



Baugrunduntersuchung
Altlastenerkundung
Standsicherheitsberechnungen
Bohrungen
Geothermie
Labor- und Feldversuche
Beweissicherung
Bauleitung
Mühlgraben 34
73479 ELLWANGEN
Telefon 0 79 61/9 33 89 0
Telefax 0 79 61/9 33 89 29
e-mail bfi@bfi-zeiser.de
Internet www.bfi-zeiser.de

Gemeinde Mögglingen
Zehnthof 1
73563 Mögglingen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

gz-sr-seb/ Az. 117063

22.08.2017

Mögglingen, Erschließung BG „Im Hardt“

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung – Teil A

Baugebiet

Auftraggeber:

Gemeinde Mögglingen
Zehnthof 1
73563 Mögglingen

Planung:

stadtlandingenieure GmbH
Wolfgangstr. 8
73479 Ellwangen

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 Geologische Situation.....	5
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Laborversuche.....	7
3.3.1 Natürlicher Wassergehalt	7
3.3.2 Konsistenzgrenzen	7
3.3.3 Kornverteilung	8
3.3.4 Sulfatanalyse	9
3.4 Geotechnische Kategorie.....	10
3.5 Homogenbereiche	10
3.6 Frostempfindlichkeit	12
3.7 Wasserverhältnisse	12
3.8 Bodenkennwerte.....	13
4. Chemische Untersuchungen.....	14
4.1 Untersuchungen des Bodens nach VwV Boden	14
4.2 Untersuchung des Asphalts auf teerhaltige Stoffe.....	15
5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen.....	16
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	17
6.1 Kanäle	17
6.1.1 Gründung des Rohrauflegers.....	17
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	17
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	19
6.2 Straßenbau.....	19
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	24
6.4.1	Allgemeine Angaben	24
6.4.2	Sickerversuch.....	25
6.5	Bodenverbesserung.....	26
7.	Abnahme und Haftung	28

Anlagenteil

Anlage 1:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 - B 16	M. 1 : 2.500
Anlage 2.1:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 2 – B 6	M. 1 : 100
Anlage 2.2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 7 – B 9 und B 11	M. 1 : 100
Anlage 2.3:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 und B 2	M. 1 : 100
Anlage 3.1:	Konsistenzgrenzen P 1/10	
Anlage 3.2:	Kornverteilung P 1/10	
Anlage 4.1:	Analyseergebnisse nach VwV	
Anlage 4.2:	Analyseergebnisse des Asphalts	

1. Planunterlagen

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

- | | | |
|-------------|------------|----------------|
| – Lageplan | M. 1 : 500 | vom 22.05.2017 |
| – Grundplan | M. 1 : 500 | vom 24.07.2017 |

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

2. Lage und Aufgabenstellung

Das Baugebiet „Im Hardt“ liegt im Norden von Mögglingen und schließt unmittelbar nördlich an den bereits erschlossenen Teil des Wohnbaugebietes an. Im Osten und Westen des Baugebietes ist jeweils ein neues Regenrückhaltebecken vorgesehen.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 452,54 mNN im Norden (B 7) auf 435,96 mNN im Süden (B 2) ein und wurde vormals landwirtschaftlich genutzt.

Nach Auskunft von Frau Bergdolt, stadtlandingenieure GmbH, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,0. Die Verlegetiefe der Kanäle ist bis ca. 4,50 m unter GOK vorgesehen.

Das BFI wurde von der Gemeinde Mögglingen beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung (Teil A) sowie für die Leitungsverlegung in der Schultheiß-Rieg-Straße (Teil B) durchzuführen.

Teil dieses Gutachtens ist der Teil A. Teil B wird in einem separaten Gutachten behandelt.

3. Untergrund

3.1 Geologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 10. und 12.07.2017 auftragsgemäß elf Bohrungen (B 1 – B 11) bis 5,00 m Tiefe unter Gelände im Bereich des Erschließungsgebietes und 5 Bohrungen (B 12 - B 16) bis 2,00 m unter GOK im Bereich der Schultheiß-Rieg-Straße abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 19.06.2017 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 07.07.2017 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf nahegelegene Kanaldeckel eingemessen.

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

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

Die Stärke des Mutterbodens wurde zwischen 0,10 m und 0,20 m ermittelt. Im Bereich der Bohrungen B 2 und B 11 wurde unter der 0,08 m bzw. 0,14 m starken Asphalttragschicht eine 0,26 m bzw. 0,62 m starke Schottertragschicht durchteuft.

In der Bohrung B 2 wurde bis 2,30 m unter GOK eine Auffüllung aus kiesigen Tonen mit Ziegelbruch erkundet.

Unter dem Mutterboden bzw. der Auffüllung stehen steife bis halbfeste und halbfeste Tone an.

Ab einer Tiefe von 0,10 m bzw. 3,00 m unter GOK wurden sehr mürbe und mürbe Ton-/ Tonmergelsteine und harte Kalksteine durchteuft.

Zusammenfassend wurde OK der mindestens sehr mürben Festgesteine in den Bohrungen in folgenden Tiefen angetroffen:

Tabelle 1: OK Festgestein

Bohrung B	Ansatzpunkt mNN	OK Festgestein	
		m unter GOK	mNN
1	437,57	0,70	446,87
2	435,96	2,30	433,66
3	444,27	0,80	443,47
4	442,83	1,00	441,83
5	450,74	0,60	450,14
6	447,93	0,10*	447,83*
		1,10	446,83
7	452,54	2,00	450,54
8	448,34	0,90	447,44
9	451,46	2,30	449,16
10	446,61	3,00	443,61
11	446,86	2,80	444,06

* von bindigen Schichten unterlagert

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den an der Basis der Bohrungen angetroffenen Ton-/ Tonmergel- und Kalksteinen um Schichtglieder des Amaltheenton bzw. Posidonienschiefer. Die darüber lagernden Tone sind dessen quartäre Verwitterungsdeckschicht.

Von den Posidonienschiefern ist bekannt, dass diese bei Feuchtigkeitsverlust an der Luft in dünne Schichten aufblättern. An den aufgeweiteten Schichtgrenzen können dann bei fortdauernd kapillar nachsteigender Bodenfeuchte durch weitere Verdunstung Gipskristalle wachsen, die durch den Kristallisationsdruck zu Baugrundhebungen bis zu 25 % führen können.

3.3 Laborversuche

3.3.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen B 1 bis B 11 wurden insgesamt 34 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.-%]
1/1	1	0,45	T (st-hf)	22,47
1/3	3	0,50	T (hf)	21,51
1/4	4	0,60	T (hf)	20,56
1/5	5	0,35	T (st-hf)	18,96
1/7	7	0,45	T (hf)	20,34
1/8	8	0,55	T (st-hf)	22,52
1/9	9	0,70	T (st-hf)	18,22
1/10	10	0,60	T,u (st)	33,46
2/10	10	1,50	T (st)	26,24
3/11	11	0,95	T (hf)	27,43

3.3.2 Konsistenzgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an der Probe P 1/10 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlage 3.1 sowie der Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3: Zustandsgrenzen

Probe	Aufschluss	Wassergehalt w_N [%]	Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]	Plastizitätszahl I_p [%]	Konsistenzzahl I_c	Gruppensymbol
1/10	10	34,46	56,6	29,2	27,4	0,843	TA

Für die Zustandsform des Tones ergab sich eine Konsistenzzahl I_c von 0,843. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Probe als steif zu bezeichnen.

3.3.3 Kornverteilung

Die Kiese wurden an der Probe P 1/10 auf ihre Kornverteilung nach DIN 18 123 untersucht. Die Gewichtsprozent der einzelnen Kornfraktionen sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Die Kornverteilungskurve mit weiteren Angaben ist in der Anlage 3.2 dargestellt.

Tabelle 4: 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		
1/10	0,60	98,8	1,2	0,0	TA	T,u

Aufgrund der hohen Bindigkeitsanteile bzw. der hohen Ungleichförmigkeitszahl lassen sich keine Durchlässigkeiten aus den Kornverteilungen ermitteln. Die Durchlässigkeitsbeiwerte werden aber erfahrungsgemäß unter 10^{-8} liegen. Nach der DIN 18130 ist die Durchlässigkeit damit als sehr schwach durchlässig zu bezeichnen.

3.3.4 Sulfatanalyse

Das Bauvorhaben liegt stratigraphisch in den Schichten des Posidonienschiefers. Hier sind erhöhte Sulfatgehalte zu erwarten. Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken und Fahrbahnen führen können. Daher wurde die Probe P 1/5 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 5: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 1/5	Sulfatanalyse
Bodenart	Ton	vorgeschlagener Grenzwert aus Veröffentlichung der 8. Erdbaufachtagung vom 10.02.2012 von Herrn Prof. Dr. Witt
Feststoffparameter		
mg/kg	374	< 3000

Diese Werte liegen unter dem in einer Veröffentlichung der 8. Erdbaufachtagung vom 10.02.2012 von Herrn Prof. Witt, Universität Weimar vorgeschlagenen Grenzwert von 3000 mg/kg, der als unkritisch für bodenstabilisierende Maßnahmen erachtet wird. Nach den Ergebnissen der Laborversuche ist eine Bodenverbesserung somit möglich.

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

In den Schichtgliedern der Posidonienschiefer ist jedoch mit erhöhten Sulfatgehalten zu rechnen.

3.4 Geotechnische Kategorie

Die bautechnischen Maßnahmen sind nach DIN 1054 in die Geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 oder GK 3 einzustufen. Maßgebend für die Einstufung ist dabei jenes Merkmal, das die höchste Geotechnische Kategorie ergibt. Für Baugrund und Grundwasser ergibt sich dabei folgende Einstufung:

Baugrund	GK 1
Grundwasser:	GK 1

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie 1. Aufgrund der Tiefe der Gräben $> 2,00$ m und $< 5,00$ m ist jedoch die Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2** erforderlich.

3.5 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 5) sind den in Anlage 2 dargestellten Bodenprofilen zu entnehmen. Sie sind am rechten Rand der Profile, hinter der Schichtbeschreibung dargestellt. Die Einteilung erfolgte auf Grundlage der Bodenansprache und der Laborversuche, wobei die Schichten entsprechend ihrer Eigenschaften zu Homogenbereichen zusammengefasst wurden.

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

Entsprechend der DIN 18300 – **Erdarbeiten** wurden die lokal angetroffenen Schotter dem **Homogenbereich 2** zugeordnet. Die aufgeschlossenen Auffüllungen aus Tonen wurden unter dem **Homogenbereich 3** zusammengefasst. Die anstehenden Tone wurden unter dem **Homogenbereich 4** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Ton-, Tonmergel- und Kalksteine werden unter dem **Homogenbereich 5** 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.

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

Tabelle 6: Homogenbereiche

Bezeichnung	Homogenbereich			
	2 (Tragschicht- schotter)	3 (Auffüllungen)	4 (Tone)	5 (Tonstein, Tonmergelstein, Kalkstein)
Bodengruppe nach DIN 18196	GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	TA, TL, TM	TA, TL, TM	-
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4	4, 6, 8	4, 6, 8	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	-	gering < 5 %	gering < 5 %	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 15 %	4 % – 40 %	4 % – 40 % (18,22 % - 33,46 %) ¹⁾	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	-	weich – halbfest Ic 0,5 –> 1,0 Ip 4% -> 20 %	weich – halbfest Ic 0,5 –> 1,0 Ip 4% -> 20 %	-
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	-	25 kN/m ² - 600 kN/m ²	25 kN/m ² - 600 kN/m ²	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	-	-	-	-
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	-	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht, I _D 35 – 85 %	-	-	-
Dichte nach DIN 18125-2	2,00 g/cm ³ - 2,50 g/cm ³	1,55 g/cm ³ – 1,85 g/cm ³	1,55 g/cm ³ – 1,85 g/cm ³	2,50 g/cm ³ – 2,85 g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	Tonstein, Tonmergelstein, Kalkstein

Bezeichnung	Homogenbereich			
	2 (Tragschicht- schotter)	3 (Auffüllungen)	4 (Tone)	5 (Tonstein, Tonmergelstein, Kalkstein)
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	-	-	sehr mürb bis hart bis < 120 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	bindige, nicht bindige oder organische Böden	bindige, nicht bindige oder organische Böden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

¹⁾ durch Laborversuche belegt

3.6 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 09 erfolgt die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostempfindlichkeitsklassen:

- F 1 nicht frostempfindlich
- F 2 gering- bis mittelfrostempfindlich
- F 3 sehr frostempfindlich

Nach dieser Einteilung sind die anstehenden und aufgefüllten Tone der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zuzuordnen.

Die lokal angetroffenen Schotter sind in Abhängigkeit von ihren Bindigkeitsanteilen den Frostempfindlichkeitsklassen F 1 und F 2 zuzuordnen.

3.7 Wasserverhältnisse

In den Bohrungen B 7 und B 11 wurden in 3,00 m bzw. 2,50 m unter GOK Schichtwasserzutritte festgestellt. Die restlichen Bohrungen waren bis Abschluss

der Bohrarbeiten trocken. In Abhängigkeit von jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch lokal und temporär mit Schicht- und Sickerwasserzutritten gerechnet werden.

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

3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung/ 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

Auffüllung:

Ton, kiesig steif, weich-steif	cal γ	=	19	kN/m ³
	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal φ'	=	25	° (Ersatzreibungswinkel)

Anstehend:

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	cal γ	=	19	kN/m ³
halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal φ'	=	25	°
	cal c'	=	7	kN/m ²
Ton-/ Tonmergelstein	cal γ	=	22	kN/m ³
sehr mürb, mürb	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal φ'	=	35	°
	cal c'	=	25	kN/m ²
Kalkstein	cal γ	=	23	kN/m ³
hart	cal γ'	=	14	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. Chemische Untersuchungen

4.1 Untersuchungen des Bodens nach VwV Boden

Die in den Bohrungen angetroffenen Tone wurden an eine Mischprobe MP 1 (aus P 1/10 und P 2/10) im Hinblick auf eine Verwertung nach dem Parameterumfang der "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial" (VwV Boden) analysiert.

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

Bei der untersuchten Mischprobe wurde ein erhöhter Nickelgehalt im Feststoff von 180 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.

Außerdem werden für die Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 der BBodSchV, die für das Aufbringen von Boden zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht gelten, für Nickel, Kupfer und Zink überschritten.

Damit ergeben sich folgende Konsequenzen für die Verwertung:

Da die festgestellten Schwermetallgehalte geogene Ursachen haben, also von Natur aus im Boden vorhanden sind, ist eine uneingeschränkte Verwertung außerhalb und innerhalb 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 außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten nach Kapitel 5.3 der VwV bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen verwendet werden. Innerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht im Sinne von § 12 BBodSchV, ist eine Verwertung nicht möglich.

Im Falle einer Entsorgung kann das Material z. B. auf einer nach VwV Boden genehmigten Erddeponie abgelagert werden, sofern diese Z 2-Material annehmen darf. Ansonsten ist eine Ablagerung auf einer nach Deponieverordnung genehmigten Deponie möglich. Dabei werden jedoch vom Deponiebetreiber weitere Analysen nach dem Parameterumfang der Deponieverordnung anhand Haufwerksbeprobungen nach LAGA PN 98 gefordert.

4.2 Untersuchung des Asphalts auf teerhaltige Stoffe

Die Proben P 1/2 und P 1/11 wurden auftragsgemäß laborchemisch auf PAK im Feststoff und Phenole im Eluat untersucht.

Die Analysenergebnisse sind in Anlage 4.2 dargestellt.

Die **untersuchten Proben weisen** nur einen geringfügigen PAK-Gehalt von 0,43 mg/kg bzw. 1,96 mg/kg auf, Phenole sind nicht nachweisbar. Das Material entspricht damit der Verwertungsklasse A und ist als "nicht teerhaltig" im Sinne der RuVA und des "Leitfadens teerhaltiger Straßenaufbruch" einzustufen.

Der in diesen Bereichen anfallende Ausbauasphalt kann im Heißmischverfahren sowie im Kaltmischverfahren mit Bindemitteln wiederverwertet werden. Auch eine Kaltverarbeitung ohne Bindemittel in Tragschichten unter wasserundurchlässigen Deckschichten ist möglich.

Bei einer Verwertung als Recyclingbaustoff außerhalb des Straßenbaus entspricht das Material der Qualitätsstufe Z 1.1 und kann damit in technischen Bauwerken bei einem Abstand zwischen Schüttkörperbasis und Grundwasserspiegel > 1 m verwertet werden. Bei einer Entsorgung entspricht das Material der Deponieklasse DK 0.

Wir weisen darauf hin, dass die Angaben zur Belastungssituation auf punktuellen Untersuchungen beruhen. Daher ist nicht auszuschließen, dass trotz des negativen Befundes beim Ausbau Belastungen festgestellt werden können. Auch die Tragschichtschotter können belastet sein.

5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg **in keiner Erdbebenzone.**

6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

6.1 Kanäle

6.1.1 Gründung des Rohraufagers

Die Verlegetiefe der Kanäle ist bis ca. 4,50 m unter GOK vorgesehen. Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen somit bereits in den mindestens sehr mürben Festgesteinen liegen. Lokal stehen gegebenenfalls noch steife und halbfeste Tone an.

Das Rohraufager kann in den mindestens steifen Tönen und den Festgesteinen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Für den Fall, dass die Ton-/Tonmergelsteine 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 3,00 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.

Für die Wasserleitung (PE-Rohr) sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich. Jedoch sind die Angaben des Herstellers zum Rohraufager zu beachten.

6.1.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, den Kanalgraben im Bereich der Verwitterungsschichten 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. In den Festgesteinen können die Gräben auch frei, mit 70 ° geböschet werden. Es ist zu beachten, dass die Tonsteine bei Wasserzutritten rasch entfestigen und dann nicht mehr standsicher sind. Der Verbau muss dann im Absenkverfahren eingebracht werden.

Im Übrigen sind die einschlägigen Richtlinien und Normen zu beachten. Dies sind insbesondere:

- DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen
- DIN EN 805 Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- TRWV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTVE-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

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

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 zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Bei einer Verbesserung mit Bindemittel sind die in Kapitel 3.3.4 beschriebenen Risiken eines Sulfatreibens zu beachten. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Art des Bindemittels müssen durch entsprechende Eignungsuntersuchungen und in Abhängigkeit von den aktuellen Wassergehalten festgelegt werden. Vorab kann jedoch von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Die anfallenden Festgesteine bis Steinkorngröße (< 200 mm) können bei optimalen Witterungsbedingungen zum Verfüllen der Kanalgräben verwendet werden. Dies ist im Zuge des Aushubs zu entscheiden. Steinblöcke müssen entweder separiert oder zerkleinert werden, um sie verwenden zu können. Es ist darauf zu achten, dass das Material gut kornabgestuft ist und hohlraumfrei verdichtet werden kann.

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

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

6.2 Straßenbau

Nach Auskunft von Frau Bergdolt, stadtlandingenieure GmbH, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,0.

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen lokal steife und halbfest Tone und lokal bereist sehr mürbe Tonsteine an.

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 09 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Der Verdichtungsgrad des Planums muss bei gemischt- und feinkörnigen Böden bis 0,50 m Tiefe $D_{pr} \geq 97 \%$ und bei grobkörnigen Böden $D_{pr} \geq 100 \%$ betragen. Nach ZTVE (Tabelle 9) kann dem Verdichtungsgrad von 100 % bei grobkörnigen Böden als Richtwert ein Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ zugeordnet werden. Nach ETV-StB-BW, Teil 1 kann zur Beurteilung des Verdichtungszustandes ergänzend zur Tabelle 9 bei feinkörnigen Böden von einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ und bei gemischtkörnigen Böden von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ausgegangen werden.

Die auf dem Planum geforderten Verformungsmoduln werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein. Wir schlagen deshalb vor, einen ca. 0,40 m starken Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, durchzuführen. Es 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 Drainage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

Alternativ kann das Planum auch auf einer Stärke von ca. 0,40 m mit Bindemittel verbessert werden. Bei einer Verbesserung mit Bindemittel sind jedoch die in Kapitel 3.3.4 beschriebenen Risiken eines Sulfattreibens zu beachten. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Im Bereich der Tonsteine ist von ausreichenden Tragfähigkeiten auszugehen. Wir weisen jedoch darauf hin, dass die Ton-/ Tonmergelsteine bei Wasserzutritten rasch aufweichen und dann eine Tragfähigkeiten mehr erreicht werden. Im Zuge der Ausführung ist anhand von Plattendruckversuchen der festzulegen ob Maßnahmen vorzusehen sind. Wir empfehlen daher in der Ausschreibung einen 0,40 m starken Bodenaustausch mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO, bzw. ZTV-SoB bei der Belastungsklasse 1,0 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$) nachzuweisen.

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

Im Übrigen sind bei Herstellung des Erdplanums, der Frostschutzschicht und der oberen Tragschicht die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE-StB 09) und die "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau" (ZtV-SoB-Stb 04) zu beachten.

6.3 Gebäude

6.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellerten Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m bereits in den mindestens sehr mürben Festgesteinen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellerten Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK, größtenteils in den sehr mürben Festgesteinen und lokal noch in den steifen und halbfesten Tonen liegen.

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

Bei der Dimensionierung von Fundamenten kann je nach den auf Gründungsniveau anstehenden Untergrundverhältnissen vorab von folgenden Bemessungswerten für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ DIN 1054:2010-12 bzw. aufnehmbaren Sohlrücken σ_{zul} nach DIN 1054:2005-01 ausgegangen werden:

Tabelle 7: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton min. steif	210	150
Ton min. halbfest	280	200
Ton-/Tonmergelstein min. sehr mürb	560	400

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

Es ist darauf zu achten, dass das Baugebiet lokal in den Posidonienschiefern liegt. Von den Posidonienschiefern ist bekannt, dass diese bei Feuchtigkeitsverlust an der Luft in dünne Schichten aufblättern. An den aufgeweiteten Schichtgrenzen können dann bei fortdauernd kapillar nachsteigender Bodenfeuchte durch weitere Verdunstung Gipskristalle wachsen, die durch den Kristallisationsdruck zu Baugrundhebungen bis zu 25 % führen können. Um ein Austrocknen des Baugrundes und somit Schäden unter der Bodenplatte auszuschließen, ist daher sicherzustellen, dass die Tonsteine nicht durch die Gebäudedrängen entwässert bzw. durch die Überbauung ausgetrocknet werden. Daher sind daher gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zu treffen (Bsp. dampfdichte Diffusionssperre)

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 im Allgemeinen oberhalb des Grundwassers bis zu einer Höhe von maximal 5,00 m in den mindestens steifen Tonen mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. In den Festgesteinen sind Böschungsneigungen von 70° zulässig.

Die Böschungsschulter muss auf einer Breite von mindestens 2,00 m frei von Lasten sein.

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.

Gruben für Fundamente und Fundamentvertiefungen können kurzzeitig senkrecht hergestellt werden, dürfen aber unter keinen Umständen betreten werden.

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 in den Bohrungen nicht 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.

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen 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

6.4.1 Allgemeine Angaben

Die Bohrungen B 1 und B 10 (siehe Anlage 2.3) wurden auftragsgemäß im Bereich der geplanten RRB, im Osten und Westen des Erschließungsgebietes angelegt. Die Regenrückhaltebecken sind als Erdbecken ohne Sohlabdichtung vorgesehen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen stehen im Bereich der Beckensohle steife Tone und ab 0,70 m bzw. 3,00 m unter GOK sehr mürbe und mürbe Tonsteine und harte Kalksteine an.

Die Sickerversuche ergaben mittlere Durchlässigkeitsbeiwerte k_f von $3,22 \times 10^{-7}$ m/s bei Bohrung B 1 bzw. $3,85 \times 10^{-7}$ m/s bei Bohrung B 10 (siehe Kapitel 6.4.2). Zudem ist davon auszugehen, dass die Sickerleistung durch den Eintrag von Feinteilen im Laufe der Zeit weiter zurückgeht. An den geplanten Regenrückhaltebecken ist daher ein Notüberlauf vorzusehen, der bei Überschreiten der Sickerleistung anspringt.

Grundwasser wurde nicht angetroffen. Beim einschneiden in das Gelände muss jedoch mit Wasserzutritten gerechnet werden, die in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen auch höher ansteigen können. Das Retentionsvolumen ist dann 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.

Wir empfehlen Böschungen ohne zusätzliche Maßnahmen und rechnerische Nachweise nicht steiler als $\leq 1 : 2$ auszuführen. Bei Bedarf kann die Böschung über einen Standsicherheitsnachweis berechnet werden.

6.4.2 Sickerversuch

Um die Versickerungsfähigkeit von Niederschlagswasser im Untergrund beurteilen zu können wurde in den Bohrungen B 1 und B 10 ein Schluckversuch durchgeführt.

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:

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

Der für den Zeitraum ab Wassersättigung des Bodens ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert ist in Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8: Ergebnis Schluckversuch

Schluckversuch	Absenkung [m]	Zeit [s]	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]
SV 1 (B 1)	0,192	28800	$3,22 \times 10^{-7}$
SV 2 (B 10)	0,075	3600	$3,85 \times 10^{-7}$

Gemäß den Ergebnissen des Sickerversuchs liegt die Durchlässigkeit des Untergrundes bis 4,00 m Tiefe, also im Bereich der Tone und Ton-/ Kalksteine bei durchschnittlich $3,22 \times 10^{-7}$ m/s bzw. $3,85 \times 10^{-7}$ m/s.

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

Das Bauvorhaben liegt stratigraphisch im Mittleren Muschelkalk. Hier muss mit erhöhten Sulfatwerten gerechnet werden. Bei einer ersten Analyse wurden keine erhöhten Sulfatgehalte festgestellt (siehe Kapitel 3.3.4). Im Zuge der Eignungsuntersuchung, wenn die Fläche einsehbar ist, sind ergänzend verdachtspezifische Beprobungen durchzuführen.

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

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 Staubeentwicklung beim Einfräsen und Verdriftung der aggressiven Bindemittel durch den Wind zu Schäden an Fahrzeugen und Gebäuden kommen kann. Im Falle eines Bindemittelseinsatzes 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:

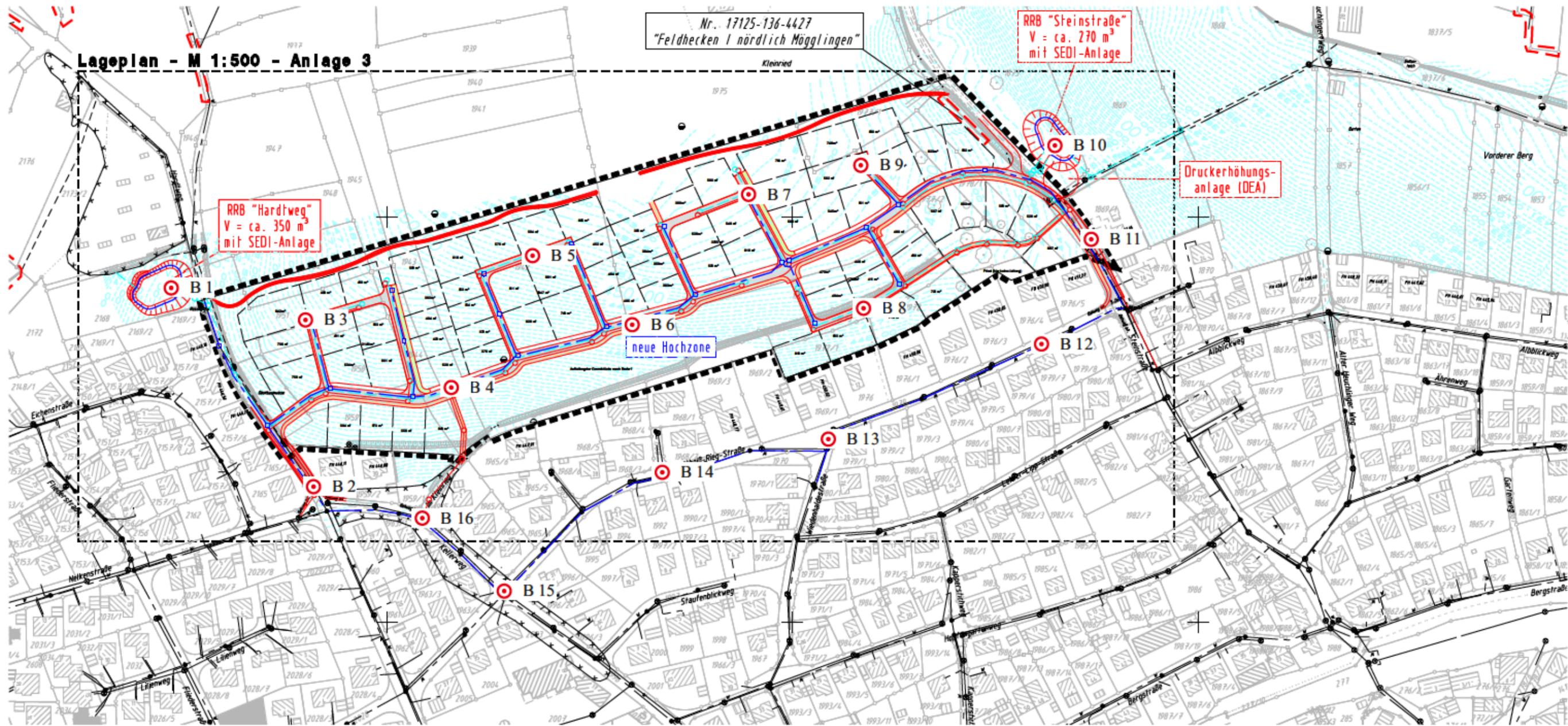
Sachbearbeiter:

Dipl.-Ing. G. Zeiser

B.Eng. S. Reeb

gez. Borota

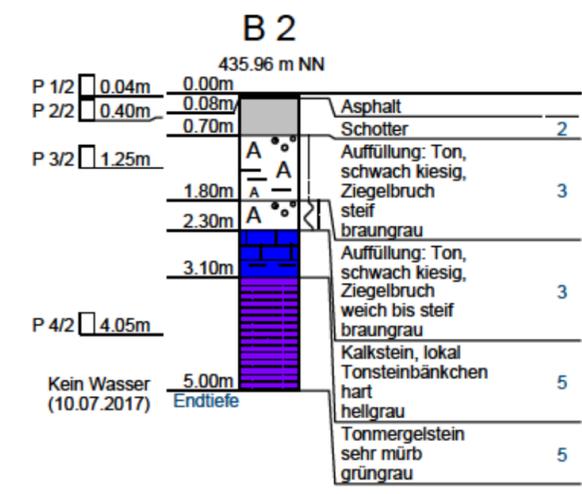
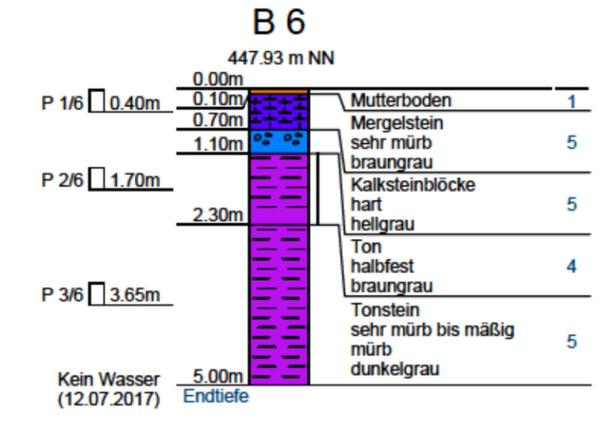
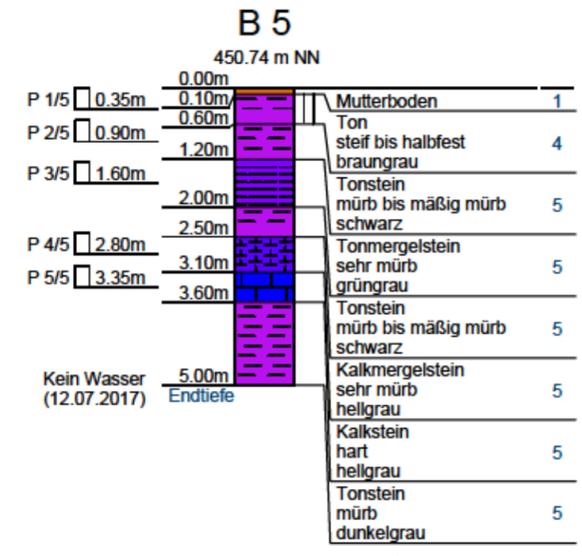
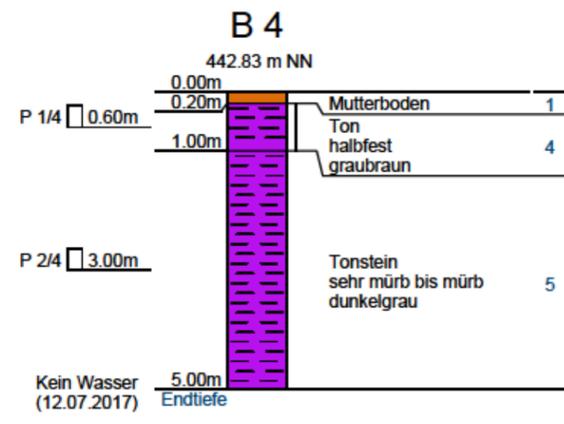
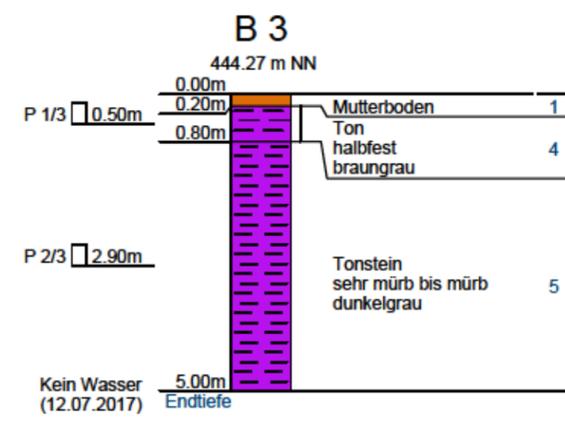
Dipl.-Geol. S. Borota



Legende:
 ○ Bohrung

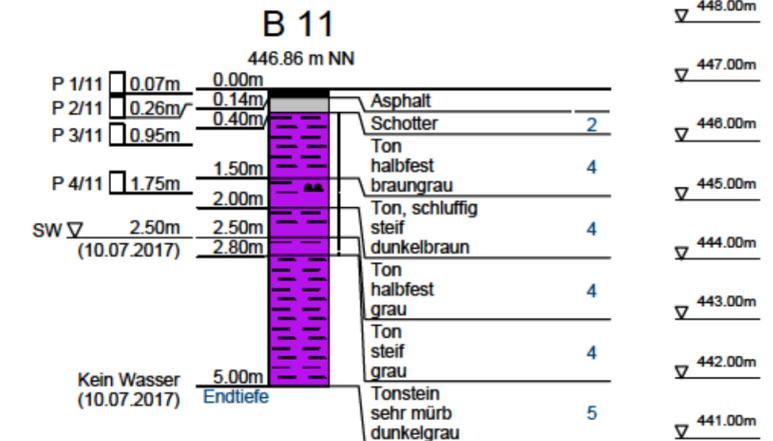
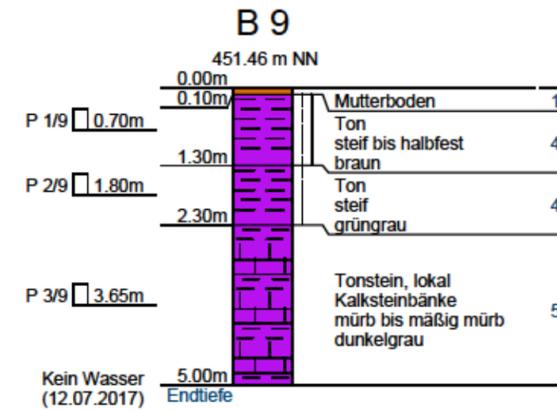
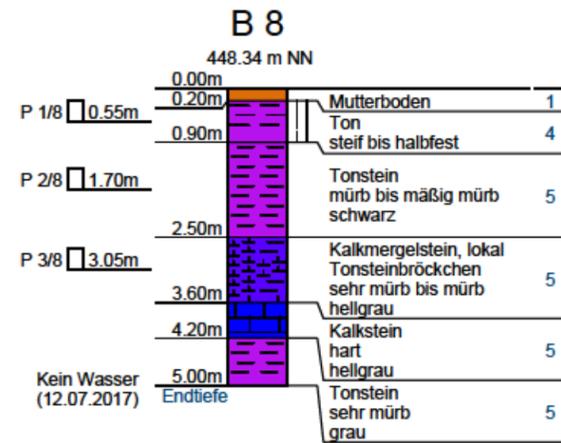
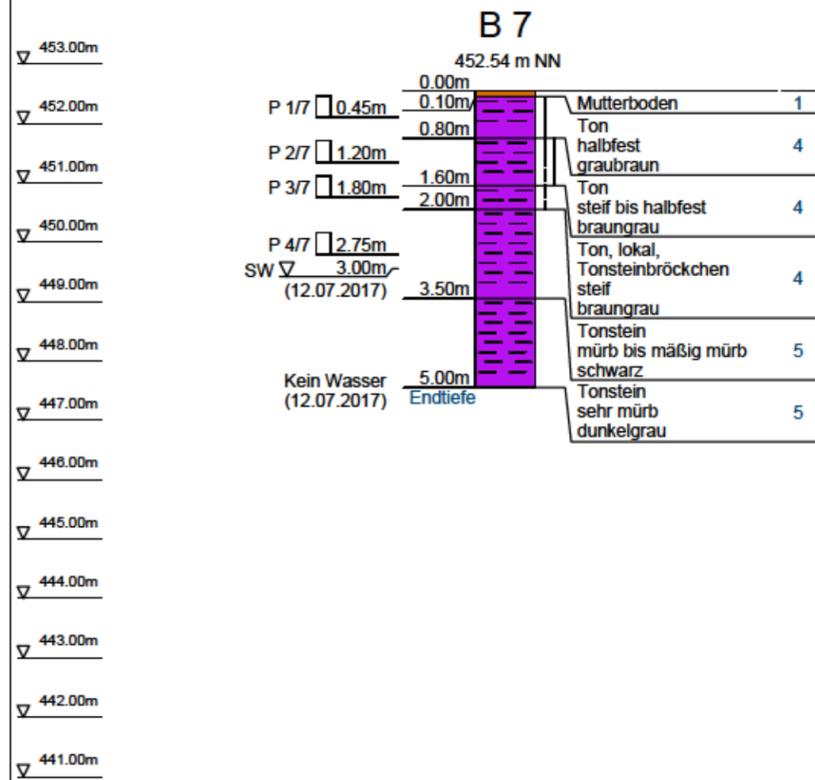
BFI BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 117063
	Anlage: 1
Projekt: Mögglingen, Erschließung BG „Im Hardt“	
Lageplan mit Lage der Bohrungen	Maßstab: 1 : 2.500
Auftraggeber: Gemeinde Mögglingen Zehnthof 1, 73563 Mögglingen	
Datum: 31.07.2017	Bearbeiter: sr Ausgeführt: sr

▽ 451.00m
 ▽ 450.00m
 ▽ 449.00m
 ▽ 448.00m
 ▽ 447.00m
 ▽ 446.00m
 ▽ 445.00m
 ▽ 444.00m
 ▽ 443.00m
 ▽ 442.00m
 ▽ 441.00m
 ▽ 440.00m
 ▽ 439.00m
 ▽ 438.00m
 ▽ 437.00m
 ▽ 436.00m
 ▽ 435.00m
 ▽ 434.00m
 ▽ 433.00m
 ▽ 432.00m
 ▽ 431.00m
 ▽ 430.00m



▽ 451.00m
 ▽ 450.00m
 ▽ 449.00m
 ▽ 448.00m
 ▽ 447.00m
 ▽ 446.00m
 ▽ 445.00m
 ▽ 444.00m
 ▽ 443.00m
 ▽ 442.00m
 ▽ 441.00m
 ▽ 440.00m
 ▽ 439.00m
 ▽ 438.00m
 ▽ 437.00m
 ▽ 436.00m
 ▽ 435.00m
 ▽ 434.00m
 ▽ 433.00m
 ▽ 432.00m
 ▽ 431.00m
 ▽ 430.00m

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az: 117063
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:
Mühlgraben 34 - 73479 Eilwangen	Schnitt: 2.1
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab: 1:100
bfi@bfi-zeiser.de	Datum: 22.08.2017
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen: 12.07.2017, seb
Projekt: Mögglingen, Erschließung "Im Hardt"	

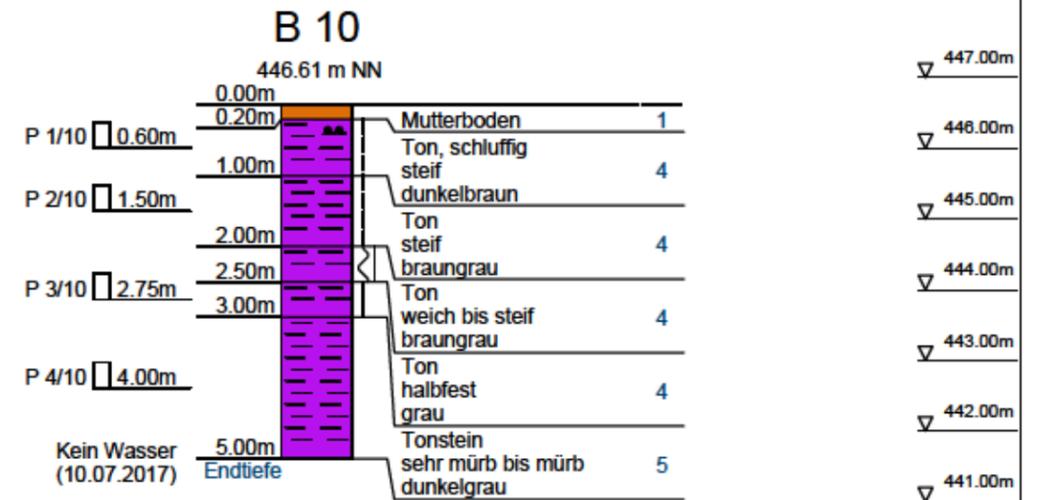
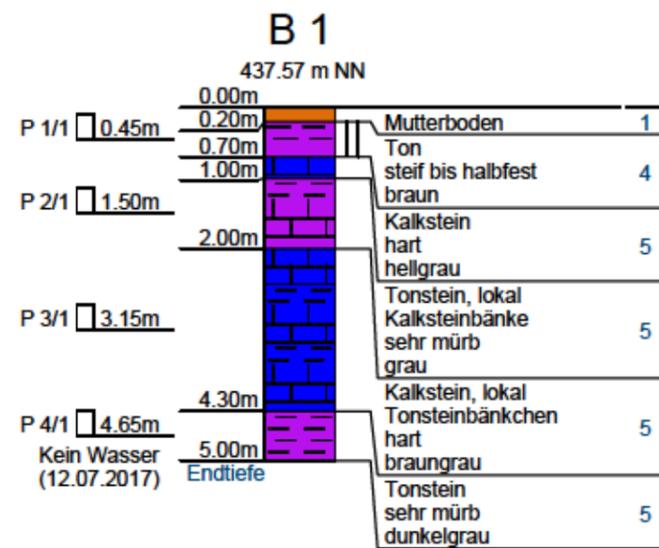


BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29
bfi@bfi-zeiser.de
Internet: www.bfi-zeiser.de

Az: 117063
Anlage:
Schnitt: 2.2
Maßstab: 1:100
Datum: 22.08.2017
aufgenommen: 12.07.2017, seb

Projekt: Mögglingen, Erschließung "Im Hardt"

▽ 447.00m
 ▽ 446.00m
 ▽ 445.00m
 ▽ 444.00m
 ▽ 443.00m
 ▽ 442.00m
 ▽ 441.00m
 ▽ 440.00m
 ▽ 439.00m
 ▽ 438.00m
 ▽ 437.00m
 ▽ 436.00m
 ▽ 435.00m
 ▽ 434.00m
 ▽ 433.00m
 ▽ 432.00m

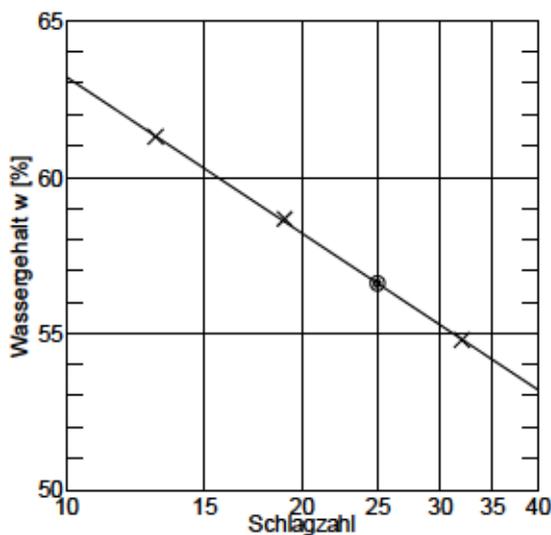


▽ 447.00m
 ▽ 446.00m
 ▽ 445.00m
 ▽ 444.00m
 ▽ 443.00m
 ▽ 442.00m
 ▽ 441.00m
 ▽ 440.00m
 ▽ 439.00m
 ▽ 438.00m
 ▽ 437.00m
 ▽ 436.00m
 ▽ 435.00m
 ▽ 434.00m
 ▽ 433.00m
 ▽ 432.00m

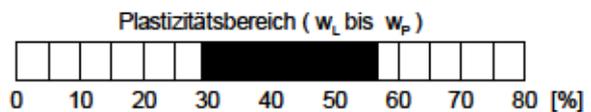
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az: 117063
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt: 2.3
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab: 1:100
bfi@bfi-zeiser.de	Datum: 22.08.2017
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen: 12.07.2017, seb
Projekt: Mögglingen, Erschließung "Im Hardt"	

BFI	Projekt : Mögglingen, Erchließung "Im Hardt"
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 117063
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.1
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 02.11.2016
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 1/10
	Entnahmestelle: B 2
	Entnahmetiefe: 1,40
Ausgef. durch : hn	Bodenart: T,u

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	34	18	51		61	07		
Zahl der Schläge	32	19	13					
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_b$ [g]	124.50	134.10	110.50		113.40	112.40		
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_b$ [g]	114.20	108.70	104.80		109.00	108.60		
Behälter m_b [g]	95.40	65.40	95.50		94.50	95.10		
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.30	25.40	5.70		4.40	3.80		
Trockene Probe m_t [g]	18.80	43.30	9.30		14.50	13.50	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	54.8	58.7	61.3		30.3	28.1	29.2	



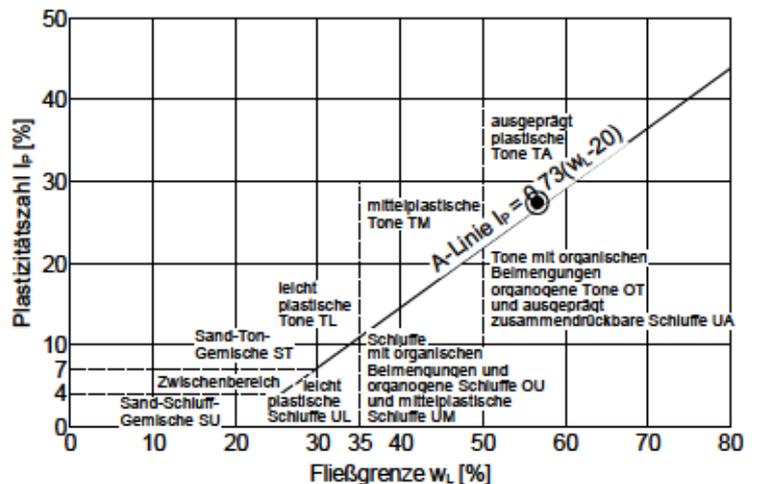
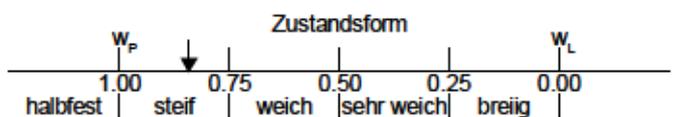
Wassergehalt $w_N = 33.5\%$
 Fließgrenze $w_L = 56.6\%$
 Ausrollgrenze $w_P = 29.2\%$



Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_P = 27.4\%$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_p} = 0.157$

Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w_N}{I_p} = 0.843$



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

Mühlgraben 34

73479 Ellwangen

Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

Kornverteilung

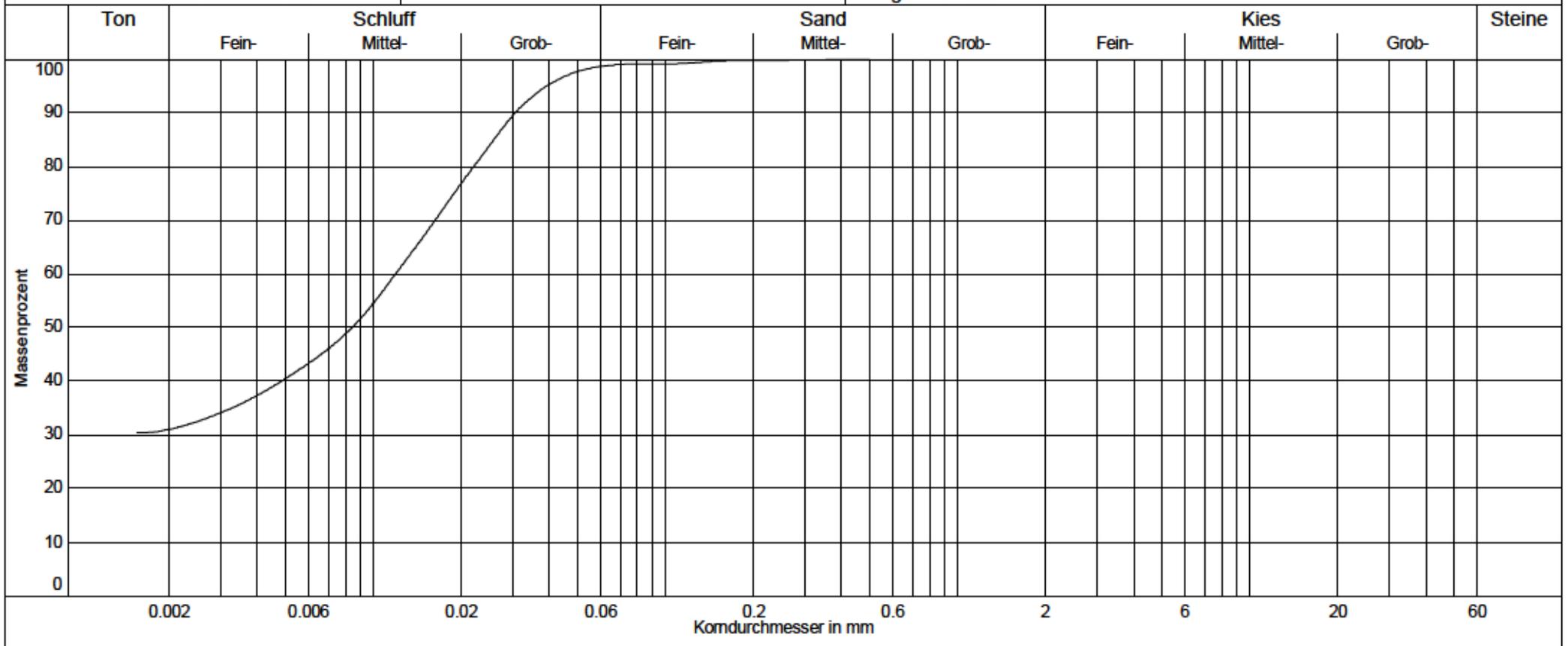
DIN 18 123-7

Projekt : Möglingen, Erschließung "Im Hardt"

Projektnr.: 117063

Datum : 28.07.2017

Anlage : 3.2



Siebung	—— P 1/10
Bodenart	T,u
Bodengruppe	TA
Kornfrakt. T/U/S/G/X	31.0/67.8/1.1/0.0 %
Frostempfindl.klasse	F2
Anteil < 0.063 mm	98.9 %
Kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)

Probe-Nr.	MP 1	Zuordnungswerte nach VwV Boden für die Verwertung ⁵⁾						
Bodenart	T	in bodenähnlichen Anwendungen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten			in technischen Bauwerken			
		Z 0 (Ton)	Z 0* IIIA ³⁾	Z 0* ⁴⁾	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
Farbe	braun							
Feststoffparameter								
Summe PAK	mg/kg	< 0,05	3	3	3	3	9	30
- Benzo(a)pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe PCB	mg/kg	< 0,01	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Summe LHKW	mg/kg	< 0,05	1	1	1	1	1	1
Summe AKW	mg/kg	< 0,05	1	1	1	1	1	1
EOX	mg/kg	< 1	1	1	1	3	3	10
MKW (C10-C22)	mg/kg	< 40	100	100	200	300	300	1000
MKW (C10-C40)	mg/kg	< 40	-	-	400	600	600	2000
Cyanide, ges.	mg/kg	< 0,5	-	-	-	3	3	10
Arsen	mg/kg	24	20	15	15	45	45	150
Blei	mg/kg	44	100	100	140	210	210	700
Cadmium	mg/kg	0,5	1,5	1	1	3	3	10
Chrom	mg/kg	42	100	100	120	180	180	600
Kupfer	mg/kg	90	60	60	80	120	120	400
Nickel	mg/kg	180	70	70	100	150	150	500
Thallium	mg/kg	0,8	1	0,7	0,7	2,1	2,1	5
Quecksilber	mg/kg	0,19	1	1	1	1,5	1,5	5
Zink	mg/kg	251	200	200	300	450	450	1500
Eluatparameter								
pH-Wert ¹⁾	-	8,3	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
Leitfähigkeit	µS/cm	121	250	250	250	250	1500	2000
Chlorid	mg/l	< 1	30	30	30	30	50	100
Sulfat ²⁾	mg/l	1,6	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gs.	µg/l	< 5,0	5	5	5	5	10	20
Phenolindex	µg/l	< 10	20	20	20	20	40	100
Arsen	µg/l	< 1	-	14	14	14	20	60
Blei	µg/l	< 1	-	40	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,3	-	1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom	µg/l	< 1	-	12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 5	-	20	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	-	15	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	-	0,5	0,5	0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	-	150	150	150	200	600
Einstufung		Z 2						

- 1) Eine Überschreitung dieser Parameter allein ist kein Ausschlusskriterium
- 2) Bei großflächigen Verwertungen von Boden mit mehr als 20 mg/l Sulfat im Eluat sind in Gebieten ohne geogen erhöhte Sulfatgehalte grundwassereinzugsbezogene Frachtberechnungen anzustellen
- 3) maximale Feststoffgehalte für den Einbau in Wasserschutzgebieten der Zone IIIA, Heilquellenschutzgebieten, Wasservorranggebieten, Karstgebieten
- 4) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen
- 5) Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.04.2007

Probe-Nr.	MP 1	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung	
		Vorsorgewerte für Bodenart Ton	70 % der Vorsorgewerte für landwirtschaftliche Nutzung
Parameter	Original (mg/kg)	Original (mg/kg)	Original (mg/kg)
Blei	44	100	70
Cadmium	0,5	1,5	1,05
Chrom, ges.	42	100	70
Nickel	180	70	49
Kupfer	90	60	42
Quecksilber	0,19	1	0,7
Zink	251	200	140

BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 117063 Anlage: 4.1
	Projekt: Mögglingen, Erschließung BG „Im Hardt“	
Analyseergebnisse nach VwV		
Auftraggeber: Gemeinde Mögglingen Zehnthof 1, 73563 Mögglingen		
Datum: 14.08.2017	Bearbeiter: sr	Ausgeführt: sr

Parameter	Probe	P 1/2	P 1/11	Verwertung als RC-Material				Entsorgung auf Deponien			
				im Straßenbau		außerhalb des Straßenbaus		Zuordnungswerte nach DepV ⁴⁾ bzw. Handlungshilfe ³⁾			
				Verwertungs- klasse nach RuVA ¹⁾	Zuordnungswerte nach Dihlmann-Erlass ²⁾			Zuordnungswerte nach DepV ⁴⁾ bzw. Handlungshilfe ³⁾			
Material	Asphalt	Asphalt	A, B u. C	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	DK 0	DK 1	DK 2		
Naphthalin	mg/kg	0,5	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Acenaphthylen	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Acenaphthen	mg/kg	0,3	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoren	mg/kg	0,21	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Phenanthren	mg/kg	0,34	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
Anthracen	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoranthen	mg/kg	0,19	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
Pyren	mg/kg	0,15	0,07	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(a)anthracen	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Chrysen	mg/kg	0,14	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(b)fluoranth.	mg/kg	< 0,05	0,07	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(k)fluoranth.	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(a)pyren	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Dibenzo(a,h)anthr.	mg/kg	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	0,13	0,11	-	-	-	-	-	-	-	
Summe PAK 16	mg/kg	1,96	0,43	A <25	B,C> 25	10	15	35	30 ^{3,4)}	200 ^{3,5)}	1000 ^{3,6)}
Phenolindex	mg/l	< 0,01	< 0,01	A,B <0,1 C >0,1		0,02	0,05	0,1	0,1	0,2	50
Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01 ¹⁾		A	A								
Qualitätsstufe n.Dihlmann-Erlass		Z 1.1	Z 1.1								
Deponieklasse		DK 0	DK 0								

1) Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechhaltigen Bestandteile sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA 01-StB)

2) Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial; Erlass des UVM vom 13.04.2004 ("Dihlmann-Erlass")

3) Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen, UM Baden-Württemberg, Mai 2012

4) Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009, Stand 17.10.2011

5) Nach den "abgeleiteten Orientierungswerten der vorläufigen Vollzugshinweise des UVM "Zuordnung von Abfallarten aus Spiegeleinträgen" (28.10.2002) wird Abfall bereits ab einem PAK-Gehalt von 200 mg/kg als „gefährlich“ eingestuft.

6) Nach der "Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen" kann teerhaltiger Straßenaufbruch mit über 1000 mg/kg in einem Monobereich einer DK 2-Deponie abgelagert werden.

BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 117063
		Anlage: 4.2
Projekt: Mögglingen, Erschließung BG „Im Hardt“		
Analyseergebnisse auf PAK		
Auftraggeber: Gemeinde Mögglingen Zehnthof 1, 73563 Mögglingen		
Datum: 14.08.2017	Bearbeiter: sr	Ausgeführt: sr