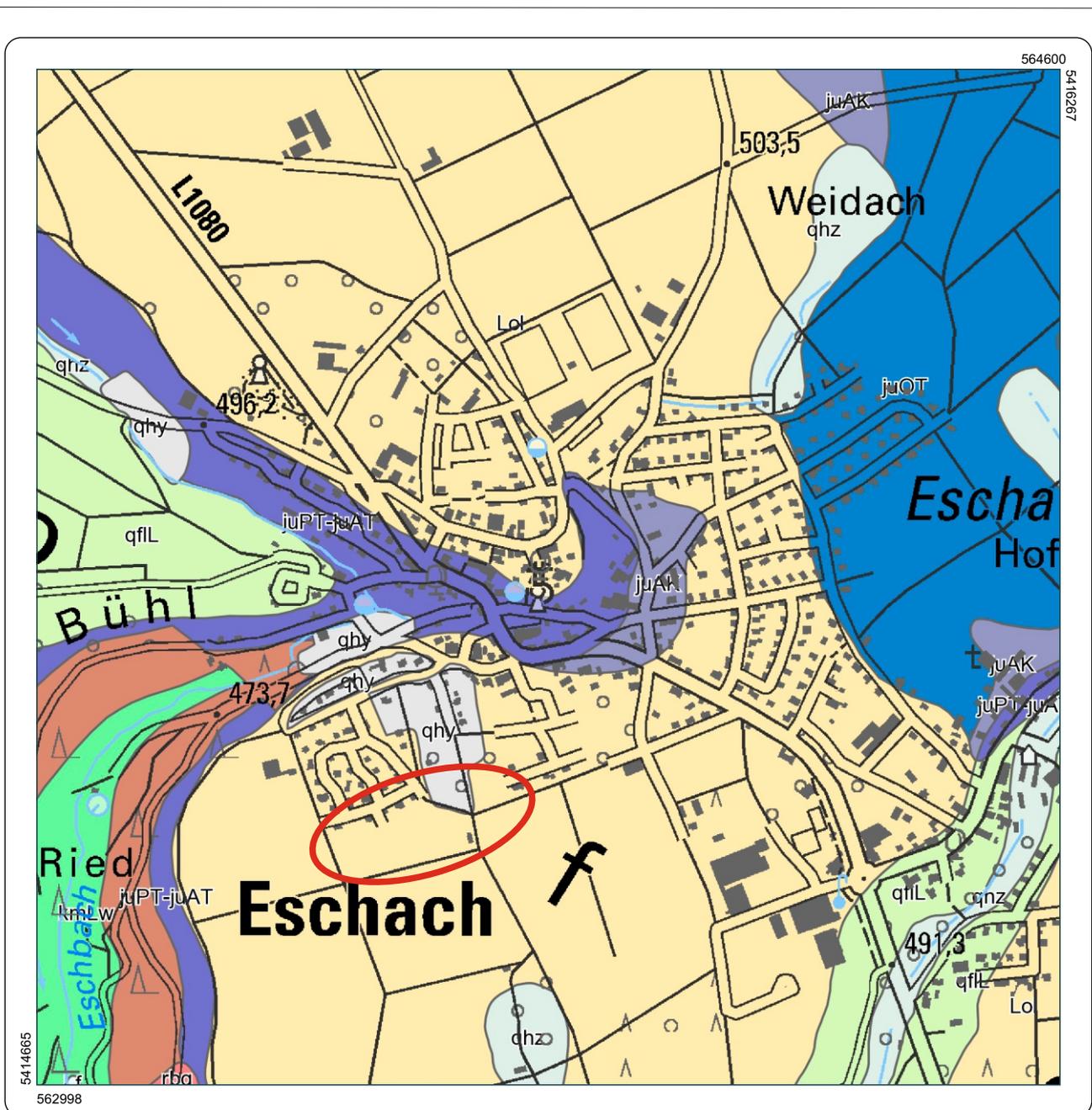
Sachbearbeiter:



B.Eng. S. Eiberger

gez. Baumann

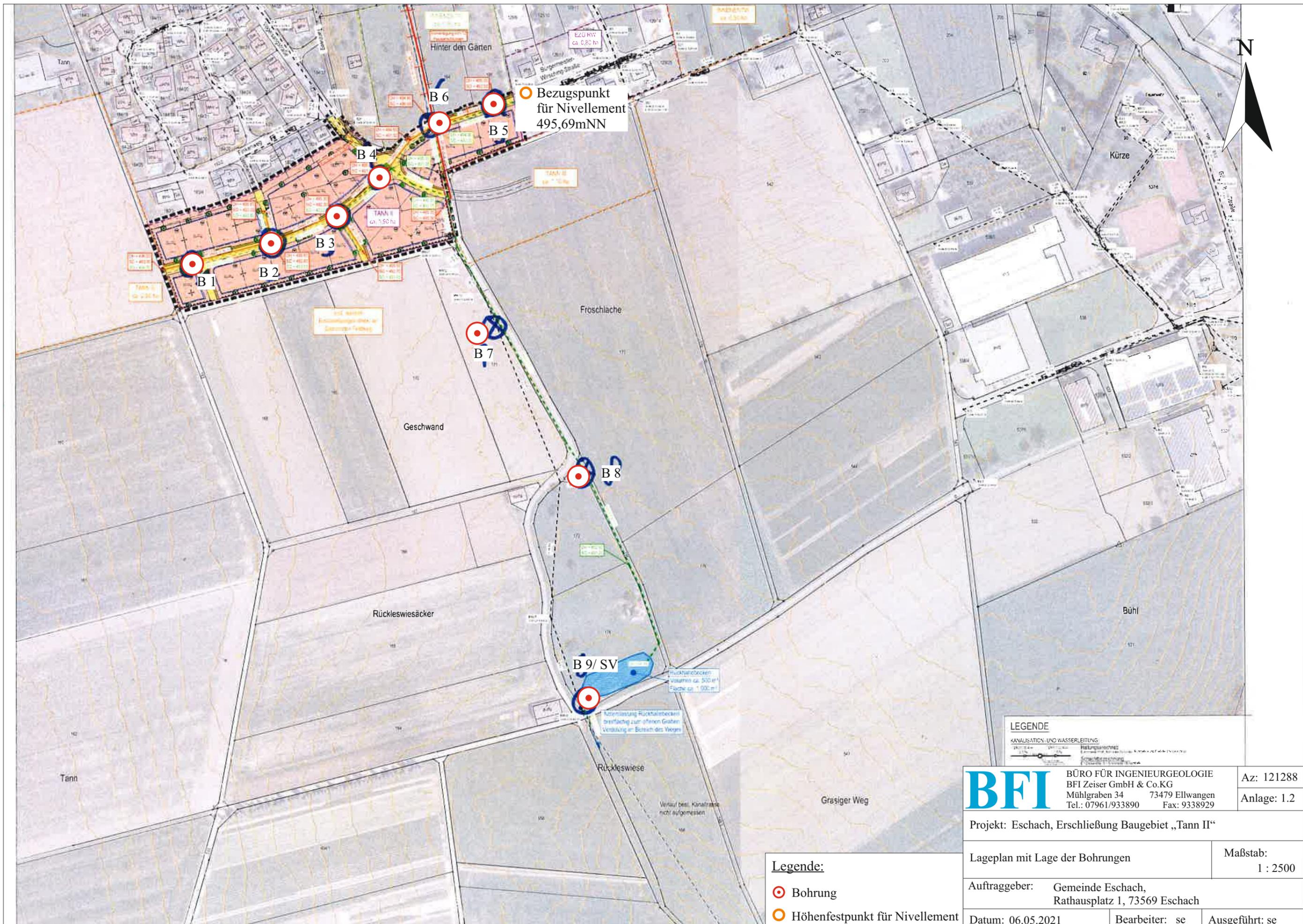
Dipl. Umweltwiss. S. Baumann



GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

- Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung) (qhy)
- Lössführende Fließerde (qfL)
- Rutschungsbildung (rbg)
- Lösslehm (Lo)
- Holozäne Abschwemmassen (qhz)
- Auenlehm (Lf)
- Obtususton-Formation (juOT)
- Arietenkalk-Formation (juAK)
- Ppsilonotenton- und Angulatenton-Formation (juPT-juAT)
- Trossingen-Formation (Knollenmergel) (kmTr)
- Löwenstein-Formation (Stubensandsteine) (kmLw)

BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 121288
		Anlage: 1.1
Projekt: Eschach, Erschließung Baugebiet „Tann II“		
Geologische Karte	Maßstab: 1 : 10.000	
Auftraggeber: Gemeinde Eschach, Rathausplatz 1, 73569 Eschach		
Datum: 06.05.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se



Bezugspunkt für Nivellement
495,69mNN

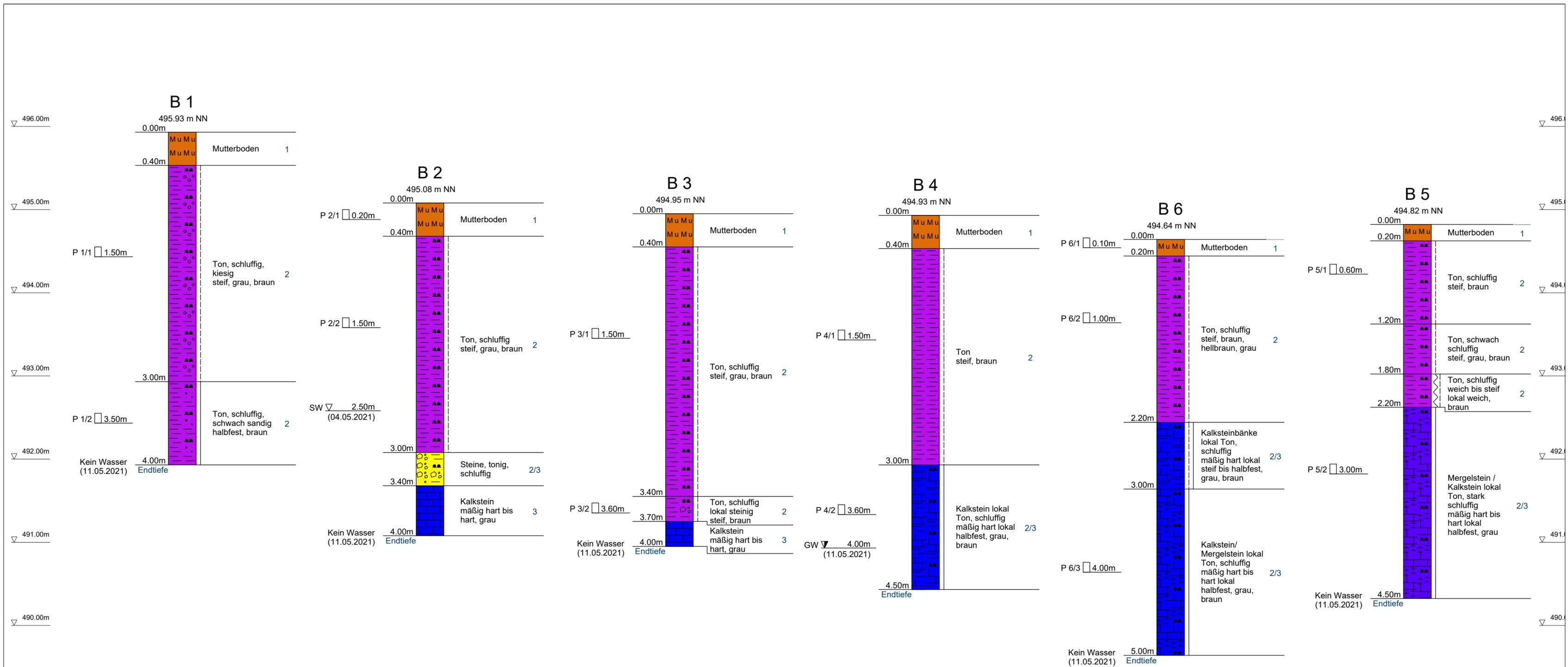
LEGENDE

KANALISATION- UND WASSERLEITUNG
 Maßstab: 1:2500
 Datum: 06.05.2021

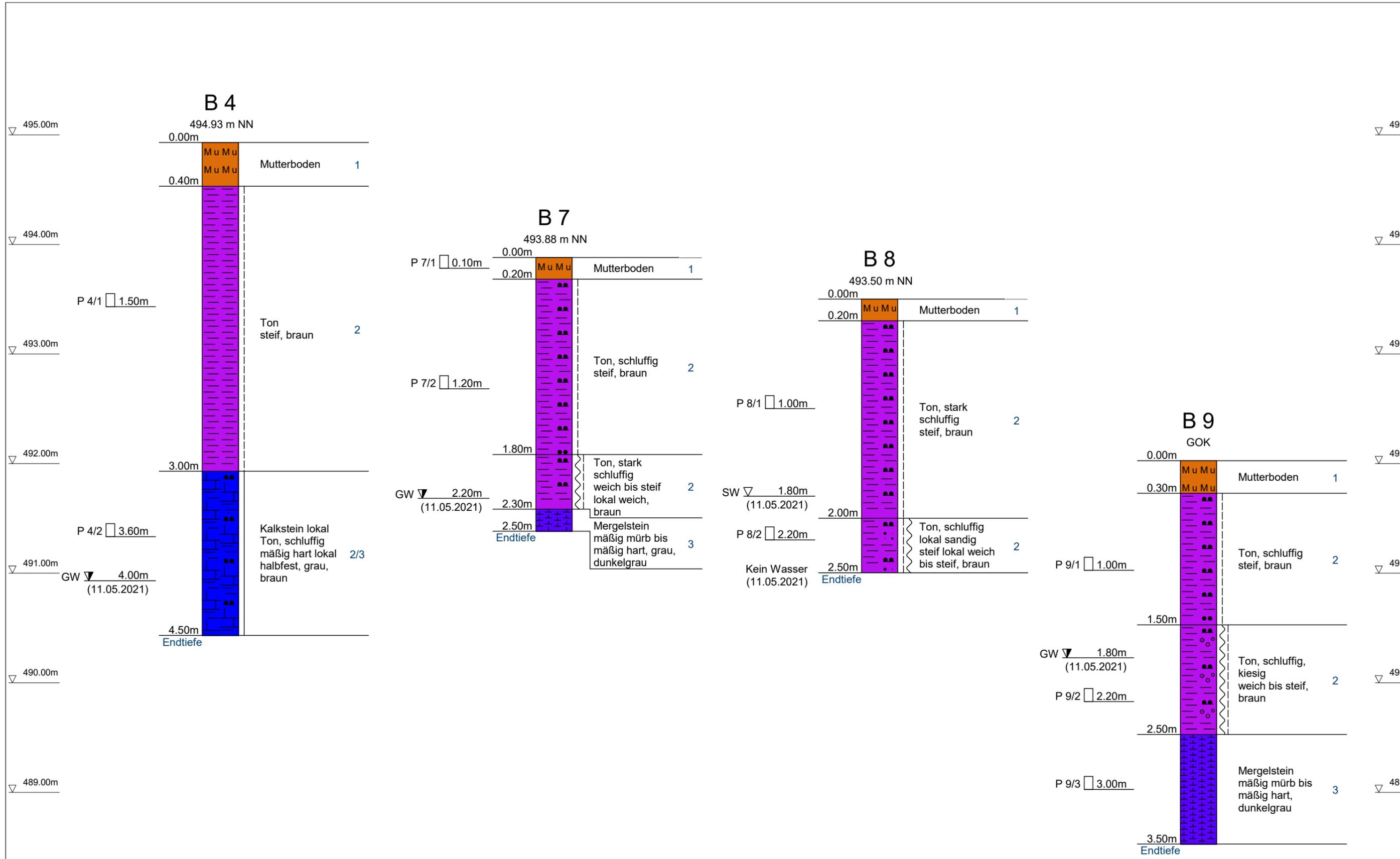
Legende:

- Bohrung
- Höhenfestpunkt für Nivellement

BFI BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 121288
	Anlage: 1.2
Projekt: Eschach, Erschließung Baugebiet „Tann II“	
Lageplan mit Lage der Bohrungen	Maßstab: 1 : 2500
Auftraggeber: Gemeinde Eschach, Rathausplatz 1, 73569 Eschach	
Datum: 06.05.2021	Bearbeiter: se Ausgeführt: se



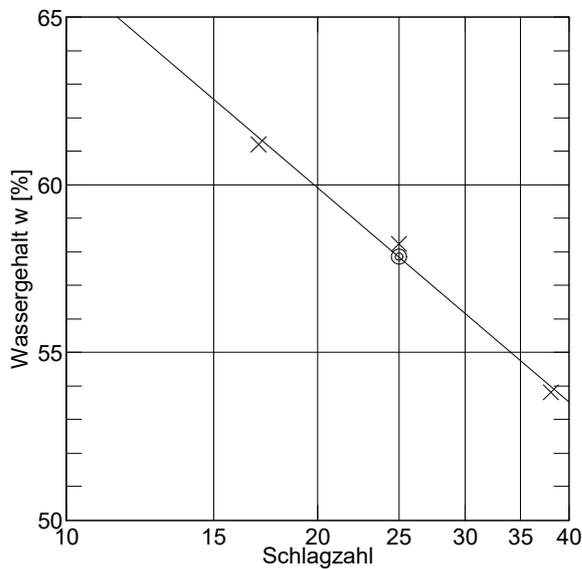
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de	Az:	121288
	Anlage:	2.1
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:33
	Datum:	20.05.2021
	aufgenommen:	11.05.2021, sb
Projekt: Eschach, Erschließung BG "Tann II"		



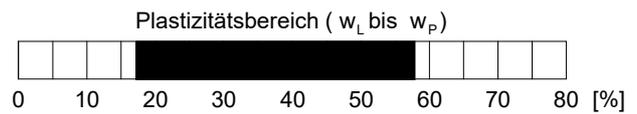
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de	Az:	121288
	Anlage:	2.2
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:33
	Datum:	20.05.2021
aufgenommen:		11.05.2021, sb
Projekt: Eschach, Erschließung BG "Tann II"		

BFI	Projekt : Eschach, Erschließung BG "Tann II"
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 121288
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 12.05.2021
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 4/1
	Entnahmestelle: B 4
	Entnahmetiefe: 1,50
Ausgef. durch : sb	Bodenart: T

	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	20	63	11		29	37		
Behälter-Nr.	20	63	11		29	37		
Zahl der Schläge	38	25	17					
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	125.40	134.70	132.30		121.10	123.60		
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	114.80	120.20	118.10		117.70	119.20		
Behälter m_B [g]	95.10	95.30	94.90		95.40	96.10		
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.60	14.50	14.20		3.40	4.40		
Trockene Probe m_t [g]	19.70	24.90	23.20		22.30	23.10	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	53.8	58.2	61.2		15.2	19.0	17.1	



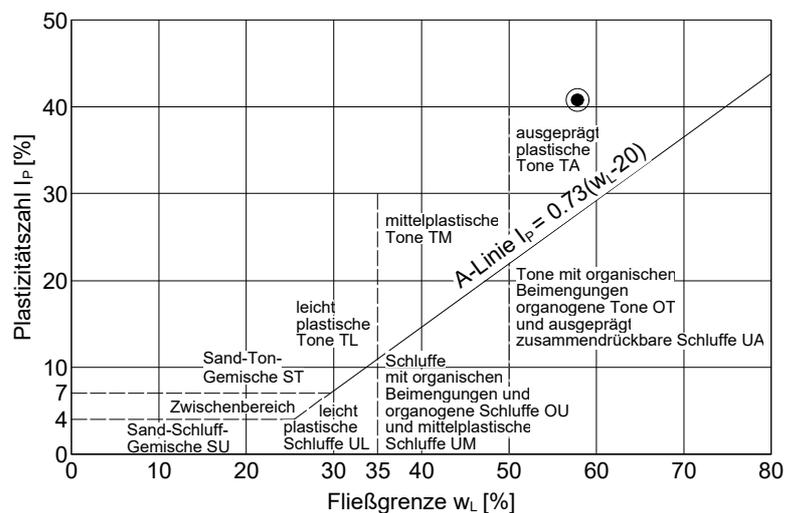
Wassergehalt $w_N = 21.7\%$
 Fließgrenze $w_L = 57.9\%$
 Ausrollgrenze $w_P = 17.1\%$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 40.8\%$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = 0.113$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 0.887$



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

Mühlgraben 34

73479 Ellwangen

Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

Kornverteilung

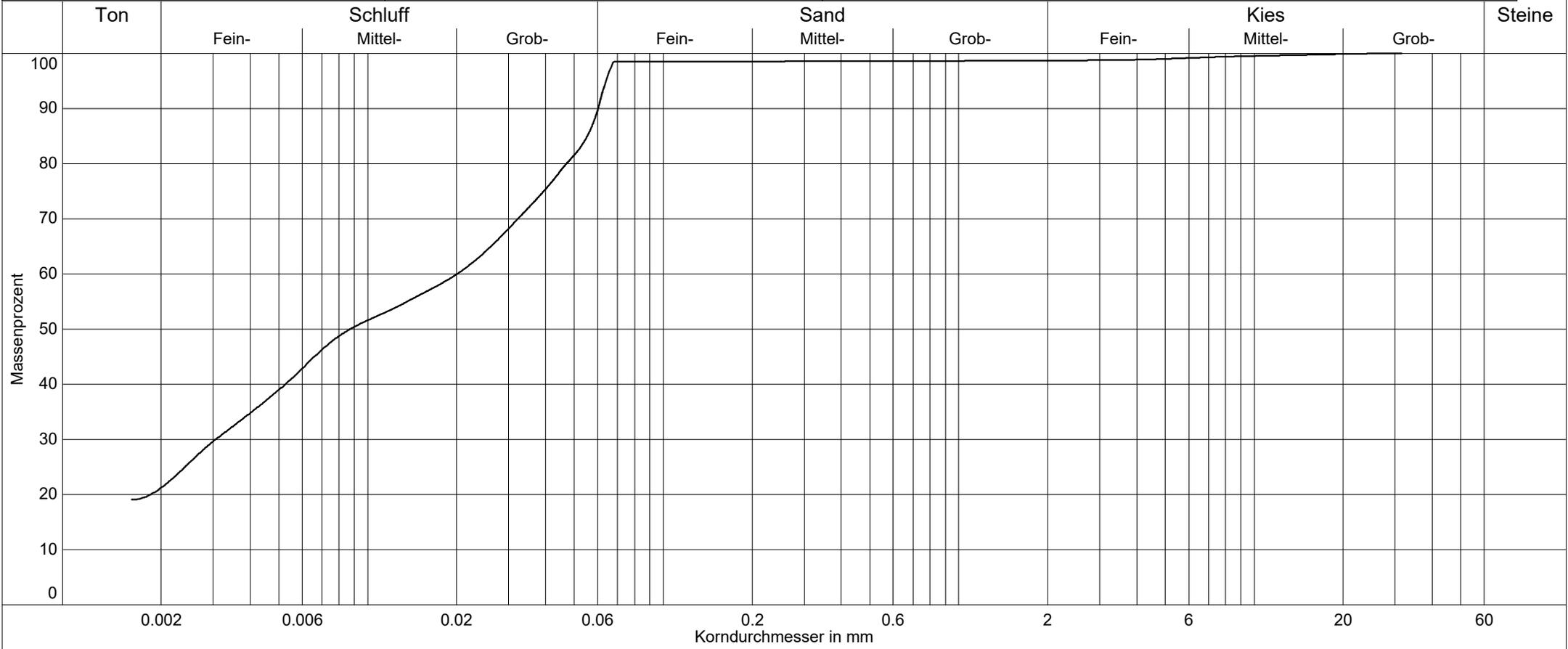
DIN 18 123-7

Projekt : Eschach, Erschließung BG "Tann II"

Projektnr.: 121288

Datum : 12.05.2021

Anlage : 4



Siebung	— P 4/1
Bodenart	T
Bodengruppe	TA
Anteil < 0.063 mm	93.9 %
Frostempfindl.klasse	F2
Kornfrakt. T/U/S/G/X	21.2/72.7/4.8/1.3 %
kf nach Kaubisch	-(0.063 >= 60%)

angewendete Vergleichstabelle: BFI: VwV Boden (29.12.2017)									
Bezeichnung	Einheit	MP 1	MP 2	Z0 Ton	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		21090905	021090906						
Anzuwendende Klasse(n):		Z0 (Ton)	Z2						
Anionen aus der Originalsubstanz									
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5				3	3	10
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 1									
Arsen (As)	mg/kg TS	16,5	82,2	20	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	28	48	100	100	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	0,5	1,5	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	60	361	100	100	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	19	25	60	60	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	37	91	70	70	100	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	1	1	1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,3	0,5	1	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	59	98	200	200	300	450	450	1500
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz									
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40			200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40	100	100	400	600	600	2000
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz									
Summe BTEX	mg/kg TS	(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.)	1	1	1	1	1	1
PAK aus der Originalsubstanz									
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	(n. b.)	(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.)	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus dem 10:1-Schüttel									
pH-Wert		6,2	8,0	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	16	58	250	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schüttelauat nach DIN EN 12457-4									
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	< 1,0	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	2,5	1,9	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gesamt	µg/l	< 5	< 5	5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schüttelauat nach DIN EN 12457-4									
Arsen (As)	µg/l	< 1	< 1		14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1		40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3		1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	1	1		12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	< 5		20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	< 1		15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,2		0,5	0,5	0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10		150	150	150	200	600
Organische Summenparameter aus dem 10:1-Schüttelauat									
Phenolindex, wasserdampfflüchtig	µg/l	< 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 Mischprobe:

Mischprobe	Bohrung	Probe
MP 1	B 1	P 1/1
	B 2	P 2/2
	B 3	P 3/1
	B 4	P 4/1
	B 5	P 5/1
	B 6	P 6/2
MP 2	B 7	P 7/2
	B 8	P 8/1
		P 8/2
	B 9	P 9/1
P 9/2		

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 121288 Anlage: 5
	Projekt: Eschach, Erschließung Baugebiet „Tann II“	
Analyseergebnisse nach VwV Boden		
Auftraggeber: Gemeinde Eschach, Rathausplatz 1, 73569 Eschach		
Datum: 19.05.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se