

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 Mutlangen
Hauptstraße 22
73557 Mutlangen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

kd-se-sb/ Az. 121645

15.11.2021

Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall Ost
hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber: Gemeinde Mutlangen
Hauptstraße 22
73557 Mutlangen

Planung: LK&P Ingenieure GbR
Uhlandstr. 39
73557 Mutlangen

Ingenieurgeologische
Untersuchung und Beratung: Büro für Ingenieurgeologie
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34
73479 Ellwangen

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Planunterlagen	4
2. Lage und Aufgabenstellung	4
3. Untergrund.....	5
3.1 Baugrundgeologische Situation	5
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Laborversuche.....	7
3.4.1 Natürlicher Wassergehalt	7
3.4.2 Zustandsgrenzen.....	8
3.5 Geotechnische Kategorie.....	9
3.6 Homogenbereiche	10
3.7 Frostempfindlichkeit	11
3.8 Bodenkennwerte.....	12
4. Orientierende chemische Untersuchungen	13
4.1 Untersuchung nach VwV Boden	13
4.2 Sulfatanalyse.....	14
4.3 Betonaggressivität des Grundwassers.....	15
5. Erdbebenzone	16
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	16
6.1 Kanäle	16
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	16
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	18
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung	19
6.2 Straßenbau.....	20
6.2.1 Planum	20
6.2.2 Tragschicht.....	21
6.3 Gebäude	21
6.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	21

6.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	23
6.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	23
6.3.4 Arbeitsraumverfüllung	24
6.4 Regenrückhaltebecken	25
6.5 Bodenverbesserung.....	26
7. Abnahme und Haftung	27

Anlagenteil

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 - B 10	M. 1 : 500
Anlage 2.1:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 – B 6	M. 1 : 50
Anlage 2.2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 7 – B 10	M. 1 : 50
Anlage 3.1:	Zustandsgrenzen P 4/1	
Anlage 3.2:	Zustandsgrenzen P 6/1	
Anlage 4.1:	Analyseergebnis nach VwV	
Anlage 4.2:	Analyseergebnis nach DIN 4030	

1. Planunterlagen

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

- Lageplan M. 1 : 500 vom 19.05.2021

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

2. Lage und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Mutlangen beabsichtigt die Erschließung des Gewerbegebietes Wasserstall Ost. Das Baugebiet liegt im Norden von Mutlangen, nördlich der Spraitbacher Straße.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 467,33 mNN auf 461,53 mNN nach Süden ein und wurde vormals landwirtschaftlich genutzt.

Nach Auskunft von Herrn Kalmus, LK&P Ingenieure GbR, sollen die geplanten Erschließungsstraßen in der Belastungsklasse Bk 3,2 nach RStO 12 ausgeführt werden.

Die Verlegetiefe der Kanäle ist zwischen 3,50 m und 4,00 m unter GOK vorgesehen.

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

3. Untergrund

3.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 22.10.2021 auftragsgemäß zehn Bohrungen (B 1 – B 10) bis in Tiefen von jeweils 4,00 m unter Gelände abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 01.10.2021 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 07.10.2021 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden über auf einen Kanaldeckel eingemessen, dessen Deckelhöhe mit 461,45 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 (siehe auch Anlage 2):

Die Stärke des Mutterbodens wurde mit ca. 0,20 m bzw. 0,30 m ermittelt. Unter dem Mutterboden stehen steife halbfeste, lokal weiche bis steife schluffige Tone an.

Lokal sind den Tonen Steine und Blöcke eingelagert.

Mit zunehmender Tiefe wurden lokal sehr mürbe und harte Ton-/ Mergel- und Kalksteine aufgeschlossen, denen Tone zwischengelagert sind.

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.

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den an der Basis der Bohrungen angetroffenen Ton-/ Mergel- und Kalksteinen um Schichten des Lias. Die darüber lagernden Tone sind dessen quartäre Verwitterungsdeckschicht und Lösslehme.

3.3 Wasserverhältnisse

In den Bohrungen wurden während der Arbeiten Wasserzutritte festgestellt. Die Niveaus der nach Abschluss der Bohrarbeiten in den offenen Bohrlöchern gemessenen Wasserstände sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Wasserstände nach Abschluss der Bohrarbeiten

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserstand nach Abschluss der Bohrarbeiten am 22.10.2021	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	462,69	-	-
B 2	464,88	-	-
B 3	466,58	2,20*	464,38*
B 4	463,23	2,90*	460,33*
B 5	465,46	-	-
B 6	467,33	-	-
B 7	464,66	-	-
B 8	463,06	2,50*	460,56*
B 9	461,63	1,50*	460,13*
B 10	461,53	2,50	459,03

*) nur Sickerwasserzutritt

- kein Wasser bis zur Endtiefe angetroffen

Bei dem Wasser handelt es sich um quartäres Grundwasser bzw. Schicht- und Sickerwasser. 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 Grundwasser führenden Schichten verfiltert sind, möglich.

3.4 Laborversuche

3.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 26 gestörte Proben entnommen, von denen 10 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	0,55	T,u' (hf-f)	24,85
2/1	2	0,55	T,u (hf)	24,65
3/1	3	0,65	T,u (hf-f)	19,96
4/1	4	0,85	T,u (st-hf)	22,56
5/1	5	1,20	T,u (st-hf)	28,08
6/1	6	1,25	T,u (st)	20,37
6/2	6	3,10	T,u,g (w-st)	27,66
7/1	7	1,80	T,u,g' (st)	18,94
8/1	8	0,95	T,u* (st-hf)	18,92
10/2	10	0,80	T,u*,s' (hf)	23,51

3.4.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an der Probe P 4/1 und P 6/1 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlage 3 sowie der Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Zustandsgrenzen

Probe	P 4/1	P 6/1
Bohrung	B 4	B 6
Entnahmetiefe [m]	0,85	1,25
Wassergehalt w_N [%]	22,6	20,4
Fließgrenze w_L [%]	56,3	40,2
Ausrollgrenze w_P [%]	23,0	17,6
Plastizitätszahl I_P [%]	33,3	22,6
Konsistenzzahl I_C	1,012	0,876
Gruppensymbol	TA	TM
Konsistenz	st-hf	st

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 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.

3.6 Homogenbereiche

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

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

Entsprechend der **DIN 18300 – Erdarbeiten** wurden die anstehenden Tone unter dem **Homogenbereich 2** zusammengefasst. Die aufgeschlossenen Blöcke, Ton-/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 4 entnommen werden. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer ¹⁾ gekennzeichnet.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3
Bezeichnung	Tone	Tonstein/ Kalkstein/ Mergelstein
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TL, TM	Y
Bodengruppe nach DIN 18915	4, 6, 8	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering < 5 %	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	10 % – 40 % (18,92 % - 28,08 %) ¹⁾	-

Homogenbereich	2	3
Bezeichnung	Tone	Tonstein/ Kalkstein/ Mergelstein
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 %	-
undrÄnirte 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	-
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	-	Tonstein, Kalkstein, Mergelstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	bis 120 MN/m ²
TrennflÄchen, DIN EN ISO 14689-1	-	sehr dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1	-	frisch – mÄÄig verwittert
VerÄnderlichkeit DIN EN ISO 14689-1	-	verÄnderlich
Homogenbereiche fÄr Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische BÄden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

¹⁾ durch Laborversuche belegt

3.7 Frostepfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 17 erfolgt die Klassifikation der Frostepfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostepfindlichkeitsklassen:

- F 1 nicht frostepfindlich
- F 2 gering- bis mittelfrostepfindlich
- F 3 sehr frostepfindlich

Nach dieser Einteilung sind die Tone der **Frostepfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung:

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 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, schluffig 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 halbfest, fest	cal γ	=	19	kN/m ³
	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	10	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

Ton-/ Mergel-/ Kalkstein sehr mürb, mürb	cal γ	=	22	kN/m ³
	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	°
	cal c'	=	25	kN/m ²

Ton-/ Mergel-/ Kalkstein	cal γ	=	22	kN/m ³
hart	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 Boden

Aus den anstehenden Tönen wurde eine Mischprobe MP 1 hergestellt, die 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 wurde.

Die Analyseergebnisse sowie die Zusammensetzung der Mischprobe sind in Anlage 4.1 mit den Zuordnungswerten nach VwV Boden dargestellt.

Bei der untersuchten Mischprobe MP 1 wurde ein erhöhter Arsen-Gehalt von 105 mg/kg 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.

Jedoch wären gemäß Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV für die Inanspruchnahme der Ausnahmeregelung die Vorlage repräsentativer Untersuchungsergebnisse des Bodenmaterials am vorgesehenen Aufbringungsort sowie in dessen Umfeld erforderlich.

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 wurden die Proben P 1/2, P 5/1 und P 10/2 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 5: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 1/2	P 5/1	P 10/2	Grenzwert
Bodenart	Ton	Ton	Ton	nach ZTV E-StB 17
Entnahmetiefe [m]	0,55	1,20	0,80	vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse
Sulfatgehalt [mg/kg]	150	150	320	< 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.

4.3 Betonaggressivität des Grundwassers

Aus der Bohrung B 10 wurde eine Wasserprobe (WP 1) entnommen und auf betonangreifende Bestandteile untersucht.

Nach den Ergebnissen der Analytik ist **das Wasser 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 4.2).

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 Kalmus, LK&P Ingenieure GbR, liegt die Verlegetiefe der Kanäle zwischen 3,50 m und 4,00 m unter GOK.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen lokal in den steifen und halbfesten Tonen und lokal in den Blöcken, Ton-/ Mergel- und Kalksteinen liegen.

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

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. 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 Leitungsräben bis OK Fels z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die oberflächennahen Auffüllungen beim Ausheben des Kanalgrabens sehr instabile Baugrubenwände bilden können. Im Fels kann senkrecht geböschet 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
- TRVV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTVE-StB 17 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

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

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 und Schluffe sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Bei zu hohen Sulfatgehalten ist eine Bodenverbesserung aufgrund von Quellhebungen nicht möglich. Erfahrungsgemäß ist in den Schichten des Lias jedoch nicht mit Sulfat zu rechnen. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ können die Kanalgräben auch mit gut verdichtungsfähigem, bindigkeitsarmem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % 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 Leitungsgräben die Angaben der Rohrhersteller zu beachten.

6.2 Straßenbau

Nach Auskunft von Herrn Kalmus, LK&P Ingenieure GbR, sollen die geplanten Erschließungsstraßen in der Belastungsklasse Bk 3,2 nach RStO 12 ausgeführt werden.

6.2.1 Planum

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 17 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ 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 und halbfeste 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. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.5 angegebenen überschlägigen 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 darunter liegenden 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 3,2 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 3,2 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 Festgesteinen und lokal in den steifen und halbfesten Tonen liegen.

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

Allgemein ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. D. h. eine Gründung z. T. auf den Tonsteinen 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 6: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohlrücken σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton, schluffig min. steif	210	150
Ton, schluffig min. halbfest	350	250
Ton-/ Mergelstein min sehr mürb	560	400
Ton-/ Mergel-/ Kalkstein min hart	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 in den mindestens steifen Tonen mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. In den Festgesteinen sind Böschungsneigungen von 70° zulässig sofern diese in tieferen Einschnitten hierzu eine ausreichende Gebirgsfestigkeit aufweisen.

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 nur bei Bohrung B 10 in 2,50 m unter GOK angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten und höheren Grundwasserständen gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

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

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

Werden Dränagen nicht genehmigt oder steht keine rückstaufreie Vorflut zu Verfügung, sind die Gebäude bis GOK wasserdicht und auftriebssicher herzustellen.

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

Im Norden des Baugebietes ist ein ca. 300 m langes und 15 m breites Regenrückhaltebecken geplant. Die Tiefe ist mit 1,50 m vorgesehen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen B 3 und B 6 stehen im Bereich der Beckensohle steife Tone an.

Grundwasser wurde bei der Bohrung nicht angetroffen. Erfahrungsgemäß muss beim Einschneiden ins Gelände jedoch mit Wasserzutritten gerechnet werden.

Wir empfehlen, die Böschungen im Einschnittsbereich mit 1:1,5 vorzusehen. Diese Neigungen sind erfahrungsgemäß ohne zusätzliche Maßnahmen und rechnerische Nachweise ausreichend. Bei Bedarf kann die Böschung über einen Standsicherheitsnachweis berechnet werden. Es besteht jedoch die Gefahr von Auswaschungen des erosionsanfälligen Bodens, wenn die Böschungen nicht begrünt werden.

Beim Einschneiden in das Gelände muss erfahrungsgemäß mit Wasserzutritten gerechnet werden, die in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen auch höher ansteigen können. Grundwasser wird dann 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 7 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 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

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 Staubeentwicklung 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.

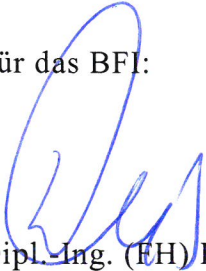
7. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

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

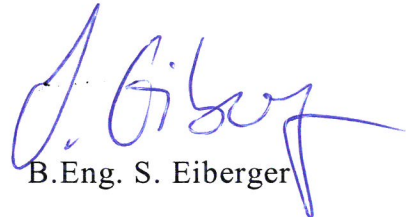
Für die Einzelbauvorhaben ist die Hinzuziehung des BFI zur Erkundung des Baugrundes und zur Gründungsberatung im Einzelfall Voraussetzung für die Haftung.

Für das BFI:



Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

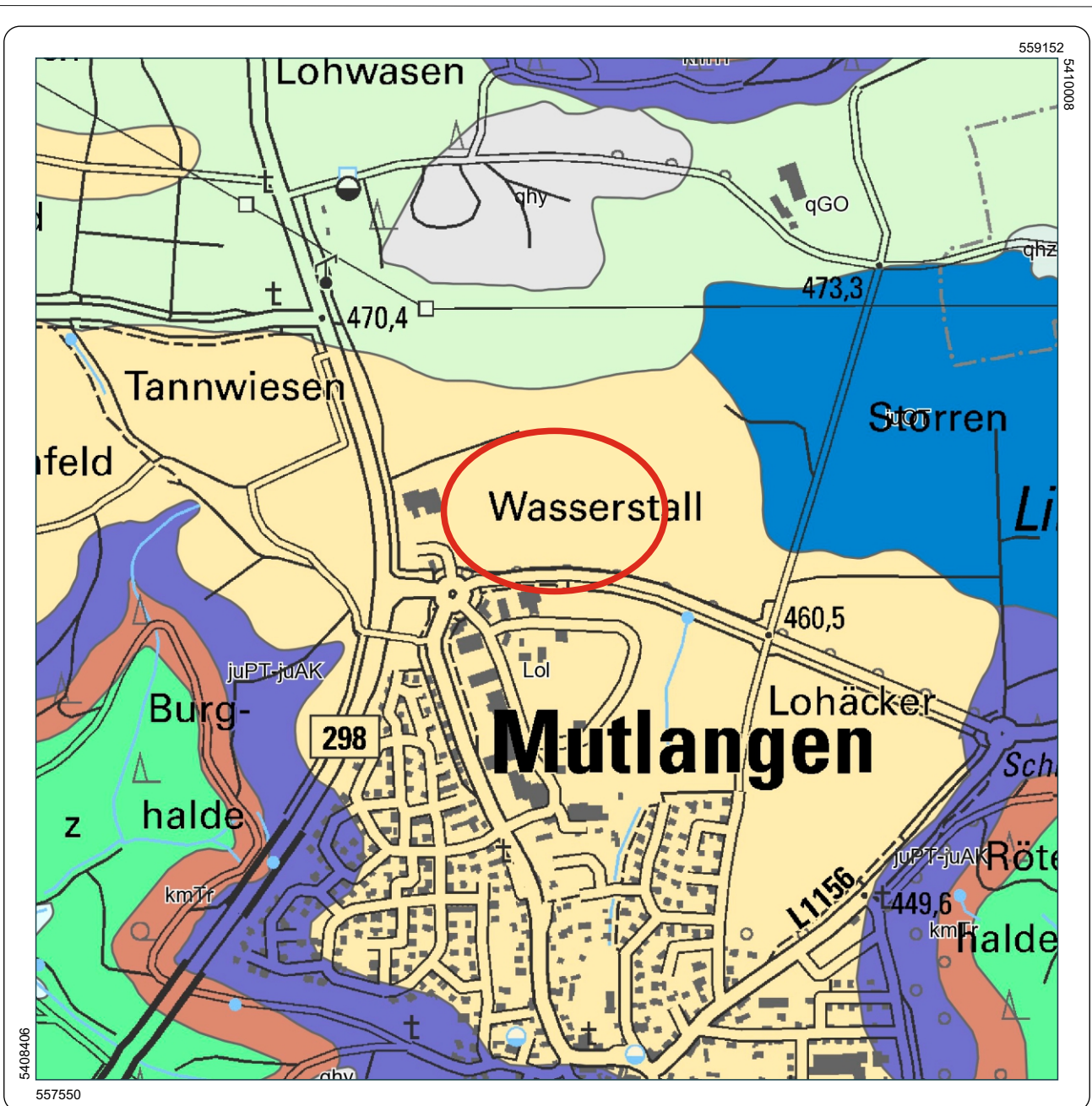
Sachbearbeiter:



B.Eng. S. Eiberger

gez. Baumann

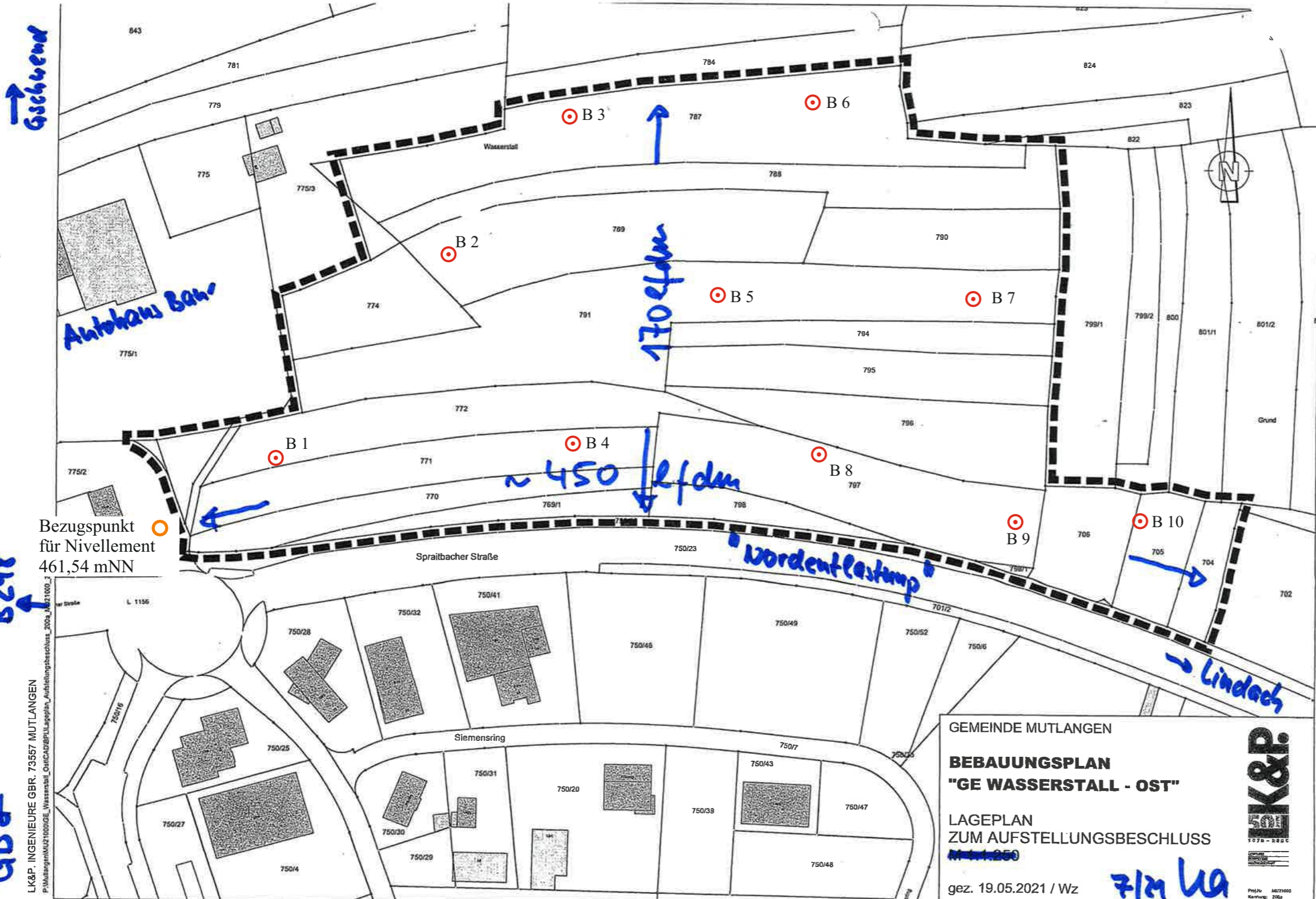
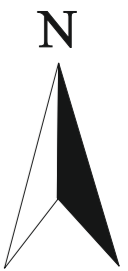
Dipl. Umweltwiss. S. Baumann



GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

- Anthropogene Ablagerungen (Aufschüttung, Auffüllung) (qhy)
- Lösslehm (Lol)
- Holozäne Abschwemmassen (qhz)
- Auenlehm (Lf)
- Goldshöfe-Sand (qGO)
- Obtususton-Formation (juOT)
- Psilonotenton-Formation, Angulatenton-Formation und Arietenkalk-Formation (juPT-juAK)
- 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: 121645
		Anlage: 1.1
Projekt: Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall-Ost		
Geologische Karte	Maßstab: 1 : 10.000	
Auftraggeber: Gemeinde Mutlangen Hauptstraße 22, 73557 Mutlangen		
Datum: 09.11.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se



Bezugspunkt für Nivellement
461,54 mNN

GEMEINDE MUTLANGEN
BEBAUUNGSPLAN
"GE WASSERSTALL - OST"

LAGEPLAN
ZUM AUFSTELLUNGSBESCHLUSS

gez. 19.05.2021 / Wz

7/12/14



Prof.Nr. 16121600
Kartung: 2016

Gschwend

B298

GDD

LK&P. INGENIEURE GBR, 73557 MUTLANGEN
P:\Mutlangen\MU21000\GE_Wasserstall_Ost\CAD\BPL\Ulagaplan_Aufstellungsbeschluss_2021_11_21\000_1

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

Az: 121645
Anlage: 1.2

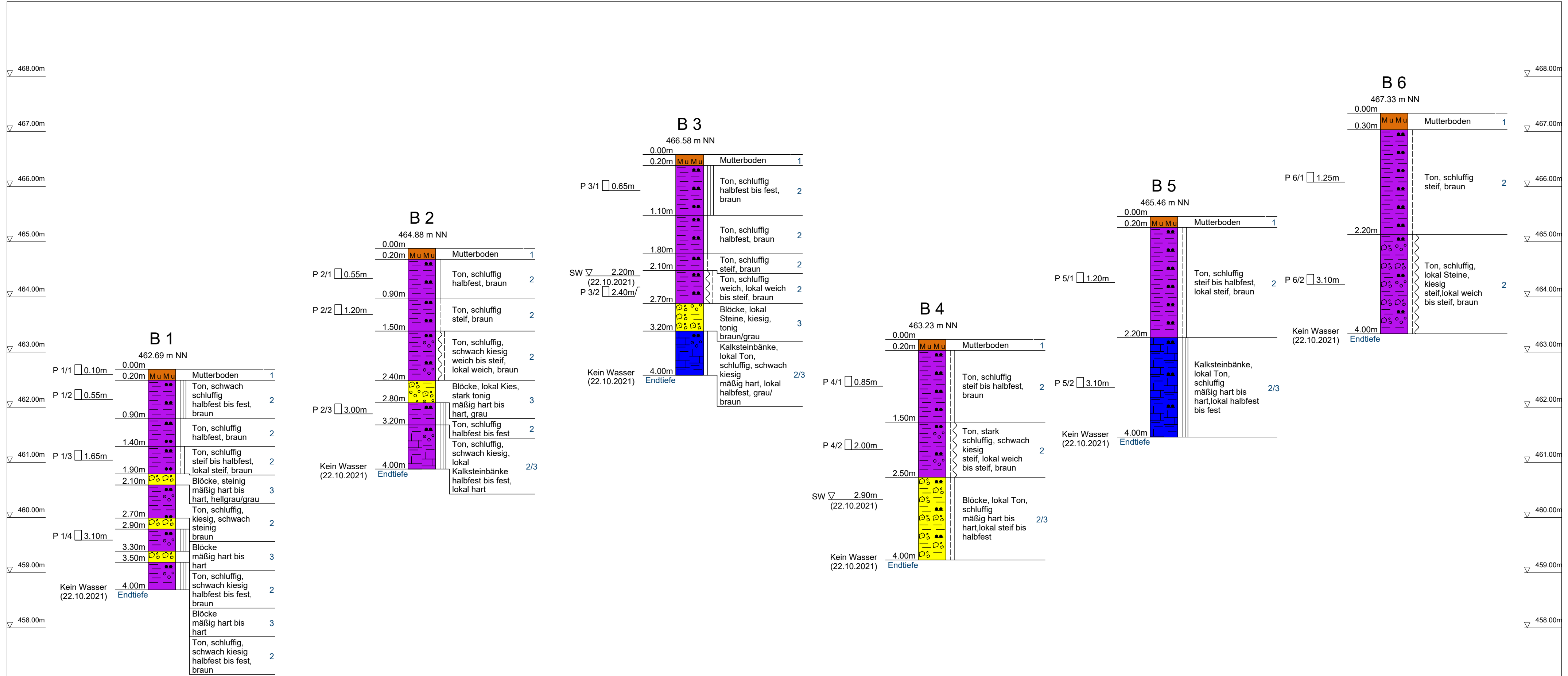
Projekt: Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall-Ost

Lageplan mit Lage der Bohrungen Maßstab:
1 : 500

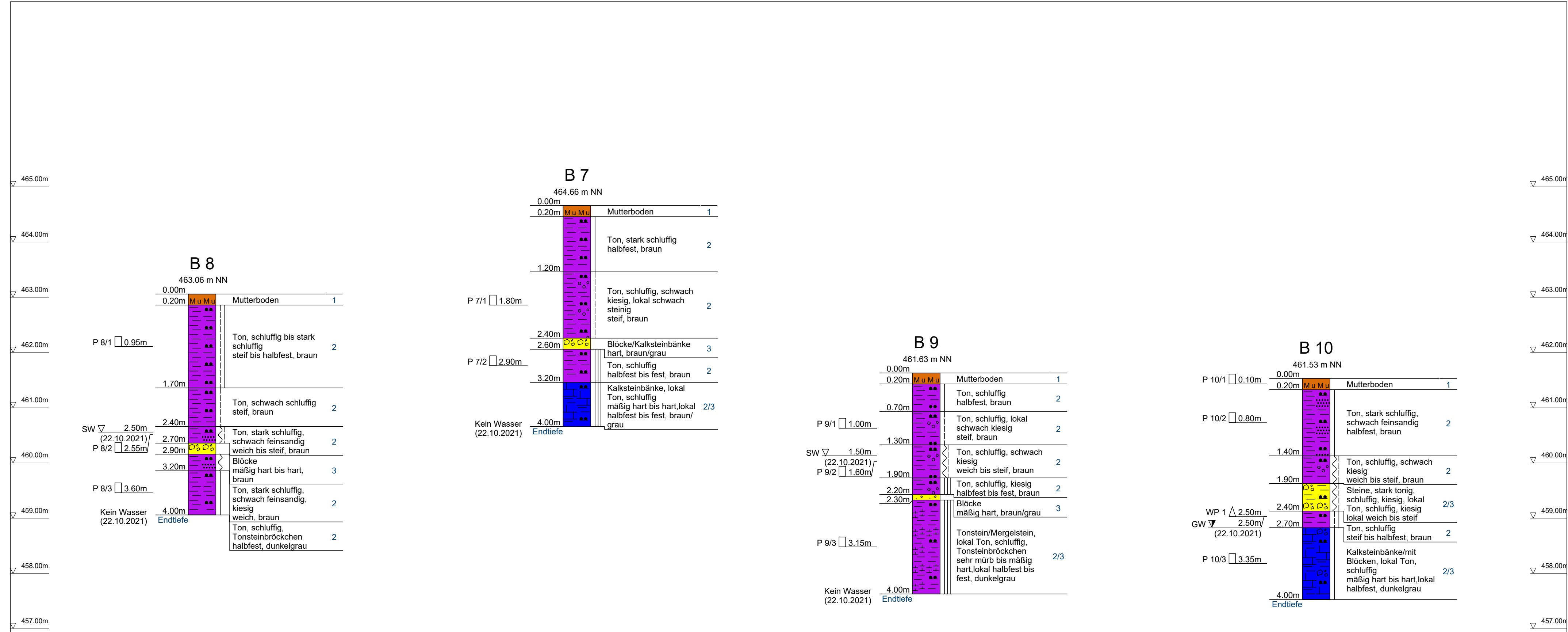
Auftraggeber: Gemeinde Mutlangen
Hauptstraße 22, 73557 Mutlangen

Datum: 09.11.2021 Bearbeiter: se Ausgeführt: se

- Legende:
- Bohrung
 - Höhenfestpunkt für Nivellement



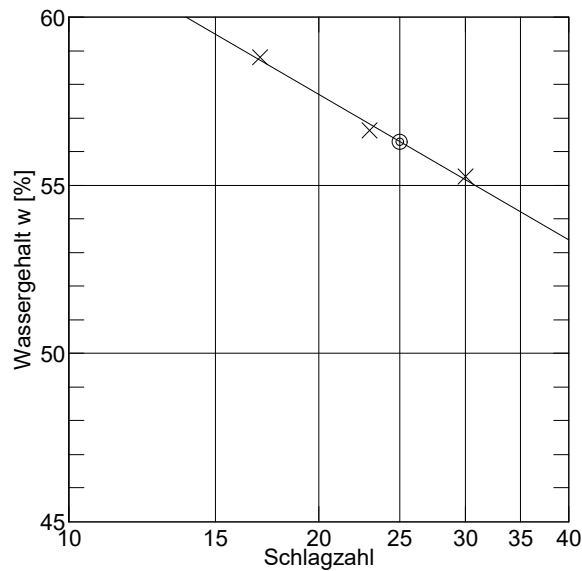
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de	Az:	121645
	Anlage:	2.1
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:50
	Datum:	15.11.2021
	aufgenommen:	22.10.2021, sb
Projekt: Mutlangen, Neuentw. GE Wasserstall - Ost		



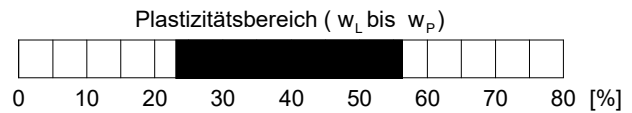
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	121645
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.2
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:50
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	15.11.2021
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	22.10.2021, sb
Projekt: Mutlangen, Neuentw. GE Wasserstall - Ost		

BFI	Projekt : Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall Ost
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 121645
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.1
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 03.11.2021
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 4/1
	Entnahmestelle: B 4
	Entnahmetiefe: 0,85 m
Ausgef. durch : sb	Bodenart: T,u

Behälter-Nr.	Fließgrenze			Ausrollgrenze		
Zahl der Schläge	30	23	17			
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	141.90	141.90	143.23	105.70	107.80	
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	124.60	124.80	125.00	103.30	105.40	
Behälter m_B [g]	93.30	94.60	94.00	92.30	95.50	
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	17.30	17.10	18.23	2.40	2.40	
Trockene Probe m_t [g]	31.30	30.20	31.00	11.00	9.90	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	55.3	56.6	58.8	21.8	24.2	23.0



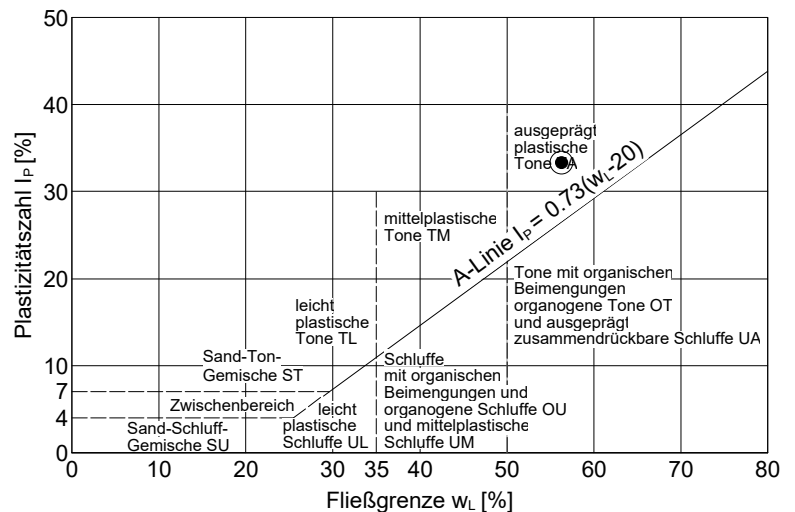
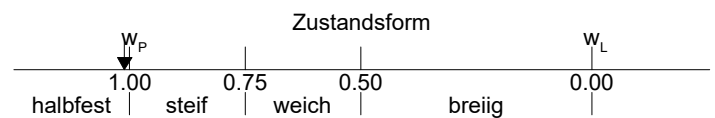
Wassergehalt $w_N = 22.6 \%$
 Fließgrenze $w_L = 56.3 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 23.0 \%$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 33.3 \%$

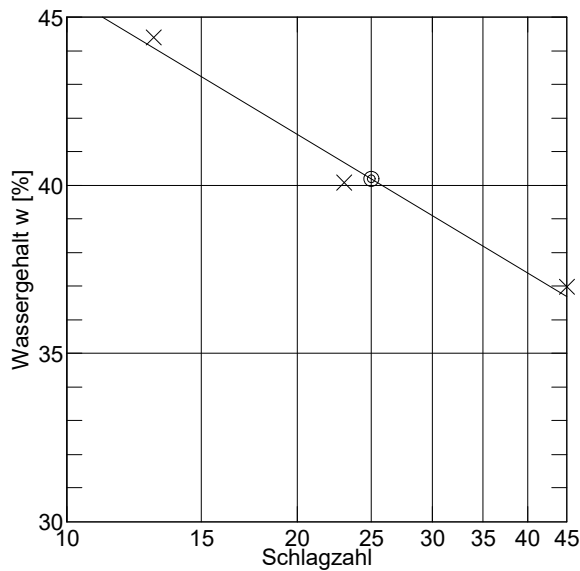
Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = -0.012$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 1.012$

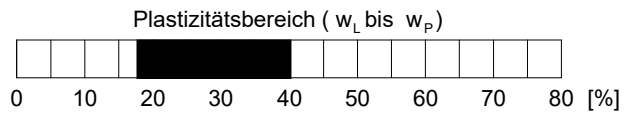


BFI	Projekt : Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall Ost
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 121645
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.2
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 03.11.2021
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 6/1
	Entnahmestelle: B 6
	Entnahmetiefe: 1,25 m
Ausgef. durch : sb	Bodenart: T,u

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
Zahl der Schläge	45	23	13					
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	129.00	130.30	126.30		108.60	109.60	
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	120.20	119.80	116.40		106.30	107.30	
Behälter	m_B [g]	96.40	93.60	94.10		93.20	94.30	
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	8.80	10.50	9.90		2.30	2.30	
Trockene Probe	m_t [g]	23.80	26.20	22.30		13.10	13.00	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[%]	37.0	40.1	44.4		17.6	17.7	17.6



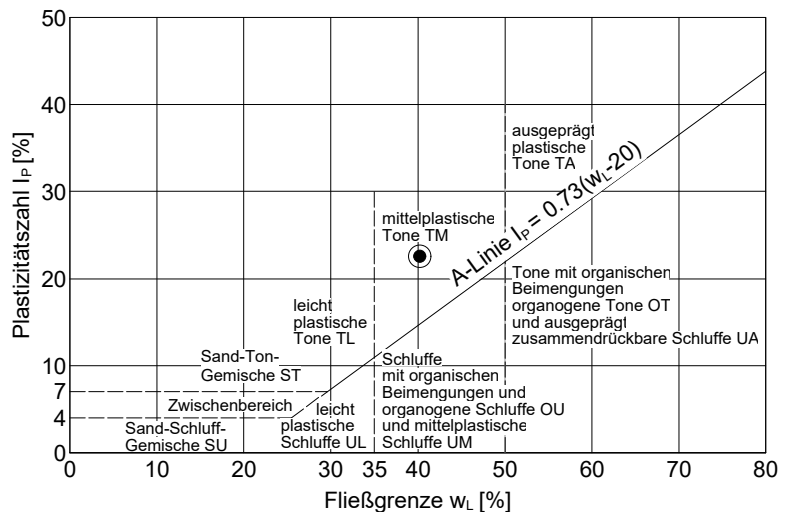
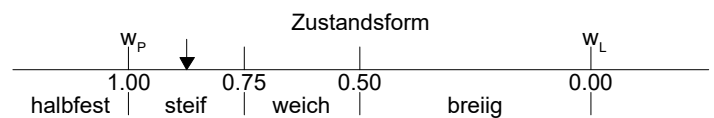
Wassergehalt $w_N = 20.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 40.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 17.6 \%$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 22.6 \%$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = 0.124$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 0.876$



angewendete Vergleichstabelle: BFI: VwV Boden (29.12.2017)

Bezeichnung	Einheit	MP 1	Z0 Ton	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		021214649						
Anzuwendende Klasse(n):		Z2						
Anionen aus der Originalsubstanz								
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5				3	3	10
Elemente aus dem Königswasseraufschluss n								
Arsen (As)	mg/kg TS	105	20	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	112	100	100	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,8	1,5	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	90	100	100	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	26	60	60	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	66	70	70	100	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,07	1	1	1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,5	1	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	167	200	200	300	450	450	1500
Organische Summenparameter aus der Origin								
EOX	mg/kg TS	< 1,0	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40			200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	100	100	400	600	600	2000
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe au								
Summe BTEX	mg/kg TS	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
LHKW aus der Originalsubstanz								
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
PAK aus der Originalsubstanz								
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	mg/kg TS	(n. b.)	3	3	3	3	9	30
PCB aus der Originalsubstanz								
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	mg/kg TS	0,02	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus dem								
pH-Wert		7,6	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	66	250	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN								
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	2,9	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gesamt	µg/l	< 5	5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schütteleluat nach Di								
Arsen (As)	µg/l	< 1		14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1		40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3		1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	< 1		12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5		20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1		15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2		0,5	0,5	0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10		150	150	150	200	600
Organische Summenparameter aus dem 10:1-								
Phenolindex, wasserdampfflüchtig	µg/l	< 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 1/2
		P 1/3
	B 2	P 2/1
		P 2/2
	B 3	P 3/1
	B 4	P 4/1
		P 4/2
	B 5	P 5/1
	B 6	P 6/1
	B 7	P 7/1
B 8	P 8/1	
B 9	P 9/1	
	P 9/2	
B 10	P 10/2	

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 121645 Anlage: 4.1
	Projekt: Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall-Ost	
Analyseergebnisse nach VwV Boden		
Auftraggeber: Gemeinde Mutlangen Hauptstraße 22, 73557 Mutlangen		
Datum: 15.11.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se

angewendete Vergleichstabelle: BFI: Betonaggressivität DIN 4030						
Bezeichnung	Einheit	WP 1	nicht angreifend	schwach angreifend (XA 1)	mäßig angreifend (XA 2)	stark angreifend (XA 3)
Probennummer		021215244				
Anzuwendende Klasse(n):		nicht angreifend				
Prüfungen auf Betonaggressivität von Wässern						
Färbung qualit.		farblos				
Trübung, qualitativ		ohne				
Geruch (qualitativ)		ohne				
Geruch, angesäuert (qualitativ)		ohne				
pH-Wert		7,2	> 6,5	> 5,5	> 4,5	> 4
Ammonium	mg/l	0,08	< 15	30	60	100
Sulfat (SO4)	mg/l	19	< 200	600	3000	6000
Chlorid (Cl)	mg/l	10	< 500			
Magnesium (Mg)	mg/l	5,81	< 300	1000	3000	
Kalkaggressives Kohlendioxid	mg/l	< 5,0	< 15	40	100	
Gesamthärte	mmol/l	4,01				
Hydrogencarbonathärte	mg CaO/l	190				
Nichtcarbonathärte	mg CaO/l	35				
Permanganat-Verbrauch [KMnO4]	mg KMnO4/l	2,8				
Sulfid, leicht freisetzbar	mg/l	< 0,04				

-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: 121645
		Anlage: 4.2
Projekt: Mutlangen, Neuentwicklung GE Wasserstall-Ost		
Analyseergebnisse nach DIN 4030		
Auftraggeber: Gemeinde Mutlangen Hauptstraße 22, 73557 Mutlangen		
Datum: 15.11.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se