# SV 0945/18 Anlage 8

# BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI ZEISER GmbH & Co. KG



Unmüssig Bauträgergesellschaft Baden mbH Berliner Allee 29 79110 Freiburg 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

Ihre Zeichen Unsere Zeichen Datum

gz-pl-sr-seb / Az. 114225 29.09.2017

# Emmendingen, Neubau EKZ und Wohnbebauung

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber: Unmüssig Bauträgergesellschaft Baden mbH

Berliner Allee 29 79110 Freiburg

Projektsteuerung: mdbm Baumanagement GmbH

Kaiserstraße 235 76133 Karlsruhe

Planung: Michelgroup GmbH

Pfarrer-Weiß-Weg 18

89077 Ulm

Tragwerksplanung: Theobald + Partner Ingenieure mbB

Alte Säge 1

79199 Kirchzarten

Ingenieurgeologische Untersuchung und

Beratung:

Büro für Ingenieurgeologie BFI Zeiser GmbH & Co. KG

Mühlgraben 34 73479 Ellwangen

# **INHALTSVERZEICHNIS**

Tex	Seite Seite				
1.	Planun	terlagen	6		
2.	Allgemo	eines und Lage	6		
3.	Bauvor	haben	7		
4.	Unterg	rund	8		
4.1	Baugi	rundgeologische Situation	8		
4.2	Strati	igrafie	12		
4.3	Labor	rversuche	12		
	4.3.1	Natürlicher Wassergehalt	12		
4.4	4.3.2 Geote	Kornverteilungechnische Kategorie	13		
4.5	Homo	ogenbereiche	14		
4.6	Frost	empfindlichkeit	17		
4.7	Wass	erverhältnisse	17		
	4.7.1	Stauwasserstände	17		
	4.7.2	Grundwasserstände	18		
	4.7.3	Grundwasserfließrichtung	21		
	4.7.4	Pumpversuche	21		
	4.7.5	Grundwassermonitoring	22		
	4.7.6	Hochwasser	23		

4.8	Bodenkennwerte	23
5.	Chemische Untersuchungen	25
5.1	Betonaggressivität des Grundwassers	25
5.2	Schadstoffgehalte des Grundwassers	25
5.3	Laborchemische Untersuchung nach VwV Boden	26
6.	Erdbebenzone und seismische Lastannahmen	27
7.	Angaben zur Versickerungsmöglichkeit	27
8.	Konstruktive und gründungstechnische Angaben	28
8.1	Lastabtragung Einkaufszentrum	28
8.2	Lastabtragung Parkhaus	29
8.3	Lastabtragung Einzelstütze	31
8.4	Sicherung der Baugruben	31
8.5	Wasserhaltung während der Bauzeit	33
8.6	Trockenhaltung der erdberührenden Bauteile	33
8.7	Arbeitsraumverfüllung	35
9.	Abnahme und Haftung	36

# Anlagenteil

Anlage 1.1:	Lageplan mit allen Aufschlüssen	M. 1:500
_	Ausschnitt Hochwassergefahrenkarte	M. 1:1000
Anlage 2.1:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 19, B 20, B 21,	
	B 22 und B 28	M. 1:150
Anlage 2.2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 23 bis B 27	M. 1:150
Anlage 2.3:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 12, B 19, B 26	
	und der Rammsondierungen DPH 1.1 und DPH 1.2	M. 1:100
Anlage 2.4:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 2, B 9, B 11	
	B 14, B 25 und der Rammsondierung DPH 2	M. 1:100
Anlage 2.5:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 15, B 23, B 24,	
	B 27 und der Rammsondierung DPH 4	M. 1:100
Anlage 2.6:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 3, B 4, B 6, B 8,	
	und der Rammsondierung DPH 3	M. 1:100
Anlage 2.7:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1, B 22, B 23	
	B 24, B 28 und der Rammsondierungen DPH 4	
	und DPH 5	M. 1:100
Anlage 2.8:	Schichtenfolgen und Ausbau der Grundwassermessstellen	
	B 26/GWM 1-F und B 26/GWM 1-T	M. 1:100
Anlage 2.9:	Schichtenfolgen und Ausbau der Grundwassermessstellen	
	B 27/GWM 2-T und B 28/GWM 3-T	M. 1:150
Anlage 2.10:	Schichtenfolgen und Ausbau der Grundwassermessstellen	
	B 2/GWM 2-F und B 8/GWM 4-F	M. 1:100
Anlage 3.1:	Kornverteilung P 4/19	
_	Kornverteilung P 2/21	
•	Kornverteilung P 4/22	
_	Kornverteilung P 5/23	
_	Kornverteilung P 6/23	
Anlage 11	Pumpversuch in GWM 1/F	
C	Pumpversuch in GWM 1/T	
•	Pumpversuch in GWM 2/T	
_	<del>-</del>	
Amage 4.4.	Pumpversuch in GWM 3/T	

- Anlage 5.1: Grundwasserganglinien: 17.11.2016 16.08.2017
- Anlage 5.2: Grundwasserganglinien: Ausschnitt 20.07.2017 16.08.2017
- Anlage 6.1: Analyseergebnisse nach DIN 4030: B 23
- Anlage 6.2: Analyseergebnisse nach DIN 4030: B 26/GWM 1-F
- Anlage 6.3: Analyseergebnisse nach DIN 4030: B 26/GWM 1-T
- Anlage 7: Analyseergebnisse der Grundwasserprobe aus B 28/GWM 3-T

auf Schadstoffe

Anlage 8: Analyseergebnisse der Bodenproben nach VwV

# 1. Planunterlagen

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

<ul> <li>Lageplan Bestandsaufnahme vom 09.08.2016</li> </ul>	M. 1:500	vom 10.08.2016
- Grundriss Ebene -1	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Grundriss Ebene 0	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Grundriss Ebene 1	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Grundriss Ebene 2	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Grundriss Ebene 3	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Grundriss Ebene 4	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Grundriss Ebene 5	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Dachaufsicht	M. 1:100	vom 17.07.2017
- Fassadenabwicklung BT A	M. 1:200	vom 17.07.2017
- Fassadenabwicklung BT B	M. 1:200	vom 17.07.2017
<ul> <li>Fassadenabwicklung BT C</li> </ul>	M. 1:200	vom 17.07.2017
- Schnitt 1-1	M. 1:200	vom 17.07.2017
- Schnitt 2-2	M. 1:200	vom 17.07.2017
- Schnitt 3-3	M. 1:200	vom 17.07.2017
- Schnitt 4-4	M. 1:200	vom 17.07.2017

- Bestandspläne Flurstücke 186, 189, 208, 209, 210 aus alten Bauakten
- Lageplan und Schnitt der bestehenden Tiefbrunnenanlage von 1985/1986

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

# 2. Allgemeines und Lage

Die Marktplatz 9 GmbH plant in Emmendingen den Neubau eines Einkaufzentrums mit Parkhaus.

Das Bauvorhaben liegt zwischen der Theodor-Ludwig-Straße und der Fa. Wehrle in Emmendingen. Der Baubereich umfasst den Westteil des Wehrle-Geländes im

Osten, das bestehende Parkhaus im Norden sowie das ehemalige Kaufhaus Krauss im Südwesten.

Zwischen dem bestehenden Parkhaus und dem derzeit noch bebauten Wehrle-Gelände verläuft der im Baubereich verdolte Mühlkanal von Nordwesten nach Nordosten. Dessen Sohle bzw. Wasserspiegel liegen gemäß dem Vermesserplan bei ca. 199,2 mNN bzw. ca. 199,9 mNN. Die OK der Verdolung liegt gemäß dem Schnitt 1 bei ca. 200,8 mNN.

Zwischen dem bestehenden Parkhaus und dem Mühlkanal befindet sich im Nordwesten des Bauvorhabens eine unterirdische Tiefbrunnenanlage, deren Zugang sich in einer Litfaßsäule befindet. Der Zugang ließ sich nicht öffnen. Gemäß den Planunterlagen liegt die Sohle der Anlage bei -4,83 m. Der Tiefbrunnen wurde nach Unterlagen des LGRB 1926/1927 bis 20,10 m Tiefe im Durchmesser 1550 mm bis 7,00 m Tiefe und im Durchmesser 400 mm bis 20,10 m Tiefe errichtet. Er wurde später auf 40 m im Durchmesser 40 mm bis 300 m vertieft.

Die für die Bebauung vorgesehene Fläche fällt gemäß dem Vermessungsplan von 203,17 mNN im Nordosten, an der Hochburger Straße (geplante Parkhauszufahrt) auf 199,69 mNN im Südwesten, am Marktplatz, ab.

Das BFI wurde von der Marktplatz 9 GmbH mit der Baugrunderkundung und Gründungsberatung für das geplante Bauvorhaben beauftragt.

#### 3. Bauvorhaben

Geplant ist der Neubau eines bis zu 7-geschossigen Einkaufszentrums (Ebene -1 bis Ebene 5) mit Parkhaus (P E1 – P E4) im Norden. Der unterkellerte Teil umfasst lediglich den Bereich des Einkaufszentrums südlich des Mühlkanals, das Parkhaus im Norden ist nicht unterkellert.

FFB +-0.00 m ist bei 199,75 mNN vorgesehen. Die FFH Ebene E -1 im Bereich des Einkaufszentrums liegt bei -4,50 m = 195,25 mNN.

Im Bereich des nicht unterkellerten Parkhauses liegt FFH Ebene E 1 bei +5,55 m = 205,25 mNN und das Niveau des Verladehofes und der Anlieferung bei +3,00 m = 202,75 mNN.

Das Untergeschoss E -1 verläuft im Westen mit einem Abstand zwischen 0 m und ca. 5 m parallel zur Tiefgarage des Bestandgebäudes Theodor-Ludwig-Straße 24, deren UK Bodenplatte gemäß den Bestandsplänen zwischen 196,88 mNN und 197,35 mNN liegt und damit bis zu 2,10 m über FFB E -1 von 195,25 mNN. Die Gründungssohlen der südlich gelegenen Bestandsgebäude befinden sich nach den Bauakten ebenfalls oberhalb FFB E-1.

## 4. Untergrund

# 4.1 Baugrundgeologische Situation

Im Zuge der Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden, ergänzend zu den im Rahmen der Altlasterkundung im August 2014 durchgeführten, zwischen 2,00 m und 9,50 m tiefen Bohrungen B 1 bis B 18 (s. Altlastengutachten vom 26.09.2014) insgesamt 10 weitere Bohrungen (B 19 – B 28) durchgeführt. Diese wurden am 14.-16.11.2016 (B 19 – B 25) und ergänzend am 20.-22.07.2017 (B 26 – B 28) bis max. 24 m Tiefe erstellt.

Dabei wurden die Bohrungen B 26 – B 28 als Grundwassermessstellen im Durchmesser 5" ausgebaut. Der Ausbau erfolgte bei B 26 als Doppel-Messstellen im Quartär (GWM 1-F) sowie im Oberen Muschelkalk (GWM 1-T), um vor dem Hintergrund des bei Ebene E -1 zu erwartenden Grundwassereinschnitts ggfs. vom Quartär abweichende Druckhöhen im Muschelkalk mit Gefahr von hydraulischem Grundbruch und Sohlauftrieb feststellen zu können. Die Bohrungen B 27/GWM 2-T und B 28/GWM 3-T wurden als tiefe Messstellen im Muschelkalk ausgebaut, da im Bereich dieser Bohrungen bereits flache Quartär-Messstellen existieren (B 2/GWM 2-F und GWM 3-F (Bestandsmessstelle von 2008)). Die ebenfalls als flache Quartär-Messstelle ausgebaute Bohrung B 8 wurde als GWM 4-F bezeichnet. Insgesamt bestehen damit 4 flache Quartär-Messstellen und 3 tiefe Muschelkalk-Messstellen.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 27.10.2016 sowie für die Grundwassermessstellen am 27.03.2017 beim Landratsamt Emmendingen Bohranzeigen eingereicht. Die Bohranzeigen wurden vom Landratsamt mit Entscheidung vom 09.11.2016 bzw. 20.04.2017 unter Auflagen bestätigt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf nahegelegene Kanaldeckel eingemessen.

Die Lage aller Aufschlüsse kann dem Lageplan in Anlage 1.1 entnommen werden.

Die Schichtenprofile der Bohrungen sind in den Anlagen 2.1 – 2.7 dargestellt, wobei nur Bohrungen > 3,00 m Tiefe als für die Baugrunderkundung relevant dargestellt sind. Die Schichtenfolgen und Ausbauzeichnungen der Grundwassermessstellen sind in den Anlagen 2.8 – 2.10 dargestellt.

Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes:

In den Bohrungen B 2, B 8, B 12, B 13, B 22, B 25, B 27, B 28 wurde Mutterboden in einer Stärke zwischen 0,05 m und 0,40 m aufgeschlossen.

In den restlichen Bohrungen wurde eine 0,05 m bzw. 0,20 m starke Asphaltdecke bzw. eine Pflasterdecke erkundet.

Unter den Deckschichten wurden Auffüllungen aus sandigen, kiesigen Schluffen, sandigen, steinigen Kiesen und schluffigen, kiesigen Sanden bis in Tiefen zwischen 0,60 m und 6,30 m erkundet. In der Bohrung B 24 wurde eine 1,50 m mächtige Betonplatte durchteuft.

Unter den Auffüllungen wurden in Bereichen gering mächtiger Auffüllungen lokal zunächst feinsandige Schluffe von zumeist steifer Konsistenz bis in Tiefen zwischen 3,30 m und 5,60 m Tiefe angetroffen. Darunter bzw. unterhalb der Auffüllungen folgen kiesige Sande und sandige Kiese mit unterschiedlichen Schluffanteilen.

Unter den Sanden und Kiesen folgen zumeist steife, steif-halbfeste oder nur weichsteife Tone oder Schluffe, lokal mit Sand- und Kiesanteilen, in unterschiedlichen Mächtigkeiten zwischen ca. 1 m und ca. 5 m.

Die Tone und Schluffe werden teils von etwa 1 m bis 3 m mächtigen, zu kiesigtonig-steinigem Blockwerk aufgewitterten Kalksteinschichten, teils bereits von sehr mürben bis harten Kalksteinen unterlagert. Nur in B 26 und B 27 wurden unter dem Blockwerk teils zu steifem oder weich-steifem Ton aufgewitterte, sehr mürbe Tonsteine mit Kalksteinbänken angetroffen. Die Kalk- oder Tonsteinschichten wurden bis zur maximalen Endteufe der Bohrungen von 24,00 m aufgeschlossen.

Die Tiefen, in denen bei den tiefen Bohrungen B 19 - B 28 OK der Festgesteine (Kalkstein/Tonstein, mindestens sehr mürb) angetroffen wurden, sind in Tabelle 1 dargestellt.

<u>Tabelle 1:</u> OK Festgestein

D - 1	Ansatzhöhe	OK Fes	tgestein
Bohrung	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]
B 19	200,41	21,60	178,81
B 20	199,86	19,30	180,56
B 21	200,85	15,60	185,25
B 22	203,11	13,60	189,51
B 23	203,08	12,80	190,28
B 24	203,15	9,60	193,55
B 25	201,04	19,10	181,94
B 26	200,72	21,90	178,82
В 27	202,96	22,40	180,56
B 28	202,94	15,30	187,64

In der schweren Rammsondierung DPH 1.1 wurden bis 0.80 m unter GOK Schlagzahlen  $n_{10}$  (Anzahl Schläge pro 10 cm Eindringtiefe) zwischen 2 und 10 ermittelt. Darunter steigen die Schlagzahlen auf 42 Schläge an. Ein weiteres

Eindringen war nicht möglich. Vermutlich handelt es sich um ein Hindernis, daher wurde die schwere Rammsondierung DPH 1.2 angelegt.

In der schweren Rammsondierung DPH 1.2 wurden bis 1,50 m unter GOK Schlagzahlen zwischen 2 und 9 ermittelt. Darunter steigen die Schlagzahlen bis 3,00 m unter GOK auf Schlagzahlen zwischen 10 und 23 an. Ab einer Tiefe von 3,00 m unter GOK wurden Schlagzahlen zwischen 20 und 50 Schlägen ermittelt.

In der schweren Rammsondierung DPH 2 bei Bohrung B 25 wurden bis 2,10 m unter GOK Schlagzahlen zwischen 2 und 5 ermittelt. Darunter steigen die Schlagzahlen bis 3,50 m unter GOK auf Schlagzahlen zwischen 10 und 25 an. Ab einer Tiefe von 3,50 m unter GOK wurden Schlagzahlen von bis zu 69 Schlägen ermittelt.

In der schweren Rammsondierung DPH 3 bei Bohrung B 3 und B 4 wurden in den Auffüllungen bis 3,60 m unter GOK Schlagzahlen zwischen 2 und 10 ermittelt. Lokal wurden engräumig auch Schlagzahlen von 24 ermittelt. Darunter steigen die Schlagzahlen bis 3,80 m unter GOK auf von 71 an.

In den schweren Rammsondierungen DPH 4 und DPH 5 wurden bis 0,80 m bzw. 1,00 m unter GOK Schlagzahlen zwischen 2 und 16 ermittelt. Darunter steigen die Schlagzahlen in DPH 4 bis 1,30 m unter GOK auf Schlagzahlen von 100 an. In DPH 5 wurden bis 2,00 m unter GOK Schlagzahlen zwischen 10 und 43 Schlägen ermittelt. Darunter fallen die Schlagzahlen bis 4,50 m unter GOK auf Schläge wischen 5 und 20 ab ehe sie bis zur Endtiefe von 7,90 m unter GOK auf Schlagzahlen zwischen 20 und 50 ansteigen.

Erfahrungsgemäß deuten die ermittelten Schlagzahlen in den Sanden und Kiesen auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung hin. Bereichen, in denen die Schlagzahlen zurückgehen sind auf bindige Zwischenlagen zurückzuführen.

# 4.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den Sanden und Kiesen um quartäre Talablagerungen. Bei den Kalksteinen und Tonsteinen handelt es sich um Schichtglieder des oberen Muschelkalkes.

### 4.3 Laborversuche

# 4.3.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den ergänzenden Bohrungen (B 19 bis B 25) wurden insgesamt 35 gestörte Proben entnommen, von denen 10 auf ihren natürlichen Wassergehalt nach DIN 18121 untersucht wurden. Dabei wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Werte ermittelt.

<u>Tabelle 2:</u> Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew%]
3/19	19	2,70	U,fs (w)	17,70
1/22	22	0,90	A:U,g (f)	10,51
2/22	22	2,50	U,fs (hf)	17,65
3/22	22	4,70	U,g' (st)	13,21
4/23	23	4,60	S,u*,g	17,79
6/23	23	9,60	U,fs (st)	21,38
2/24	24	2,60	U,fs' (st)	22,73
3/24	24	4,30	S,u,g'	15,10
1/25	25	0,70	A:U,fs' (st)	22,27
3/25	25	3,00	S,g*	10,93

# 4.3.2 Kornverteilung

Die unterschiedlichen Bodenarten wurden an 5 Proben auf ihre Kornverteilung nach DIN 18 123 untersucht. Die Gewichtsprozente der einzelnen Kornfraktionen sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die Kornverteilungskurven mit weiteren Angaben sind in den Anlagen 3.1 bis 3.5 dargestellt.

<u>Tabelle 3:</u> Ergebnisse der Kornverteilung

<b>5</b>	Entnahme-	Kor	ngröße (Gew.	Bodenart	Gruppen-	
Probe P	tiefe		> 0,063 bis	> 2,0 bis	nach DIN	symbol nach DIN
1	[m]	< 0,063 mm	< 2,0 mm	< 60,0 mm	4022	18196
4/19	5,90	4,4	26,4	69,1	G,s	GW
3/21	6,10	3,4	30,2	66,4	G,s*	GI
4/22	8,60	14,4	22,7	62,9	G,s,u	GU
4/23	4,60	18,4	36,5	45,1	G,s*,u*	GU
6/23	9,60	55,1	22,2	22,7	U,g,s	U

Aus den dargestellten Kornverteilungskurven ergeben sich nach KAUBISCH folgende Durchlässigkeitsbeiwerte:

Probe	Bohrung	Tiefe (m u. GOK)	Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert kf [m/s] nach Kaubisch
4/19	B 19	5,90	G,s	*
3/21	B 21	6,10	G,s*	*
4/22	B 22	8,60	G,s,u	6,0 x 10 <sup>-6</sup>
4/23	B 23	4,60	G,s*,u*	2,4 x 10 <sup>-6</sup>
6/23	B 23	9,60	U,g,s	2,1 x 10 <sup>-9</sup>

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwert aus der Kornverteilungskurve

## 4.4 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 3 (Lage z. T. im Grundwasser)

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie 3.

# 4.5 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

<sup>\*</sup>nicht auswertbar, da Feinanteil < 10 %

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 aufgeschlossenen Schotter dem **Homogenbereich 2** zugeordnet. Die Auffüllungen aus Tonen, Sanden und Kiesen wurden dem **Homogenbereich 3** zugeordnet. Die anstehenden Tone, Schluffe, Sande und Kiese wurden unter dem **Homogenbereich 4** und die darunter aufgeschlossenen Kalksteine unter dem **Homogenbereich 5** zusammengefasst.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 5 entnommen werden. Aufgrund der inhomogenen und engräumig wechselnden Zusammensetzung wurden auch wechsellagernde rollige und bindige Böden zusammengefasst, sodass in der Tabelle innerhalb eines Homogenbereiches Eigenschaften beider Bodenarten wie bspw. Konsistenz <u>und</u> Lagerungsdichte aufgeführt sind. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer <sup>1)</sup> gekennzeichnet.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 5 zusammengefasst.

<u>Tabelle 5:</u> Homogenbereiche

	Homogenbereich				
Bezeichnung	2 (Tragschicht- schotter)	3 (Auffüllungen)	4 (Tone, Schluffe, Sande und Kiese)	5 (Kalkstein/ Mergelstein)	
Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GE, GI, GU, GU*, GT, GT*	UM, UL, UA SI, SW, SE, SU, SU*, ST, ST*, GW, GE, GI, GU, GU*, GT, GT	TA, TL, TM, UM, UL, UA SI, SW, SE, SU, SU*, ST, ST*, GW, GE, GI, GU,	-	
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4	2,3,4,5,6,7,8	2,3,4,5,6,7,8	-	
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO	-	gering – mittel 5 % – 20 %	gering – mittel 5 % – 20 %	-	

	Homogenbereich				
Bezeichnung	2 (Tragschicht-schotter)	3 (Auffüllungen)	4 (Tone, Schluffe, Sande und Kiese)	5 (Kalkstein/ Mergelstein)	
14688-2					
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	-	-	
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 15 %	4 % – 40 % (10,51 % - 22,27 %) <sup>1)</sup>	4 % – 40 % (10,93 % - 22,73 %) <sup>1)</sup>	-	
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 $4\% -> 20\%$ (bindige Bereiche)	-	
undränierte Scherfestigkeit nach DIN 4094–4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	-	25 kN/m² - 600 kN/m²	25 kN/m² - 600 kN/m² (bindige Bereiche)	-	
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	-	$\begin{array}{c} \text{nicht vorhanden} \\ V_{\text{GI}} < 2 \ \% \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{nicht vorhanden} \\ V_{\text{GI}} < 2 \ \% \end{array}$	-	
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht, $I_D 35 - 85 \%$	-	$ \begin{array}{c} \text{mitteldicht - dicht,} \\ I_D \ 35 - 85 \ \% \\ \text{(rollige Bereiche)} \end{array} $	-	
Dichte nach DIN 18125-2	2,00 g/cm <sup>3</sup> – 2,50 g/cm <sup>3</sup>	1,50 g/cm <sup>3</sup> - 2,50 g/cm <sup>3</sup>	1,55 g/cm <sup>3</sup> – 2,50 g/cm <sup>3</sup>	2,50 g/cm <sup>3</sup> – 2,85 g/cm <sup>3</sup>	
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	-	-	sehr mürb bis hart bis < 150 MN/m²	
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	Kalkstein, Mergelstein	
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	sehr dünnbankig - dickbankig	
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	frisch – mäßig verwittert	
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	veränderlich	
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	

<sup>1)</sup> durch Laborversuche belegt

# 4.6 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 09 erfolgt die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen in 3 Frostempfindlichkeitsklassen:

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

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

Die Schotter sowie die Kiese und Sande sind in Abhängigkeit der Feinanteile der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 und F 3 zuzuordnen.

#### 4.7 Wasserverhältnisse

#### 4.7.1 Stauwasserstände

Mit einigen der im Rahmen der Altlasterkundung durchgeführten Bohrungen wurden oberflächennahe Stauwasserzutritte festgestellt. Die in den Bohrungen gemessenen Stauwasserstände sowie die in der nur 4,00 m tiefen bestehenden 2"-Messstelle GWM 2008-2" sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Stauwasserstände

Bohrung	Ansatzhöhe	Datum	Stauwasser angetroffen	
В	[mNN]		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	203,10	11.08.2014	3,00	200,10
В 7	203,16	12.08.2014	2,40	200,76
B 12	201,26	12.08.2014	2,00	199,26
B 13	201,23	14.08.2014	2,00	199,23
B 16	201,02	14.08.2014	1,80	199,22
GWM 2008-2"	202.10	14.08.2014	2,25	200,85
G W M 2008-2	203,10	16.08.2017	2,29	200,81

Bei den Wasserständen handelt es sich um Wasser, welches sich innerhalb besser durchlässiger Auffüllungsschichten über geringer durchlässigen Schichten der Auffüllung aufstaut und somit lokale Stauwasserlinsen in den Auffüllungen bildet.

### 4.7.2 Grundwasserstände

In den Bohrungen, die tiefer als 3,00 m abgeteuft wurden, wurde Grundwasser angetroffen. Die nach Abschluss der Bohrarbeiten eingemessenen Wasserstände sind in Tabelle 7 aufgeführt:

Tabelle 7: Grundwasserserstände nach Bohrende

Bohrung	Ansatzhöhe	Datum	Wasserstand r	nach Bohrende
В	[mNN]		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	203,10	11.08.2014	4,30	198,80
В 3	203,10	12.08.2014	4,95	198,15
B 4	202,99	12.08.2014	4,00	198,99
В 9	202,95	12.08.2014	4,90	198,05
B 11	202,96	12.08.2014	5,30	197,66
B 12	201,26	14.08.2014	4,30	196,96
B 14	202,98	12.08.2014	4,80	198,18
B 15	202,94	12.08.2014	5,80	197,14
B 19	200,41	16.11.2016	2,75	197,66
B 20	199,86	14.11.2016	2,41	197,45
B 21	200,85	15.11.2016	3,47	197,38
B 22	203,11	16.11.2016	5,45	197,66
B 23	203,08	14.11.2016	5,28	197,80
B 24	203,15	15.11.2016	5,30	197,85
B 25	201,04	16.11.2016	3,19	197,85
B 26	200,72	21.07.2017	4,52	196,20
В 27	202,96	20.07.2017	5,97	196,99
B 28	202,94	20.07.2017	6,64	196,30

Bei dem Wasser handelt es sich um Grundwasser innerhalb der quartären Talablagerungen von Elz und Brettenbach. Die Bohrungen, mit denen auch der Muschelkalk aufgeschlossen wurde (B 19 – B 28), weisen dabei Mischwasserstände auf, da das Grundwasser im Muschelkalk gemäß den Wasserspiegelmessungen nach Tabelle 8 in den zu Grundwassermessstellen ausgebauten Bohrungen vom Quartär abweichende Wasserstände aufweist. Zudem zeigen Wasserstandsmessungen im offenen Bohrloch lediglich die Wasserstände an, die sich nach Bohrende eingestellt haben. In Abhängigkeit von der Porosität bzw. der Klüftigkeit und somit der

Durchlässigkeit der aufgeschlossenen Bodenschichten, können die Wasserstände jedoch im Bohrloch zeitverzögert ansteigen, so dass diese Wasserstandsmessungen nicht zwangsläufig den Ruhewasserspiegel repräsentieren.

Die Bohrungen B 2 und B 8 wurden daher zu flachen Quartär-Messstellen ausgebaut (GWM 3-F und GWM 4-F). Die Bohrung B 26 wurde in separaten Bohrlöchern zu Doppel-Messstellen (Flach/Tief) im Quartär und im Muschelkalk (GWM 1-F und GWM 1-T) und die Bohrungen B 27 und B 28 zu tiefen Muschelkalk-Messstellen GWM 2T und GWM 3 T ausgebaut. Zusammen mit der bestehenden Grundwassermessstelle aus dem Jahr 2006 (GWM 2008-5" = GWM 3-F) ergeben sich damit jeweils 3 flache und 3 tiefe Grundwassermessstellen im Süden (GWM 1-F + GWM 1-T), im Osten (GWM 2-F + GWM 2-T) und im Norden GWM 3/T). 16.08.2017 (GWM 3-F + Die am Stichtag gemessenen Ruhewasserstände dieser Messstellen sind in Tabelle 8 aufgeführt und zudem im Lageplan in Anlage 1.1 neben den Messstellen angegeben.

Tabelle 8: Grundwasserstände Stichtag 16.08.2017

Bohrung		Grundwasser-	Ansatz- höhe	Ruhewasserstand am 16.08.2017		Differenz F/T	
		leiter	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]	[m	
B 26	GWM 1-F	Quartär	200,73	3,42	197,31	0,67	
B 26	GWM 1-T	Muschelkalk	200,72	4,08	196,64		
В 2	GWM 2-F	Quartär	202,90	5,44	197,46	0,27	
B 27	GWM 2-T	Muschelkalk	202,96	5,77	197,19		
GWM (2008)	GWM 3-F	Quartär	202,94	5,76	197,18	0,55	
В 28	GWM 3-T	Muschelkalk	202,94	6,31	196,63		
В 8	GWM 4-F	Quartär	202,28	4,91	197,37	-	

Gemäß den Ergebnissen der Stichtagmessung weist der Grundwasserleiter innerhalb lokal zu Blockwerk aufgewitterten Muschelkalkschichten (T), bedingt durch die

hydraulische Trennung durch die darüber liegende Tonschicht, einen zwischen 0,27 m und 0,67 m niedrigeren Wasserstand auf als der quartäre Grundwasserleiter (F).

# 4.7.3 Grundwasserfließrichtung

Das Grundwasser fließt innerhalb des quartären Grundwasserleiters mit einem Gefälle von ca. i = 0,0025 nach Westen bis Südwesten (s. Grundwassergleichen in Anlage 1.1) auf Brettenbach/Elz als Vorfluter, was ungefähr der großräumigen Grundwassergleichenkarte entspricht.

Im Muschelkalk-Grundwasserleiter liegt hingegen ein höheres Grundwassergefälle von ca. 1 = 0.01 vor. Das Grundwasser fließt hier nach Nordwesten in Richtung des Rheins.

# 4.7.4 Pumpversuche

Zur Bestimmung der Transmissivitäten und Durchlässigkeiten der beiden Grundwasserleiter wurden am 20./21.07.2017 an den neu eingerichteten Grundwassermessstellen GWM 1-F und -T sowie GWM 2-T und GWM 3-T Pumpversuche bis zur Konstanz der Absenkungen durchgeführt. Die Verläufe der Absenkungen sowie die Auswertungen sind in Anlage 4.1 bis 4.4 dargestellt. In Tabelle 9 sind die Berechnungsergebnisse zusammengefasst.

GW- Messstelle	Stratigraphie	Transmissivität T [m²/s][	Mächtigkeit Grundwasser- leiter M [m]	Durchlässig- keitsbeiwert k <sub>f</sub> [m/s]	Förderrate [1/s]
B 26/GWM- F	Quartär	2,11 x 10 <sup>-03</sup>	9,50	2,22 x 10 <sup>-04</sup>	1,20
B 26/GWM- T	Muschelkalk	1,64 x 10 <sup>-04</sup>	3,00	5,48 x 10 <sup>-05</sup>	1,20
B 27/GWM- T	Muschelkalk	2,13 x 10 <sup>-04</sup>	3,00	7,09 x 10 <sup>-05</sup>	1,20
B 28/GWM- T	Muschelkalk	2,96 x 10 <sup>-04</sup>	5,00	5,92 x 10 <sup>-05</sup>	1,20
GWM-F (2008)*	Quartär	5,68 x 10 <sup>-03</sup>	7,25	7,84 x 10 <sup>-04</sup>	0,95

<u>Tabelle 9:</u> Ergebnisse der Pumpversuche

Danach weist der quartäre Grundwasserleiter aus teils schluffigen Kiesen und Sanden eine recht hohe mittlere Durchlässigkeit von  $k_f$  ca.  $5.0 \times 10^{-4}$  m/s auf. Der Grundwasserleiter innerhalb der lokal zu tonig-kiesig-steinigem Blockwerk aufgewitterten Muschelkalkschichten ist hingegen mit einer mittleren Durchlässigkeit von  $k_f$  ca.  $6.2 \times 10^{-5}$  m/s etwa eine Zehnerpotenz geringer durchlässig, was sich auch an dem steileren Grundwassergefälle äußert.

### 4.7.5 Grundwassermonitoring

Die Wasserstände der im Quartär ausgebauten Grundwassermessstellen GWM 2-F und GWM 3-F werden bereits seit 17.11. 2016 mittels automatisch aufzeichnenden Drucksonden (Datenloggern) in Abständen von 4 Stunden gemessen. Zusätzlich werden seit dem 20.07.2017 die Wasserstände der Quartär-Messstelle GWM 1-F sowie der Muschelkalk-Messstellen GWM 1-T, GWM 2-T und GWM 3-T mit Datenloggern gemessen. Die Grundwasserganglinien sind für den gesamten Messzeitraum ab dem 17.11.2016 in Anlage 5.1 und für den Zeitabschnitt mit den

<sup>\*</sup> durchgeführt von IGU am 14.10.2008

Wasserständen der neu erstellten Messstellen ab dem 20.07.2017 in Anlage 5.2 dargestellt.

Gemäß Anlage 5.1 liegt die Schwankungsbreite des Grundwassers im Quartär innerhalb des 9-monatigen Messzeitraums bei rund 0,6 m, wobei die Ganglinien keine jahreszeitliche Abhängigkeit zeigen sondern vielmehr mit den Wasserständen von Elz und Brettenbach korrespondieren. Hochwasserereignisse an Elz und Brettenbach können temporär daher auch höhere Wasserspiegelschwankungen bewirken.

Aus Anlage 5.2 ist ersichtlich, dass die Wasserstände im Muschelkalk grundsätzlich mit den zugehörigen Quartär-Wasserständen korrespondieren, die Schwankungen jedoch deutlich geringer ausfallen.

#### 4.7.6 Hochwasser

Das Bauvorhaben liegt gemäß der Hochwassergefahrenkarte (Daten- und Kartendienst der LUBW) in Teilen innerhalb der Überflutungsfläche für ein  $HQ_{Extrem}$  (blaue Flächen in Anlage 1.2). Das  $HQ_{Extrem}$  ist hier mit 200,80 mNN angegeben. Die  $HQ_{Extrem}$ -Flächen sind bis HQ100 durch Hochwasserschutzeinrichtungen gegen Überflutung geschützt. Angaben zum Niveau eines  $HQ_{100}$  liegen jedoch nicht vor.

#### 4.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

#### <u>Hinterfüllung:</u>

Sandiger Kies bzw. Schotter,  $kN/m^3$ cal  $\gamma =$ 21 bindigkeitsarm,  $D_{Pr} \ge 100 \%$ cal  $\gamma' =$ 12  $kN/m^3$ cal  $\varphi' =$ 37  $kN/m^2$ cal c' =0  $E_{s}$ 170  $MN/m^2$ =

Auffül	lung:

Schluff, sandig, kiesig		cal $\gamma$	=	19	$kN/m^3$
steif/ halbfest	cal γ'	=	9	kN/m <sup>3</sup>	3
		cal φ'	=	23	° (Ersatzreibungswinkel)
				• 0	127/ 2
Sand, kiesig, schluffig		cal $\gamma$		20	kN/m³
		•	=	10	kN/m³
		cal \psi'	=	27	° (Ersatzreibungswinkel)
Kies, sandig		cal v	=	20	kN/m³
Mes, sandig		-	=		kN/m³
				30	
		cal φ'	=	30	° (Ersatzreibungswinkel)
Anstehend					
Schluff, sandig/ Ton, sand	ig	cal y	=	19	$kN/m^3$
weich, weich-steif		cal γ'	=	9	$kN/m^3$
			=	25	0
		cal c'	=	3	$kN/m^2$
		$E_{s}$	=	3	$MN/m^2$
Schluff, sandig/ Ton, sand	ig	cal $\gamma$	=	19	$kN/m^3$
steif, steif-halbfest		cal γ'	=	9	$kN/m^3$
		cal $\phi$ '	=	25	0
		cal c'	=	7	$kN/m^2$
		$\mathbf{E}_{s}$	=	7	$MN/m^2$
Sand, schluffig, kiesig		cal y	=	20	kN/m³
		cal γ'	=	11	$kN/m^3$
		cal \phi'		35	0
		cal c'	=	3	$kN/m^2$
		$E_s$	=	80	$MN/m^2$

Kies, sandig, lokal schluffig  $cal~\gamma = 20 \qquad kN/m^3$   $cal~\gamma' = 12 \qquad kN/m^3$   $cal~\phi' = 37 \qquad ^\circ$   $cal~c'~= 2 \qquad kN/m^2$ 

E.

150

 $MN/m^2$ 

Dabei sind:

cal  $\gamma$  = Feuchtdichte

cal  $\gamma'$  = Wichte unter Auftrieb

 $cal \phi' = Reibungswinkel$ 

 $cal c' = Koh \ddot{a}sion$  $E_s = Steife modul$ 

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

# 5. Chemische Untersuchungen

## 5.1 Betonaggressivität des Grundwassers

Aus der Bohrung B 23 sowie aus den Grundwassermessstellen GWM 1-F und GWM 1-T (B 26) wurden insgesamt 3 Wasserproben entnommen und auf betonangreifende Bestandteile untersucht.

Nach den in Anlage 6.1 bis 6.3 dargestellten Analysenergebnissen ist nur das das Wasser aus B 23 nach DIN 4030 aufgrund des Gehaltes an Ammonium von 27 mg/l als **schwach angreifend** einzustufen (s. Anlage 6.1). Nach E DIN 1045-2 erfolgt die Einstufung des Angriffsgrades somit in die **Expositionsklasse XA 1**.

### 5.2 Schadstoffgehalte des Grundwassers

Gemäß Forderung des Landratsamtes in der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Grundwassermessstellen vom 12.06.2017 war das beim Bohrungen Klarspülen der

Bohrung B 28/GWM-T anfallende Wasser aufzufangen und vor einer Einleitung auf PAK, MKW, AKW, CKW und Schwermetalle zu analysieren. Die Analysenergebnisse sind in Anlage 7 dargestellt. Danach waren keine der untersuchten Schadstoffe nachweisbar.

## 5.3 Laborchemische Untersuchung nach VwV Boden

Die beim Aushub anfallenden Böden und Auffüllungen wurden an vier Mischproben im Hinblick auf eine Verwertung nach dem Parameterumfang der "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial" (VwV Boden) analysiert.

Die Mischproben wurden wie folgt zusammengesetzt:

- MP 1: aus P 3/19, P 2/20, P 2/25 und P 3/25 anstehende Sande und Kiese
- MP 2: aus P 2/19, P 1/20 und P 1/25 Auffüllungen aus Sanden und Schluffen
- MP 3: aus P 2/22, P 3/22, P 4/23, P 2/24 und P 3/24 anstehende Schluffe und Sande
- MP 4: aus P 1/22, P 2/23 und P 2/23 Auffüllungen aus Schluffen und Kiesen

Die Analyseergebnisse sind in Anlage 8 dargestellt. Danach weisen die untersuchten Proben keine erhöhten Schadstoffgehalte auf. Alle Parameter unterschreiten die Z 0-Zuordnungswerte der VwV Boden. Die hier untersuchten Auffüllungen und anstehenden Böden können daher, gemäß den vorliegenden Analysen, in die Qualitätsstufe Z 0 nach VwV Boden eingestuft und außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten uneingeschränkt verwertet werden.

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

Deponieverordnung genehmigten Deponie werden vom Deponiebetreiber weitere Analysen nach dem Parameterumfang der Deponieverordnung anhand Haufwerksbeprobungen nach LAGA PN 98 gefordert.

Wir weisen jedoch darauf hin, dass im Rahmen der Altlastuntersuchung durch das BFI (Gutachten vom 26.09.2017) sowie bei früheren Untersuchungen von IGU im Bereich der Wehrle-Flächen lokal Belastungen der Auffüllungen und Belastungen des Stauwassers in den Auffüllschichten festgestellt wurden. Solche Bereiche sind daher beim Aushub zu separieren bzw. vorab mittels einer ergänzenden Erkundung einzugrenzen.

#### 6. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg in der **Erdbebenzone 1** und gehört zur **Untergrundklasse R** (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Die Erdbebenzone 1 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,5 bis < 7,0 zugeordnet ist.

Bezüglich der Baugrundklasse ist der Standort des Bauvorhabens aufgrund der grob- und gemischtkörnigen Lockergesteine mit meist dichter Lagerung in die Baugrundklasse B einzuordnen.

### 7. Angaben zur Versickerungsmöglichkeit

Nach dem DWA Arbeitsblatt A 138, Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser, vom April 2005, liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich etwa zwischen k<sub>f</sub>-Werten von 1,0 x 10<sup>-3</sup> bis 1,0 x 10<sup>-6</sup> m/s. Bei geringeren k<sub>f</sub>-Werten stauen Sickeranlagen zu lange ein, sodass anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone auftreten können, die Rückhalte- und Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen können.

Nach den Ergebnissen der Pumpversuche weist der quartäre Grundwasserleiter aus teils schluffigen Kiesen und Sanden eine mittlere Durchlässigkeit von  $k_f$  ca. 5,0 x  $10^{-4}$  m/s auf.

Die Kornverteilung der Kiese ergab nach der Formel von Kaubisch einen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  zwischen 2,4 x  $10^{-6}$  und 6,0 x  $10^{-6}$  m/s. Kiese und Sande mit nur sehr geringen Feinanteilen werden eine höhere Durchlässigkeit aufweisen. Hier ist erfahrungsgemäß von einem  $k_f$  von 5,0 x  $10^{-4}$  m/s. Für den Schluff ergab sich eine Durchlässigkeit  $k_f$  von 2,1 x  $10^{-9}$  m/s. D.h. die Kiese und Sande sind nach DIN 18 130 als durchlässig und die Schluffe als sehr schwach durchlässig einzustufen.

Wir weisen darauf hin, dass eine Versickerung im Untergrund nur über die Sande und Kiese erfolgen kann. Jedoch sind lokal bindige Bereiche eingelagert, die sich ungünstig auf eine Versickerung auswirken.

### 8. Konstruktive und gründungstechnische Angaben

### 8.1 Lastabtragung Einkaufszentrum

FFB +-0,00 m ist bei 199,75 mNN vorgesehen. Die unterste Geschossebene des Einkaufszentrum (Ebene -1) ist bei -4,50 m = 195,25 mNN geplant. Die abgebrochenen Gebäude sind nicht unterkellert bzw. UK der Bestandsfundamente liegt bei 195,02 mNN. Demnach gründet das neu geplante Gebäude unterhalb der Bestandsbebauung.

Nach Auskunft des Statikers, Herrn Theobald, ist die Gründung über eine Bodenplatte mit lastverteilender Tragschicht vorgesehen. In Bereichen mit lokal höheren Lasten (z.B. bei Einzelstützen) sind Vouten zur Verstärkung vorgesehen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegen die Gründungssohlen im Bereich des Einkaufszentrums in den sandigen Kiesen und kiesigen Sanden. Lokal stehen noch weiche bis steife Tone an.

Lasten liegen derzeit noch nicht vor. Ausgehend von einem mittleren Sohldruck  $\sigma_{zul}$  von 200 kN/m² kann nach überschlägiger Berechnung vorab ein Bettungsmodul  $k_s$  von 8,0 MN/m³ angesetzt werden. Der Bettungsmodul kann im außen liegenden, 1,00 m – Randbereich verdoppelt werden. Die aus der FE-Berechnung mit dem dann errechneten Bettungsmodul resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen. Der Bettungsmodul ist maßgebend abhängig von der Belastung. Nach Vorliegen der Lasten ist der Bettungsmodul daher zwingend zu prüfen.

Bei der Bemessung der Fundamentverstärkungen kann auf den dicht gelagerten sandigen Kiesen und kiesigen Sanden ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand**  $\sigma_{R,d}$  von 420 kN/m² nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck  $\sigma_{zul}$  von 300 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o. g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,50 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Sofern unter der Bodenplatte lokal noch bindige Bereiche anstehen, ist dort eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

### 8.2 Lastabtragung Parkhaus

FFB +-0,00 m ist bei 199,75 mNN vorgesehen. Die unterste Geschossebene des Parkhaus (Ebene 1) ist bei +3,00 m = 202,75 mNN geplant.

Nach Auskunft des Statikers, Herrn Theobald, ist zur Lastabtragung des Gebäudes eine elastisch gebettete Bodenplatte mit lastverteilender Tragschicht vorgesehen. Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegen die Gründungssohlen im Bereich des Parkhauses teilweise in den aufgefüllten Tonen, Schluffen und Kiesen und teilweise in den steifen und halbfesten Schluffen.

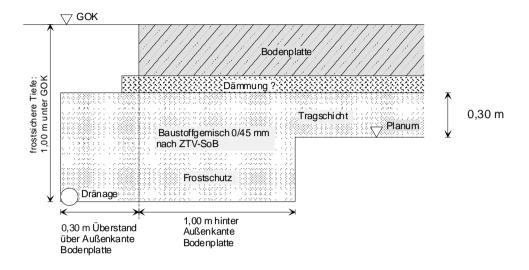
Die im Untergrund verbleibenden Auffüllungen sind durch Plattendruckversuche bzw. Rammsondierungen zu überprüfen. Anhand der Ergebnisse ist festzulegen, ob die Auffüllungen im Untergrund verbleiben können oder ob und bis zu welcher Tiefe ein Bodenaustausch mit einem bindigkeitsarmen gut verdichtungsfähigen Material z.B. BG 0/56 mm durchzuführen ist. Bei der Setzungsberechnung wird davon ausgegangen, dass die Auffüllungen der Qualität der anstehenden Tone und Schluffe entsprechen.

Lasten liegen derzeit noch nicht vor. Ausgehend von einem mittleren Sohldruck  $\sigma_{zul}$  von 200 kN/m² kann nach überschlägiger Berechnung vorab ein Bettungsmodul ks von 2,0 MN/m³ angesetzt werden. Der Bettungsmodul kann im außen liegenden, 1,00 m – Randbereich verdoppelt werden. Die aus der FE-Berechnung mit dem dann errechneten Bettungsmodul resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen. Der Bettungsmodul ist maßgebend abhängig von der Belastung. Nach Vorliegen der Lasten ist der Bettungsmodul daher zwingend zu prüfen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,30 m starke Tragschicht mit Baustoffgemisch 0/45 mm nach ZTV-SoB vorzusehen und mit einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100$  % zu verdichten. Um diese entwässern zu können, sind auf UK Tragschicht Dränagen anzuordnen, die an die Ringdränage anzuschließen sind. Gegen den anstehenden Boden ist ein Vlies der Klasse 3 zu verlegen. Der Überstand der Tragschicht über die Außenkanten der Bodenplatte muss mindestens der Tragschichtstärke, also 0,30 m entsprechen.

Auf eine frostsichere Gründung ist zu achten. Dazu ist die Tragschicht aus frostsicherem Material umlaufend, auf einer Breite von mindestens 1,30 m, bis 1,00 m unter geplante GOK zu führen. Das frostsichere Baustoffgemisch ist bis 1,00 m hinter die Außenkanten der Bodenplatte, d. h. unter die Gebäudegrundfläche zu führen (siehe Schemaskizze unten). Es ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in dem Schotterkörper aufstaut. Es ist eine umlaufende Dränage auf UK der Schotter-Frostschürzen vorzusehen, die außerhalb des Lasteinflussbereiches der Bodenplatte anzuordnen ist.

# Schemaskizze



### 8.3 Lastabtragung Einzelstütze

Zwischen dem Einkaufszentrum und dem Parkhaus ist eine Einzelstütze vorgesehen. Diese soll nach Auskunft des Tragwerksplaners, Herrn Theobald, über Mikropfähle oder Großbohrpfähle gegründet werden.

Für die Berechnung der Großbohrpfähle kann ab OK des anstehenden mindestens steifen Schluff bzw. Ton eine Mantelreibung  $q_{s,k}$  von 0,05 MN/m² angesetzt werden. Für die Sande und Kiese kann eine Mantelreibung  $q_{s,k}$  von 0,1 MN/m² und ein Spitzendruck  $q_{b,k}$  von 3,0 MN/m² bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von 0,10 angesetzt werden.

Für die Berechnung der Mikropfähle kann ab OK des anstehenden mindestens steifen Schluff bzw. Ton eine Mantelreibung  $q_{s,k}$  von 0,1 MN/m² sowie für die Sande und Kiese eine Mantelreibung  $q_{s,k}$  von 0,15 MN/m² angesetzt werden. Der Ansatz von Spitzendruck ist nicht zulässig.

#### 8.4 Sicherung der Baugruben

Die Baugrube des Einkaufszentrums wird nach den Ansatzhöhen der Bohrungen bis maximal rund 8,50 m in das Gelände einschneiden.

Im Allgemeinen dürfen Böschungen < 5,00 m oberhalb des Grundwassers im Bereich anstehenden und aufgefüllten Tone, Sande und Kiese mit einer Böschungsneigung von  $\beta \le 45^{\circ}$  hergestellt werden.

Die Böschungsschulter muss auf einer Breite von mindestens 2,00 m frei von Lasten sein. Bei Lasten an der Böschungsschulter aus Baubetrieb (z.B. Kranstellflächen, Schwerlastverkehr, Zwischenlager) oder angrenzenden Gebäuden sind die Böschungen rechnerisch nachzuweisen.

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

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse wird ein freies Böschen größtenteils jedoch nicht möglich sein. Zudem sind Böschungen > 5,00 m rechnerisch nachzuweisen.

Aufgrund der großen Böschungshöhen und der beengten Platzverhältnisse wird ein Verbau erforderlich sein werden. Aufgrund der Lage im Grundwasser kann hier z.B. eine überschnittene Bohrpfahlwand vorgesehen werden.

Für die Berechnung der Großbohrpfähle kann ab OK des anstehenden mindestens steifen Schluff bzw. Ton eine Mantelreibung  $q_{s,k}$  von 0,05 MN/m² angesetzt werden. Für die Sande und Kiese kann eine Mantelreibung  $q_{s,k}$  von 0,1 MN/m² und ein Spitzendruck  $q_{b,k}$  von 3,0 MN/m² bei einer bezogenen Pfahlkopfsetzung von 0,10 angesetzt werden.

Der Verbau muss rechnerisch nachgewiesen und die Baustoffe dimensioniert werden. Bei der Dimensionierung des Verbaus sind vorhandene Lasten zu beachten.

Gruben für Fundamente können kurzfristig senkrecht geböscht werden, dürfen aber unter keinen Umständen betreten werden.

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

### 8.5 Wasserhaltung während der Bauzeit

Das Bauvorhaben schneidet nach den gemessenen Wasserständen ins Grundwasser ein. Aufgrund der angrenzenden Bebauung ist eine geschlossene Wasserhaltung innerhalb der Bohrpfahlwandumschließung erforderlich. Die Wasserhaltung ist so durchzuführen, dass die Absenkungen außerhalb auf ein bauwerksverträgliches Maß beschränkt wird.

Die Wasserhaltung kann über mehrere Pumpenschächte, einen umlaufenden Dränagegraben und ggf. Querdränagen erfolgen.

Für die Wasserhaltung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich, die rechtzeitig vor Baubeginn beim Landratsamt zu beantragen ist.

Bezüglich der Ausführung sind die Angaben im Wasserrechtsantrag zu beachten.

# 8.6 Trockenhaltung der erdberührenden Bauteile

Das **Einkaufszentrum** schneidet nach den gemessenen Grundwasserständen in das Grundwasser ein. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Wir empfehlen daher, alle erdberührenden Bauteile entsprechend der DafStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton" in WU-Beton auszubilden. Maßgeblich für die Bemessung ist nach DIN 18195 der Fall "von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser". Entsprechend ist das Gebäude bis GOK auftriebssicher auszuführen.

Bis zum Herstellen der Auftriebssicherheit sind Flutungsöffnungen vorzusehen, über die das Untergeschoss im Falle eines Pumpenausfalls geflutet werden kann.

Die Öffnungen sind nach Herstellen der Auftriebssicherheit wieder dicht zu verschließen.

Das **Parkhaus** schneidet nach den gemessenen Grundwasserständen nicht in das Grundwasser ein. Es ist sicher zu stellen, dass sich kein Wasser unter der Bodenplatte aufstaut.

Nach DIN 18195-1 kann in Böden mit einem  $k_f$ -Wert >  $10^{-4}$  auf Dränagen verzichtet werden. Aufgrund der lokal anstehenden Tone und Schluffe mit deutlich geringeren  $k_f$ -Werten, empfehlen wir zum Schutz der Bodenplatte gegen Staunässe und aufsteigende Feuchtigkeit eine umlaufende Dränage gemäß DIN 4095 einzubauen. Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr,  $\emptyset \ge 100$  mm, das an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen ist. Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 1) einzulegen, um ein Einspülen von Feinteilen in die Dränage zu verhindern. Die Dränage ist durch den Einbau von Spülschächten so auszubilden, dass sie gespült werden kann.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Schicht (z. B. Kies oder Schotter 11/22 mm) einzubauen und an die Ringdränage anzuschließen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen schneidet die Bodenplatte des Parkhauses nicht in das Grundwasser ein. Wir empfehlen jedoch im Vorfeld der weiteren Planung mit dem Landratsamt abzustimmen, ob Dränagen im vorliegenden Fall genehmigt werden.

Ist die Ausbildung einer Dränage genehmigungsrechtlich, aus Platzgründen oder wegen der fehlenden Vorflut nicht machbar, sind die erdberührenden Wände entsprechend der DafStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton" in WU-Beton auszubilden. Maßgeblich für die Bemessung ist nach DIN 18195-1 der Fall "aufstauendes Sickerwasser". Da selbst bei Ausführung einer weißen Wanne keine 100 %ige Dichtigkeit gegeben ist, muss insbesondere bei höherwertiger Nutzung eine zusätzliche Abdichtung gemäß DIN 18195-6 erfolgen. Entsprechend ist das Gebäude dann bis GOK auftriebssicher auszuführen.

Über die Dränage findet keine permanente Absenkung des Grundwassers statt. Sie dient der Absicherung gegen temporär aufstauendes Sickerwasser in der verfüllten Baugrube.

## 8.7 Arbeitsraumverfüllung

Für Bereiche, in denen einhäuptig gegen die Bohrpfahlwand betoniert wird ist keine Arbeitsraumverfüllung erforderlich. Für die restlichen Bereiche können die in den Bohrungen angetroffenen, anstehenden, mindestens steifen Tone und Schluffe sowie die Sande und Kiese zum Verfüllen der Arbeitsräume verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden (z.B. in Grünflächen).

Es ist jedoch auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten, um ein Aufweichen des Materials zu verhindern. Wird weiches oder aufgeweichtes Material eingebaut, so muss mit starken Setzungen gerechnet werden, da die Verdichtbarkeit des Bodens mit zunehmendem Wassergehalt abfällt und eine ausreichende Verdichtung bei sehr hohen Wassergehalten des Bodens dann nicht mehr möglich ist.

Überbaute Arbeitsräume, in denen keine Setzungen auftreten dürfen, wie bspw. unter Zufahrten, Terrassen oder PKW-Stellflächen, sind mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm zu verfüllen und mit einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100$  % zu verdichten. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

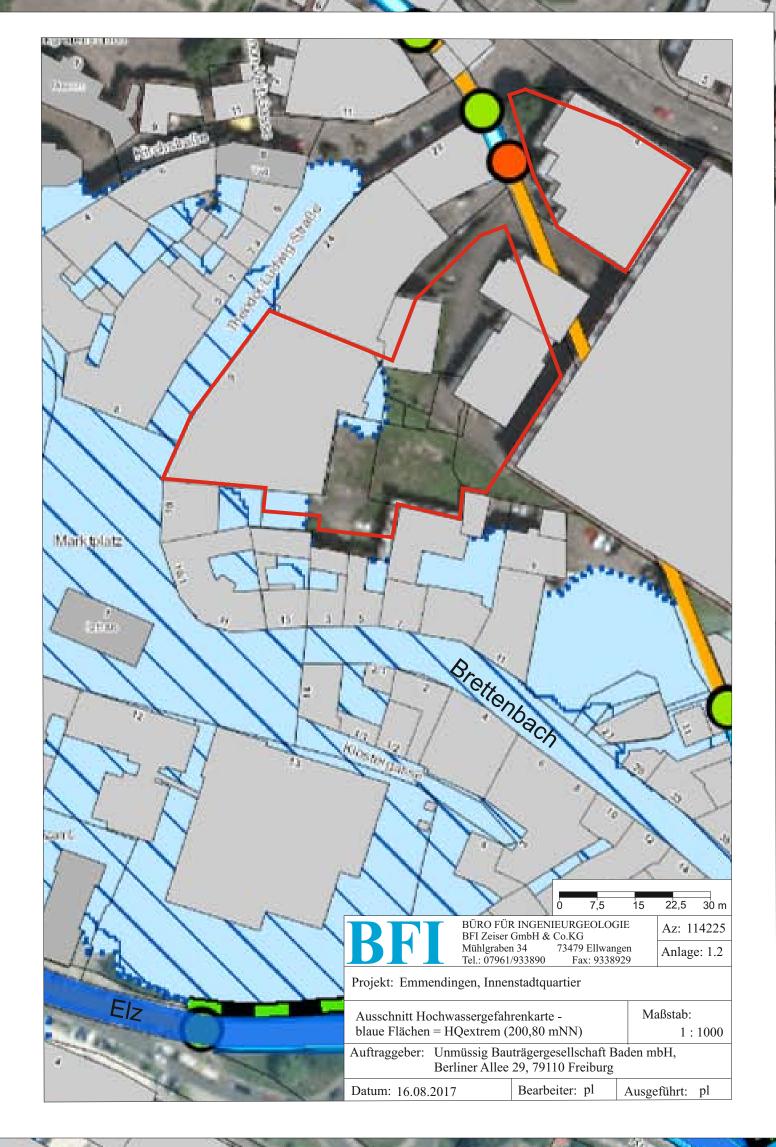
# 9. Abnahme und Haftung

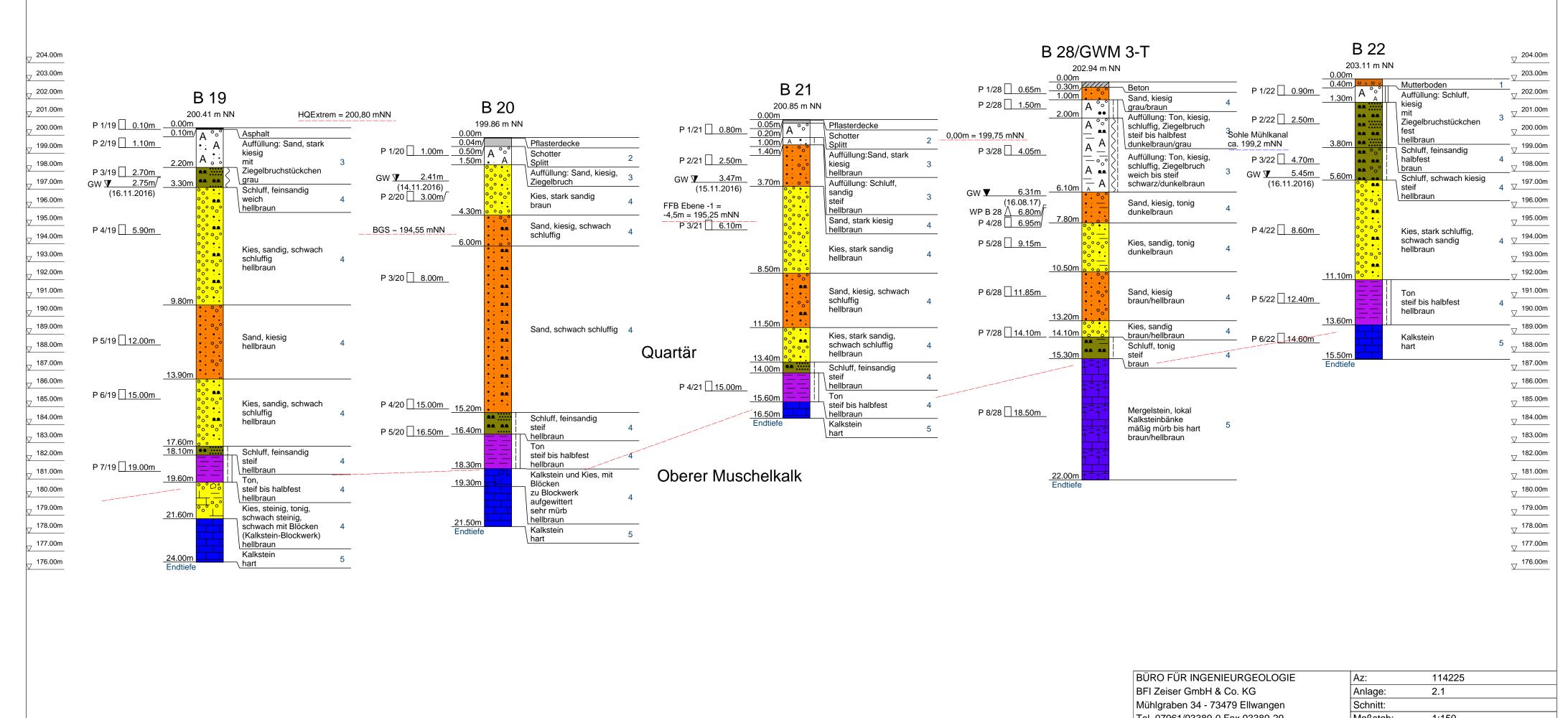
Haftungsvoraussetzungen sind:

- die Zusendung der Ausführungspläne
- rechnerische Nachweise für Böschungen > 5,00 m
- rechnerische Nachweise für notwendige Verbaumaßnahmen
- die lastabhängige Prüfung des Bettungsmoduls nach Vorliegen der Lasten
- die Abnahme der Gründungssohlen
- die Beweissicherung der Gebäude außerhalb der Baugrube unter Beachtung des Wasserspiegels

Für das BFI:	Sachbearbeiter:
ppa. DiplIng. (FH) K. Deis	DiplGeol. P. Lemke
	B.Eng. S. Reeb
	gez. Borota
	DiplGeol. S. Borota

63/1





Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

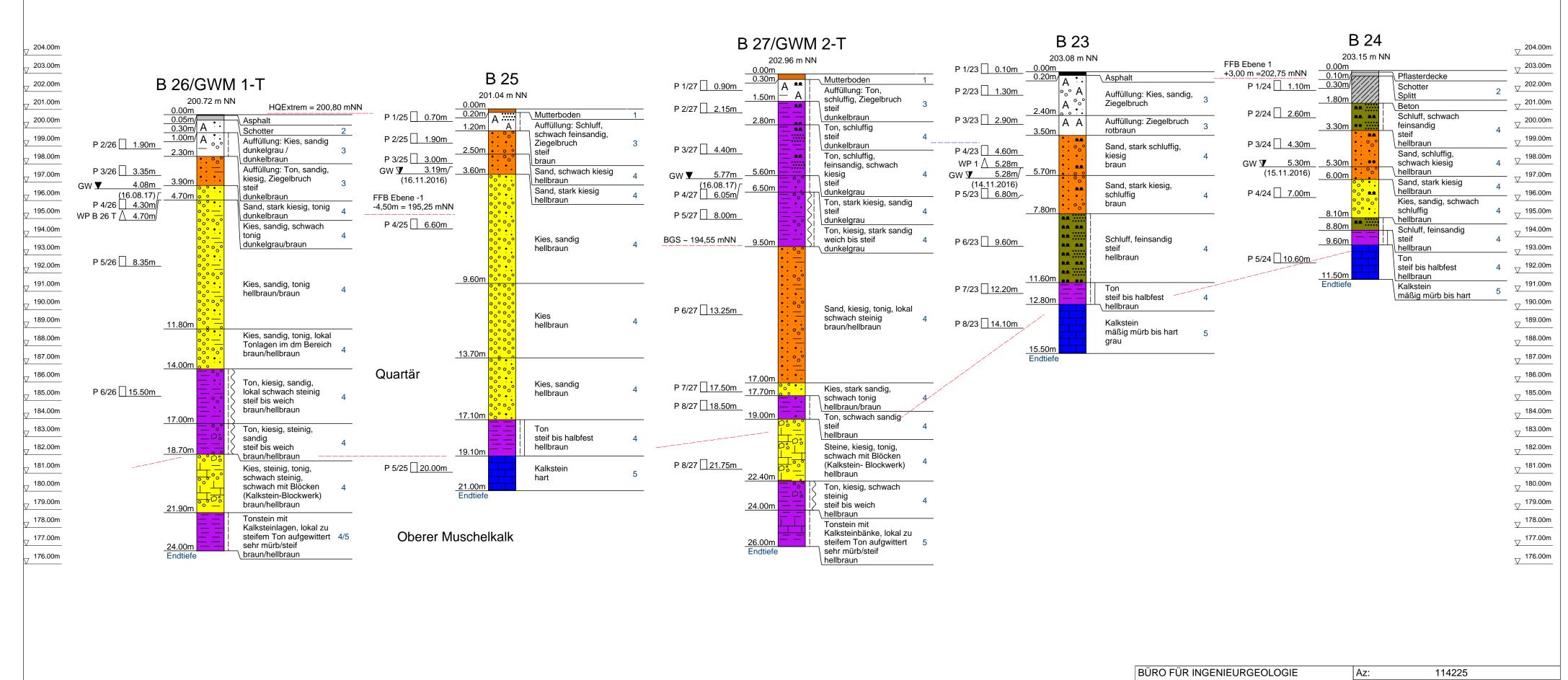
bfi@bfi-zeiser.de
Internet: www.bfi-zeiser.de

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

Maßstab: 1:150

Datum: 29.09.2017

aufgenommen: 14.11.16, seb, 19.07.17, sb



BURO FOR 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

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

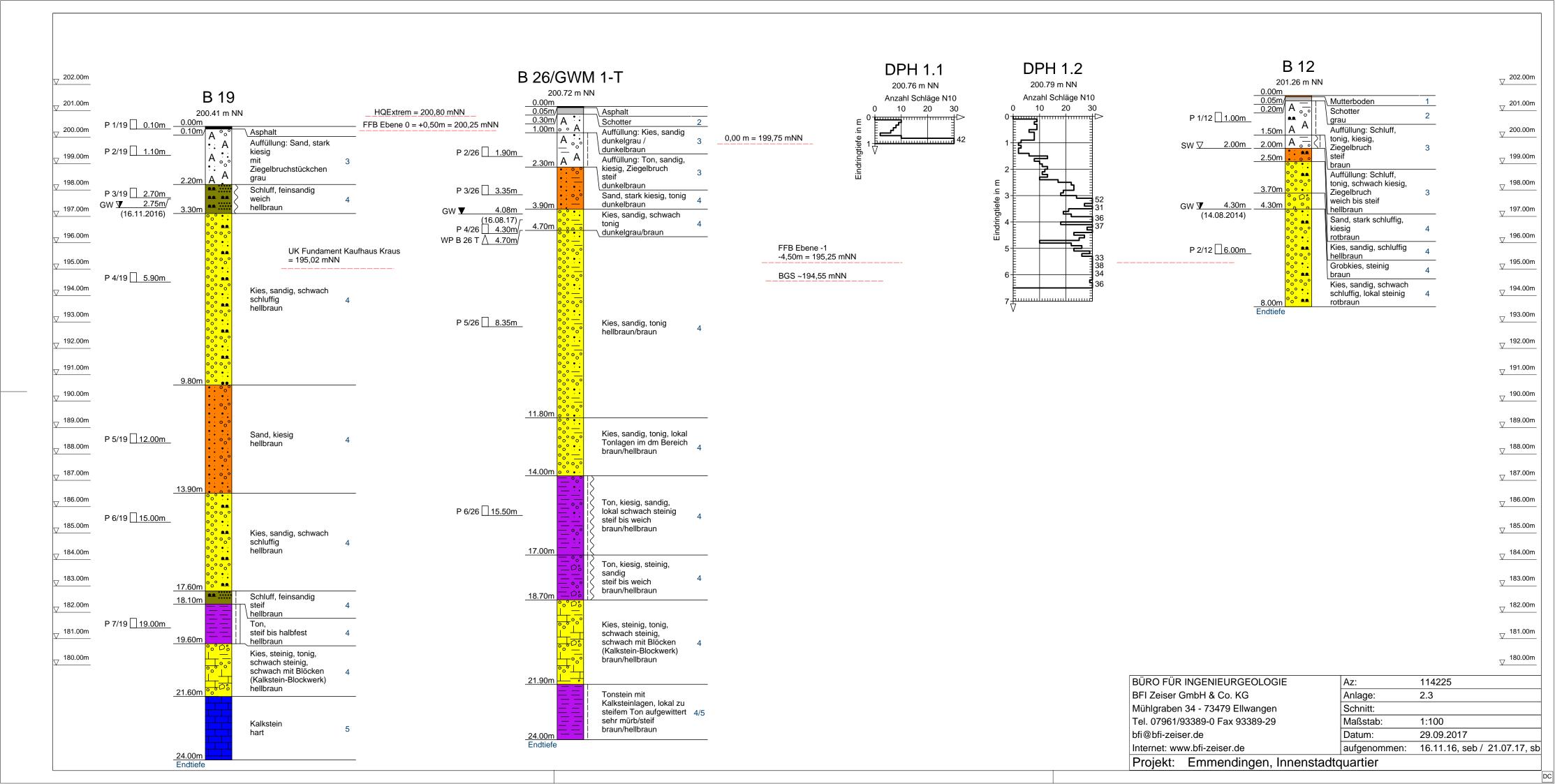
AZ: 114225

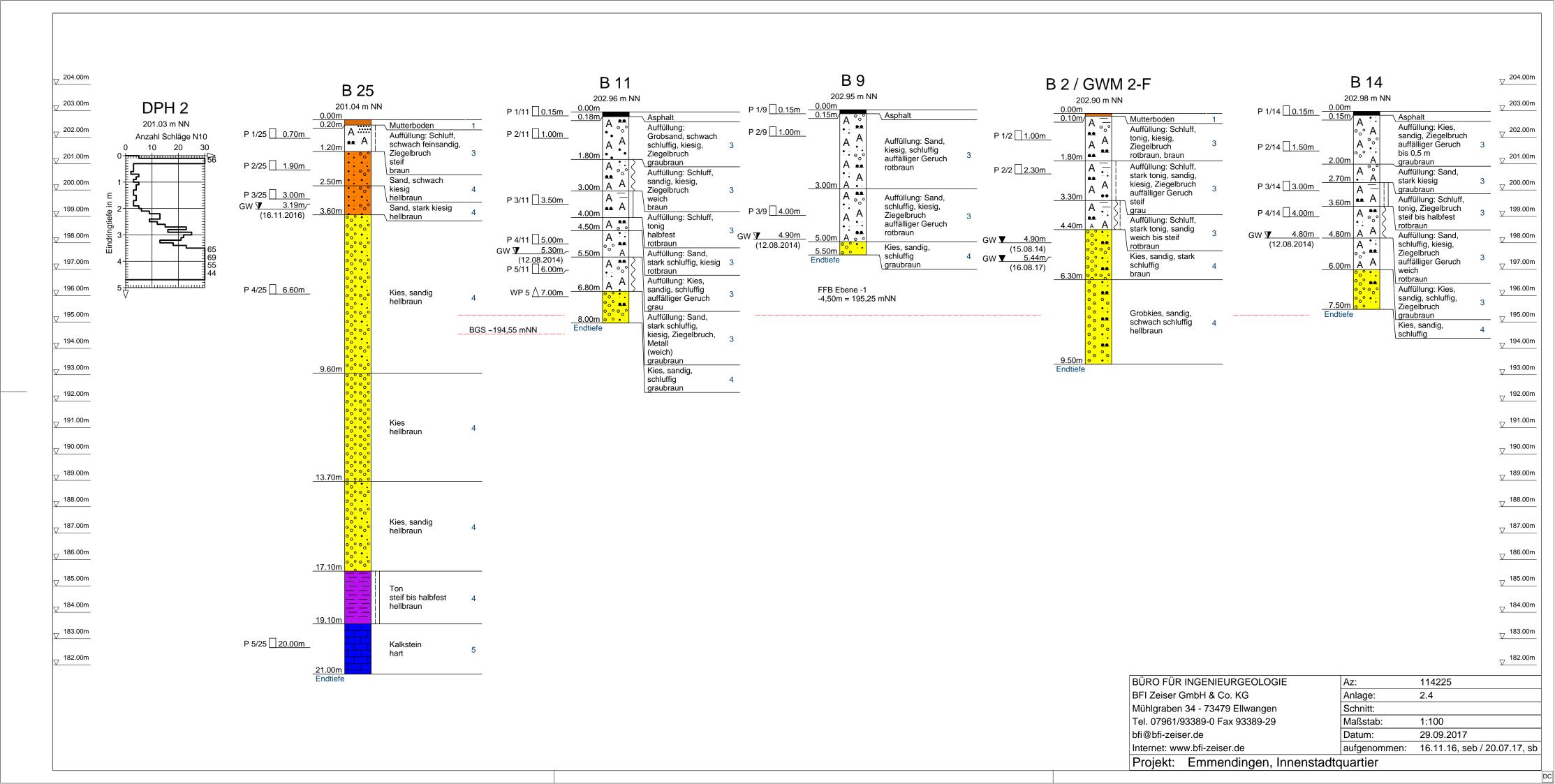
Anlage: 2.2

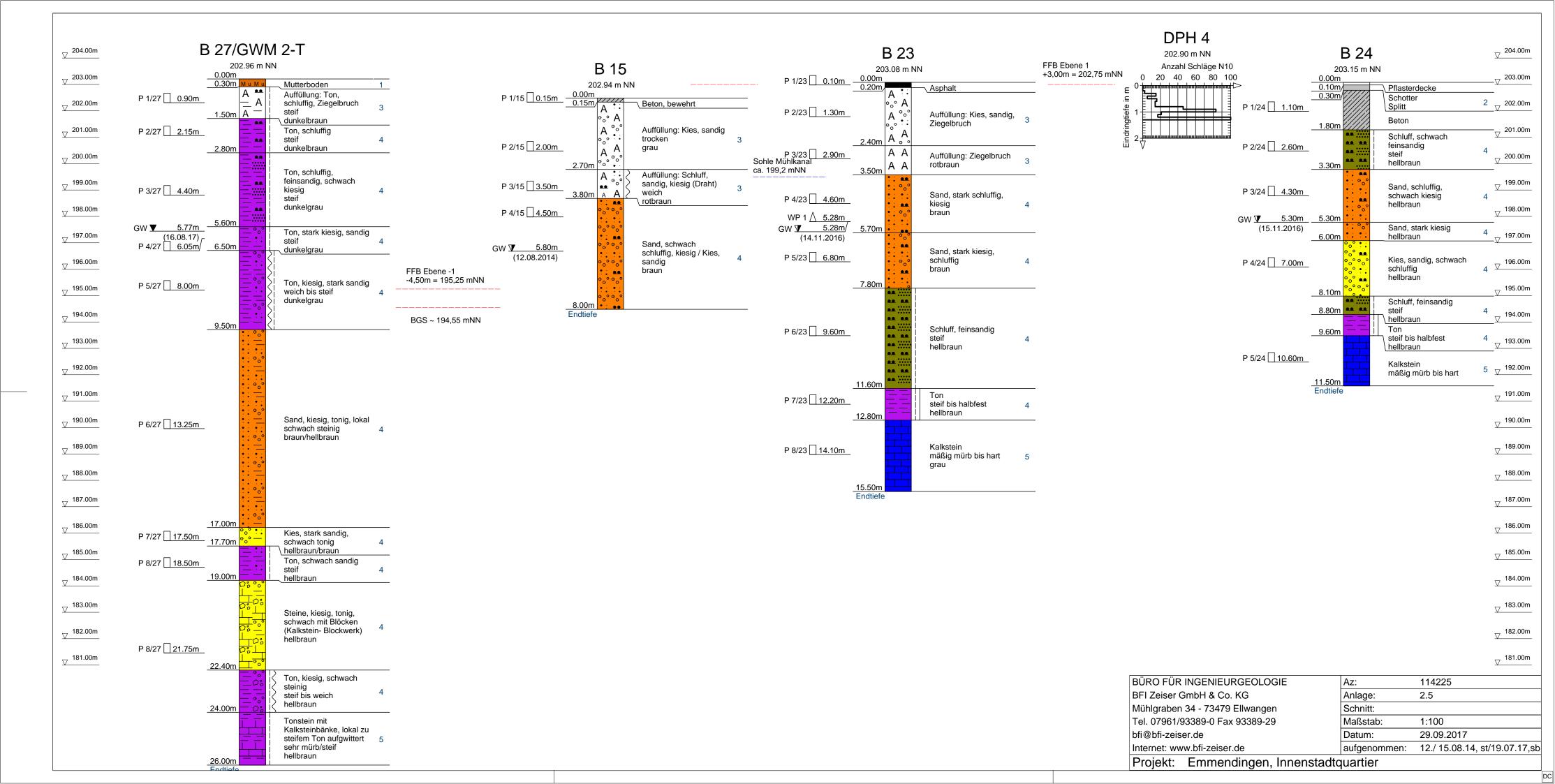
Maßstab: 1:150

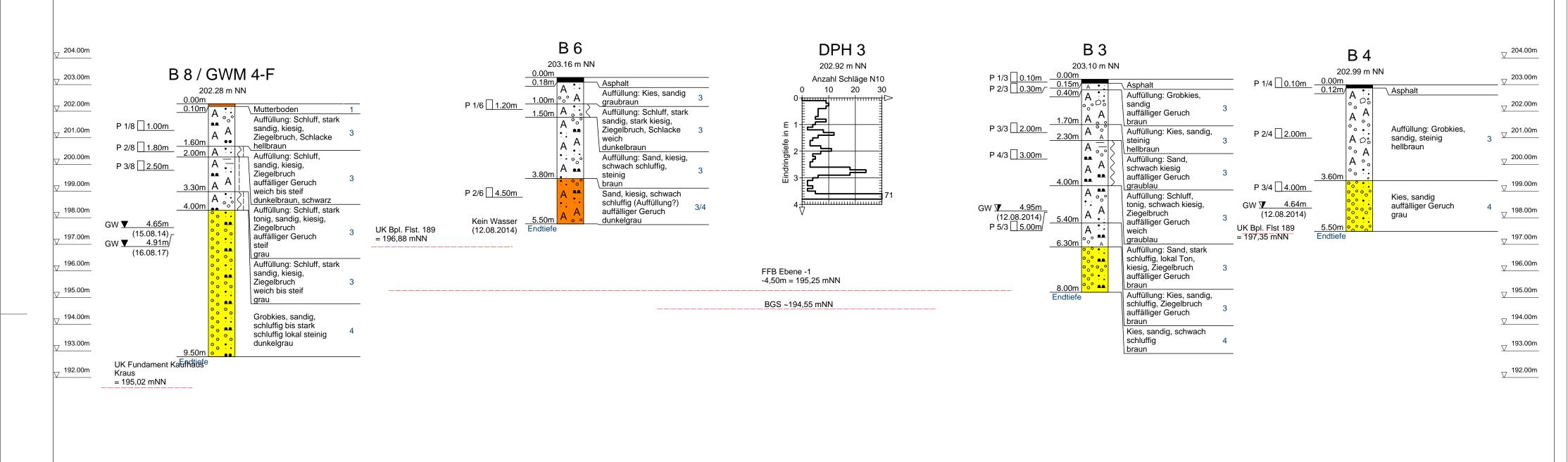
Datum: 29.09.2017

aufgenommen: 14.11.16, seb; 20.07.17, sb



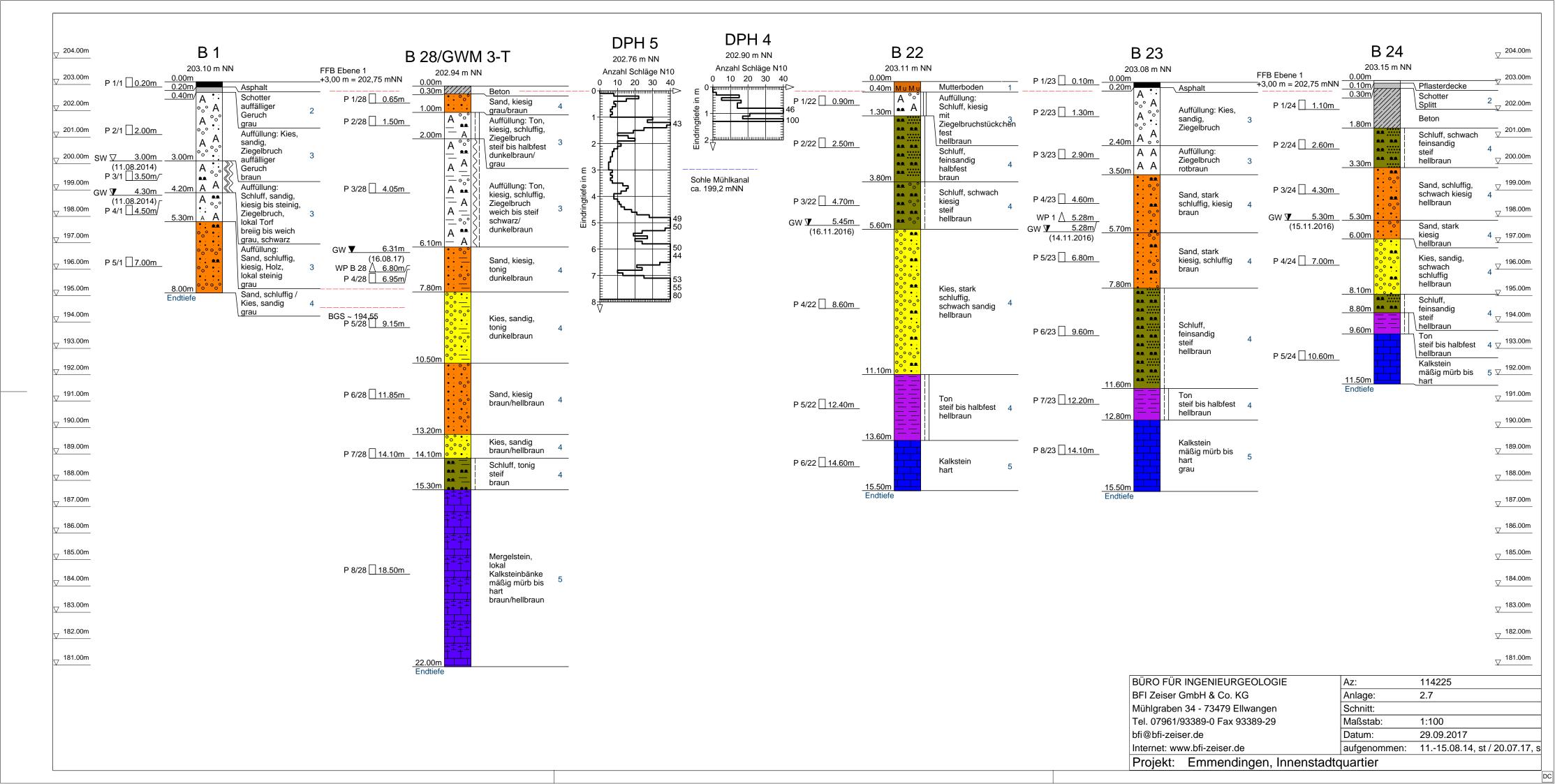


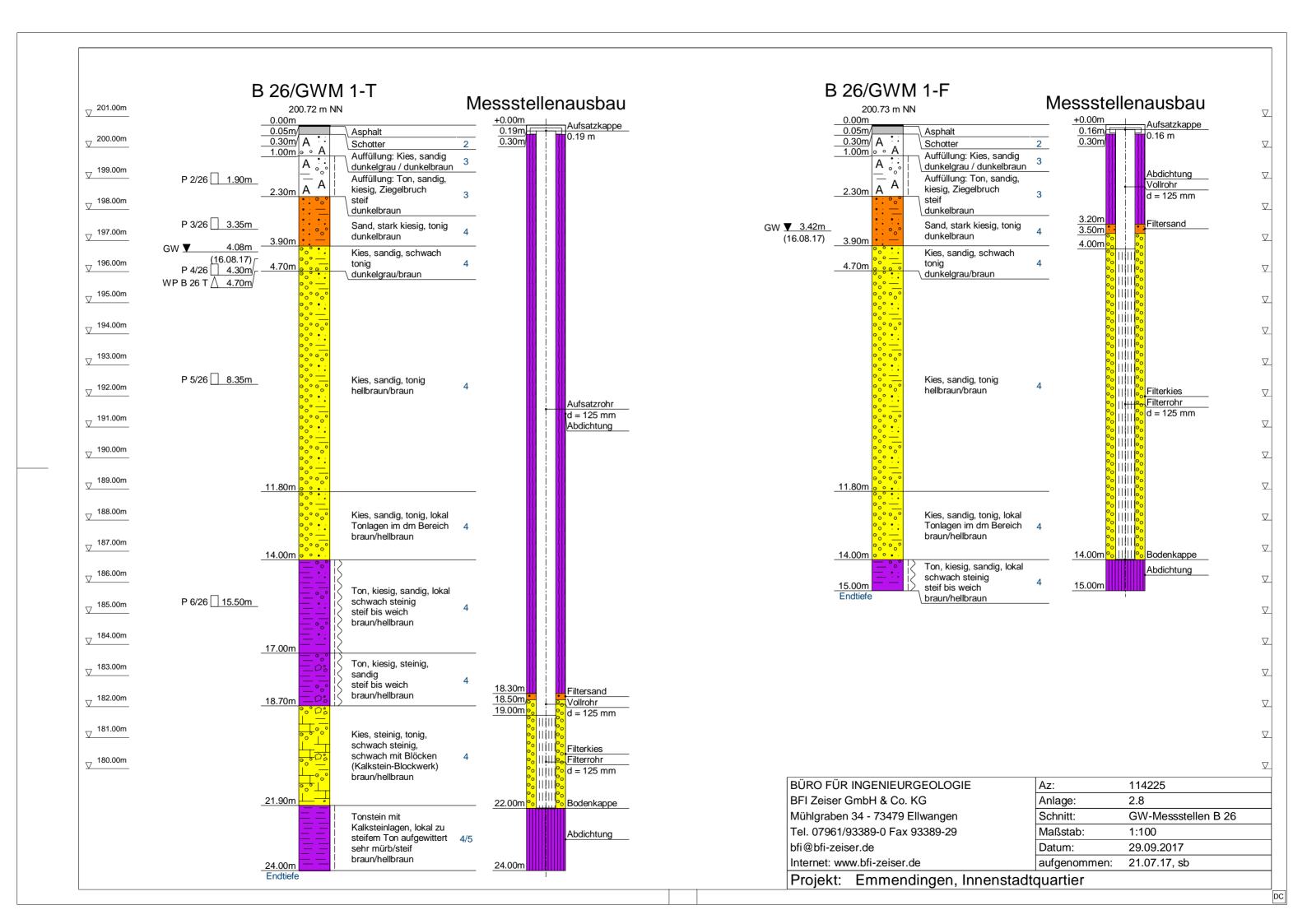


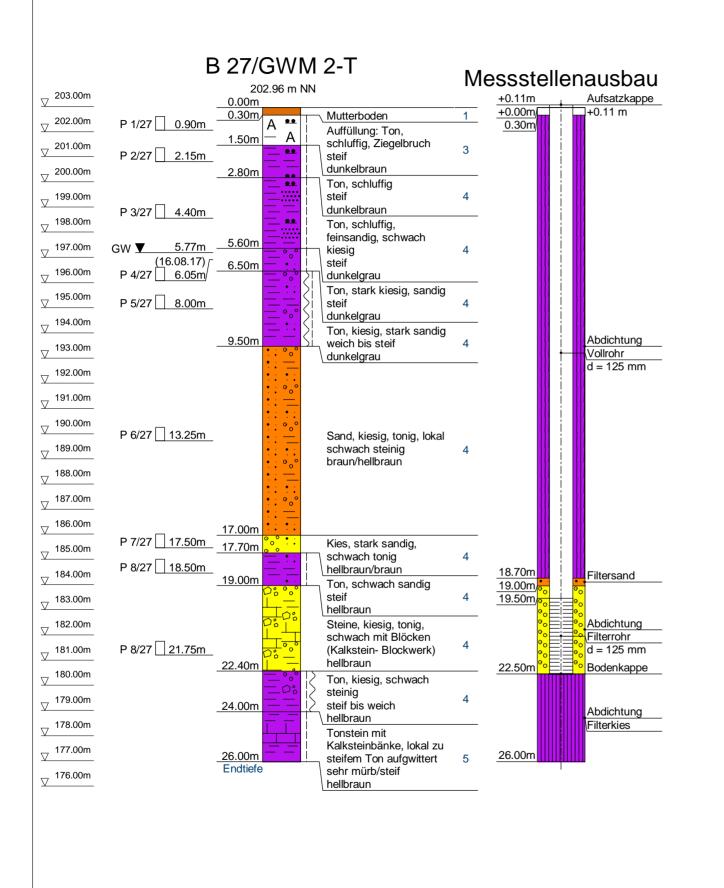


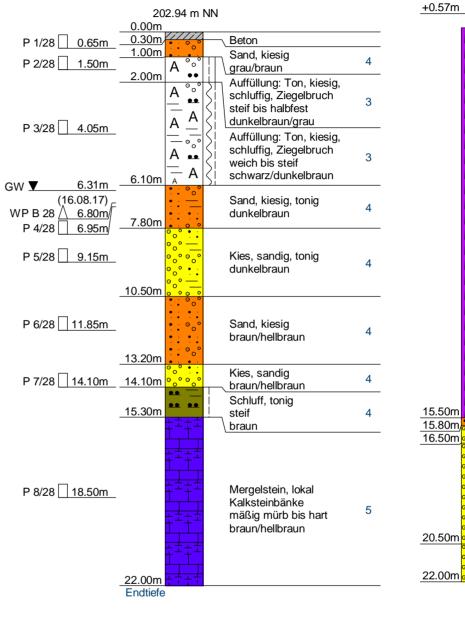
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	114225
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.6
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:100
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	29.09.2017
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	12./15.08.14st/ 14.15.11.16s
Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier		

DC

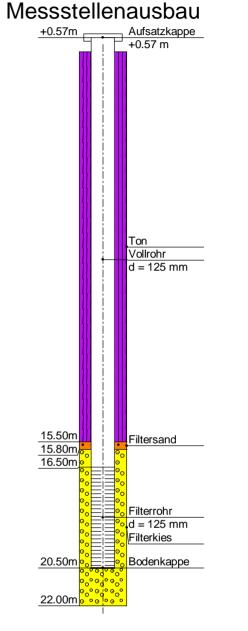








B 28/GWM 3-T



\_\_\_ 203.00m

202.00m

\_\_\_201.00m

200.00m

\_\_\_199.00m

\_\_\_198.00m

\_\_\_197.00m

\_\_\_196.00m

\_\_\_195.00m

\_\_\_194.00m

\_\_\_193.00m

\_\_\_192.00m

\_\_\_191.00m

\_\_\_190.00m

\_\_\_ 189.00m

\_\_\_187.00m

\_\_\_186.00m

\_\_\_185.00m

<u></u> 184.00m

\_\_\_183.00m

∑ 182.00m

\_\_\_181.00m

\_\_\_180.00m

\_\_\_179.00m

\_\_\_178.00m

\_\_\_\_177.00m

\_\_\_176.00m

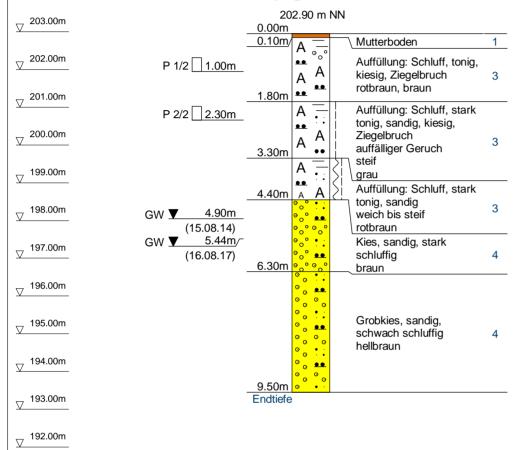
188.00m

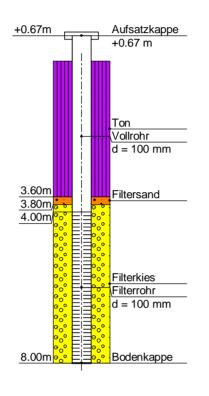
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	114225	
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.9	
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	GW-Messstellen B 27/B28	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:150	
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	29.09.2017	
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	20.08.17, sb	
Projekt: Emmondingen Innenstadtquartier			

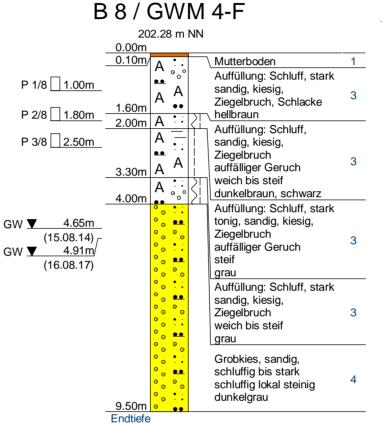
Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

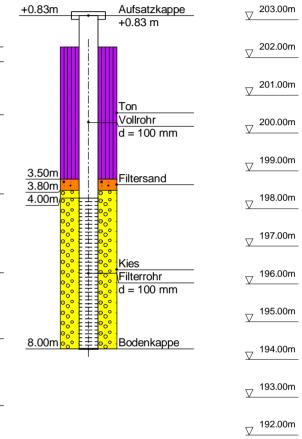
DC

## B 2 / GWM 2-F









BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	114225	
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.10	
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	GW-Messstellen B 2 / B 8	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:100	
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	29.09.2017	
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	20.08.17, sb	
Projekt: Emmondingen Innenstadtquertier			

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

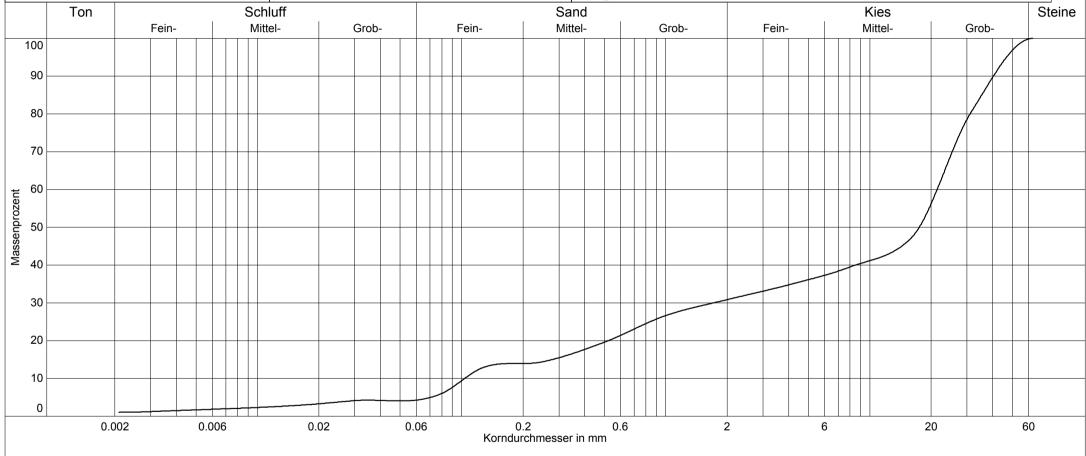
Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Emmendingen, Innenstadtquartier

Projektnr.: 114225

Datum : 18.02.2010



Siebung	——— P 4/19
Bodenart	G,s
Bodengruppe	GW
Kornfrakt. T/U/S/G/X	0.0/4.4/26.4/69.1 %
Frostempfindl.klasse	F1
Anteil < 0.063 mm	4.4 %
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)

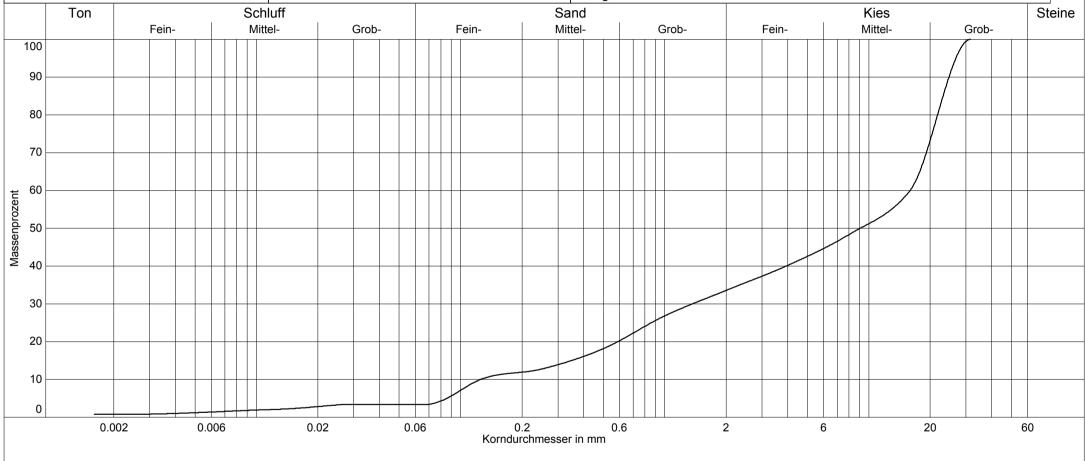
Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Emmendingen, Innenstadtquartier

Projektnr.: 114225

Datum : 01.12.2016



Siebung	——— P 3/21
Bodenart	$G,\overline{S}$
Bodengruppe	GI
Kornfrakt. T/U/S/G/X	0.8/2.6/30.2/66.4 %
Frostempfindl.klasse	F1
Anteil < 0.063 mm	3.4 %
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)

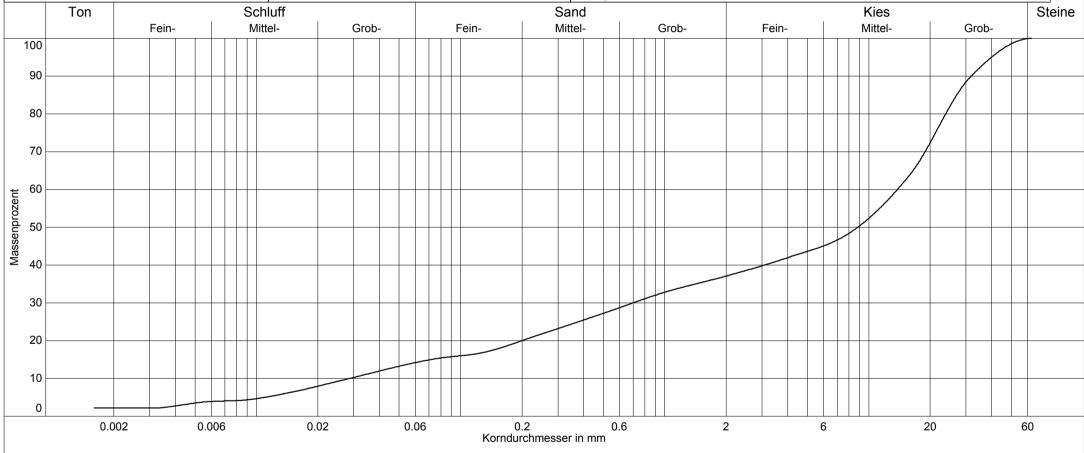
Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Emmendingen, Innenstadtquartier

Projektnr.: 114225

Datum : 13.12.2016



Siebung	——— P 4/22
Bodenart	G,s,u
Bodengruppe	GU
Kornfrakt. T/U/S/G/X	2.2/12.2/22.7/62.9 %
Frostempfindl.klasse	F2
Anteil < 0.063 mm	14.4 %
kf nach Kaubisch	6.0E-006 m/s

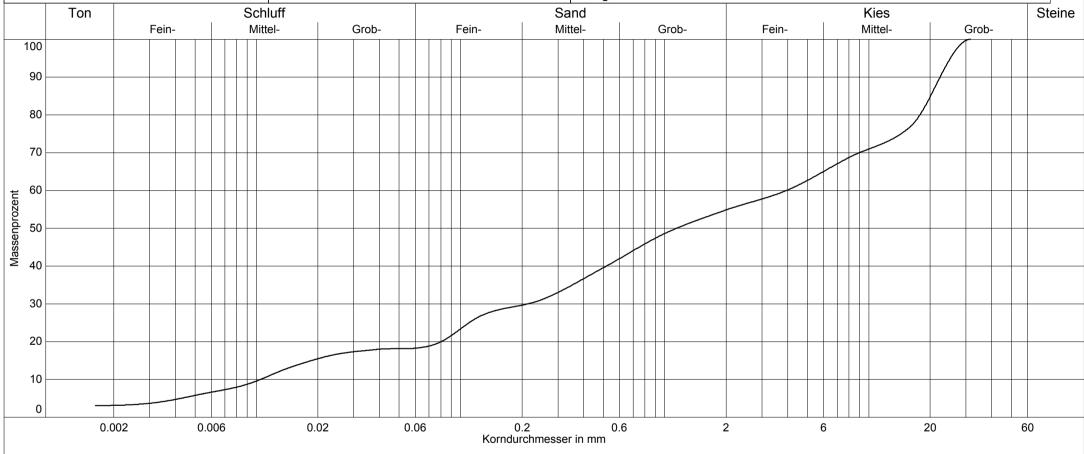
Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Emmendingen, Innenstadtquartier

Projektnr.: 114225

Datum : 13.12.2016



Siebung	——— P 4/23
Bodenart	$G,\overline{s},\overline{u}$
Bodengruppe	$G\overline{U}$
Kornfrakt. T/U/S/G/X	3.2/15.2/36.5/45.1 %
Frostempfindl.klasse	F3
Anteil < 0.063 mm	18.4 %
kf nach Kaubisch	2.4E-006 m/s

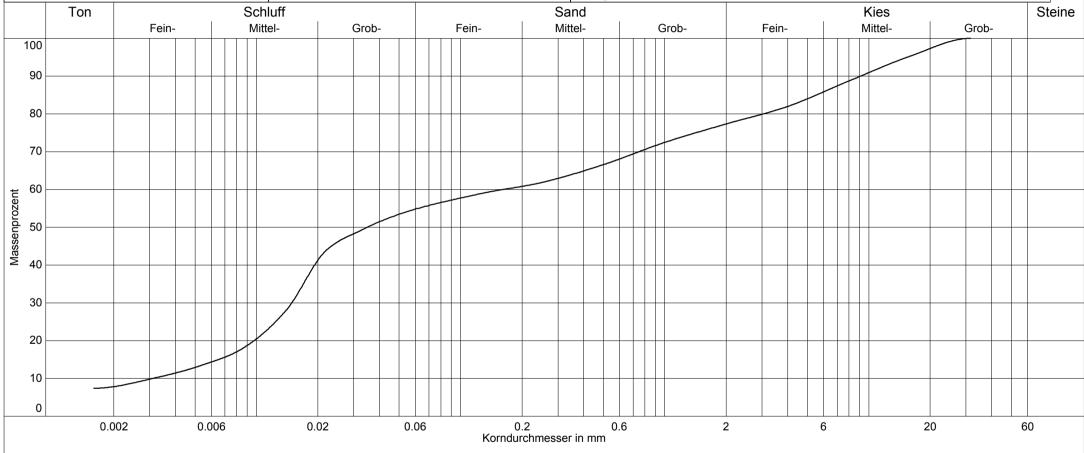
Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Emmendingen, Innenstadtquartier

Projektnr.: 114225

Datum : 13.12.2016

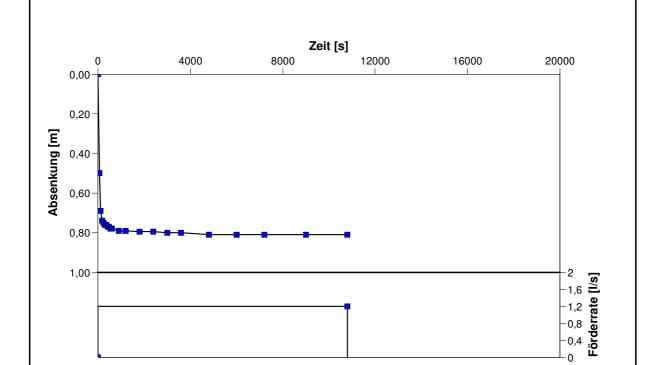


Siebung	——— P 6/23
Bodenart	U,g,s
Bodengruppe	U
Kornfrakt. T/U/S/G/X	7.8/47.3/22.2/22.7 %
Frostempfindl.klasse	F3
Anteil < 0.063 mm	55.1 %
kf nach Kaubisch	2.1E-009 m/s



Pumpversuchsauswertung		4.1.1
Projekt: Innenstadtquartier		
Projekt-Nr: 114225		
Auftraggeber: Unmüssig		

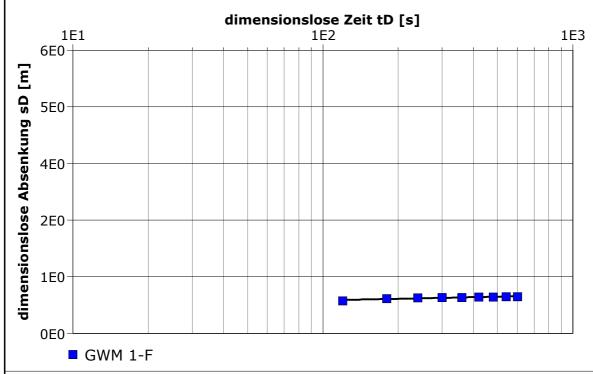
Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 1-F (B 26)	Pumpbrunnen: GWM 1-F
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 21.07.2017
Bearbeiter:	Ganglinie und Förderrate	Datum: 26.07.2017
Aquifermächtigkeit: 9,50 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]	





Pumpversuchsauswertung 4.1		
Projekt:	Innenstadtquartier	
Projekt-Nr: 114225		
Auftraggeber: Unmüssig		

Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 1-F (B 26)	Pumpbrunnen: GWM 1-F
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 21.07.2017
Bearbeiter: pl	Absenkung nach THEIS	Datum: 26.07.2017
Aquifermächtigkeit: 9,50 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]	



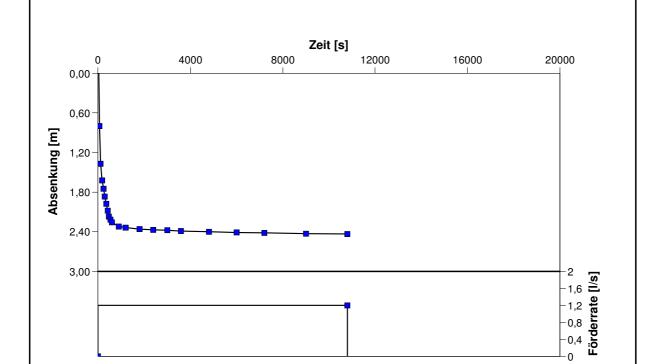
Berechnungsergebnisse nach THEIS mit Jacob-Korrektur

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität	Hydraul. Durchlässigkeit	Speicherkoeffizient	Abstand zum Pumpbr.
	[m <sup>2</sup> /s]	[m/s]		[m]
GWM 1-F	2,11 × 10 <sup>-3</sup>	2,22 × 10 <sup>-4</sup>	1,05 × 10 <sup>-5</sup>	0,13



Pumpversuchsauswertung		4.2.1
Projekt:	Innenstadtquartier	
Projekt-Nr: 114225		
Auftraggeber: Unmüssig		

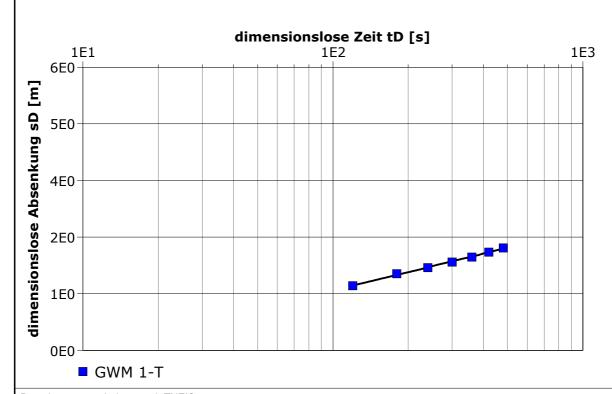
Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 1-T (B 26)	Pumpbrunnen: GWM 1-T
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 21.07.2017
Bearbeiter:	Ganglinie und Förderrate	Datum: 26.07.2017
Aquifermächtigkeit: 3,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]	





Pumpversuchsauswertung		4.2.2
Projekt:	Innenstadtquartier	
Projekt-Nr:	114225	
Auftraggeber: Unmüssig		

Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 1-T (B 26)	Pumpbrunnen: GWM 1-T
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 21.07.2017
Bearbeiter: pl	Absenkung nach THEIS	Datum: 26.07.2017
Aquifermächtigkeit: 3,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]	

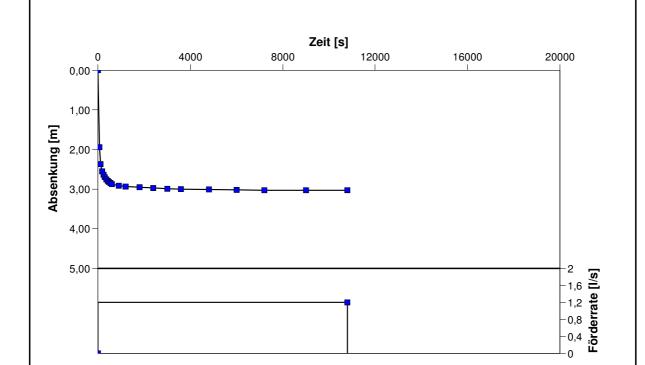


1 "				
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität	Hydraul. Durchlässigkeit	Speicherkoeffizient	Abstand zum Pumpbr.
	[m²/s]	[m/s]		[m]
GWM 1-T	1,64 × 10 <sup>-4</sup>	5,48 × 10 <sup>-5</sup>	2,82 × 10 <sup>-1</sup>	0,13



Pumpversuchsauswertung		4.3.1
Projekt:	Innenstadtquartier	
Projekt-Nr: 114225		
Auftraggeber: Unmüssig		

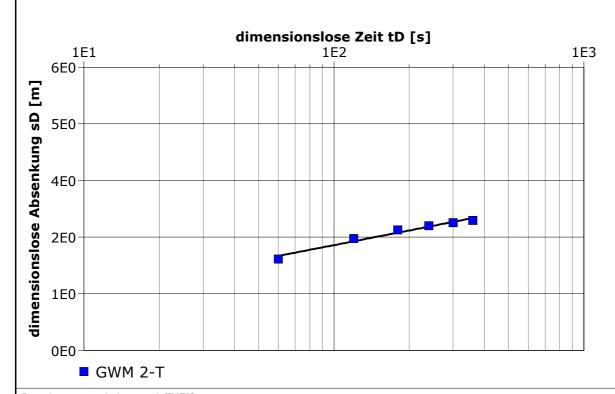
Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 2-T (B 27)	Pumpbrunnen: GWM 2-T
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 20.07.2017
Bearbeiter:	Ganglinie und Förderrate	Datum: 26.07.2017
Aquifermächtigkeit: 3,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]	





Pumpversuchsauswertung		4.3.2
Projekt:	Innenstadtquartier	
Projekt-Nr:	114225	
Auftraggeber: Unmüssig		

Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 2-T (B 27)	Pumpbrunnen: GWM 2-T
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 20.07.2017
Bearbeiter: pl	Absenkung nach THEIS	Datum: 26.07.2017
Aquifermächtigkeit: 3,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]	

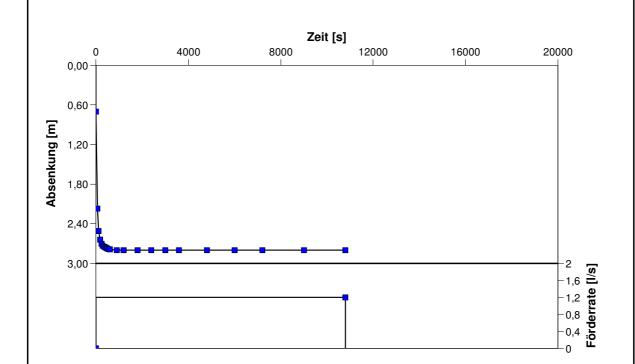


1 "				
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität	Hydraul. Durchlässigkeit	Speicherkoeffizient	Abstand zum Pumpbr.
	[m²/s]	[m/s]		[m]
GWM 2-T	2,13 × 10 <sup>-4</sup>	7,09 × 10 <sup>-5</sup>	2,14 × 10 <sup>-2</sup>	0,13



Pumpversuchsauswertung			
Projekt:	Innenstadtquartier		
Projekt-Nr:	114225		
Auftraggeber	: Unmüssig		

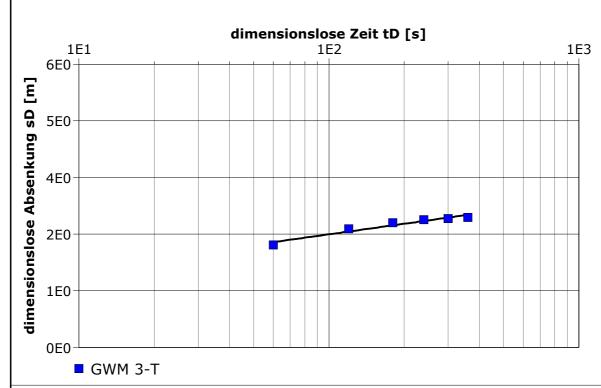
Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 3-T (B 28)	Pumpbrunnen: GWM 3-T		
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 20.07.2017		
Bearbeiter:	Ganglinie und Förderrate	Datum: 26.07.2017		
Aquifermächtigkeit: 5,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]			





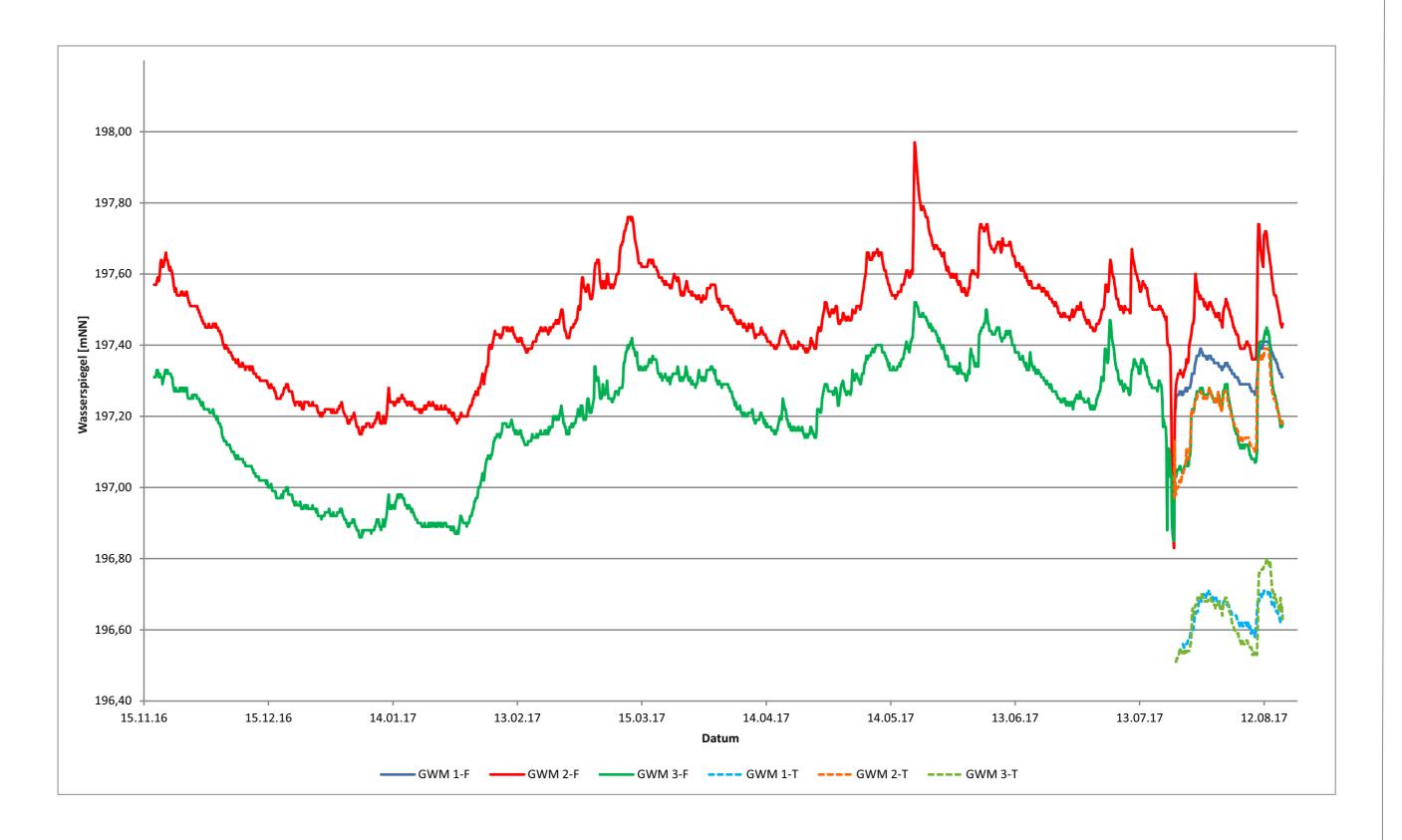
Pumpversu	chsauswertung	4.4.2
Projekt:	Innenstadtquartier	
Projekt-Nr:	114225	
Auftraggeber		

Ort: Emmendingen	Pumpversuch: GWM 3-T (B 28)	Pumpbrunnen: GWM 3-T		
Durchgeführt von: sb		Versuchsdatum: 20.07.2017		
Bearbeiter: pl	Absenkung nach THEIS	Datum: 26.07.2017		
Aquifermächtigkeit: 5,00 m	Förderrate: variabel, Ø 1,2 [l/s]			



Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität	Hydraul. Durchlässigkeit	Speicherkoeffizient	Abstand zum Pumpbr.					
	[m²/s]	[m/s]		[m]					
GWM 3-T	2,96 × 10 <sup>-4</sup>	5,92 × 10 <sup>-5</sup>	2,54 × 10 <sup>-3</sup>	0,13					





BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929 Az: 114225 Anlage: 5.1

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

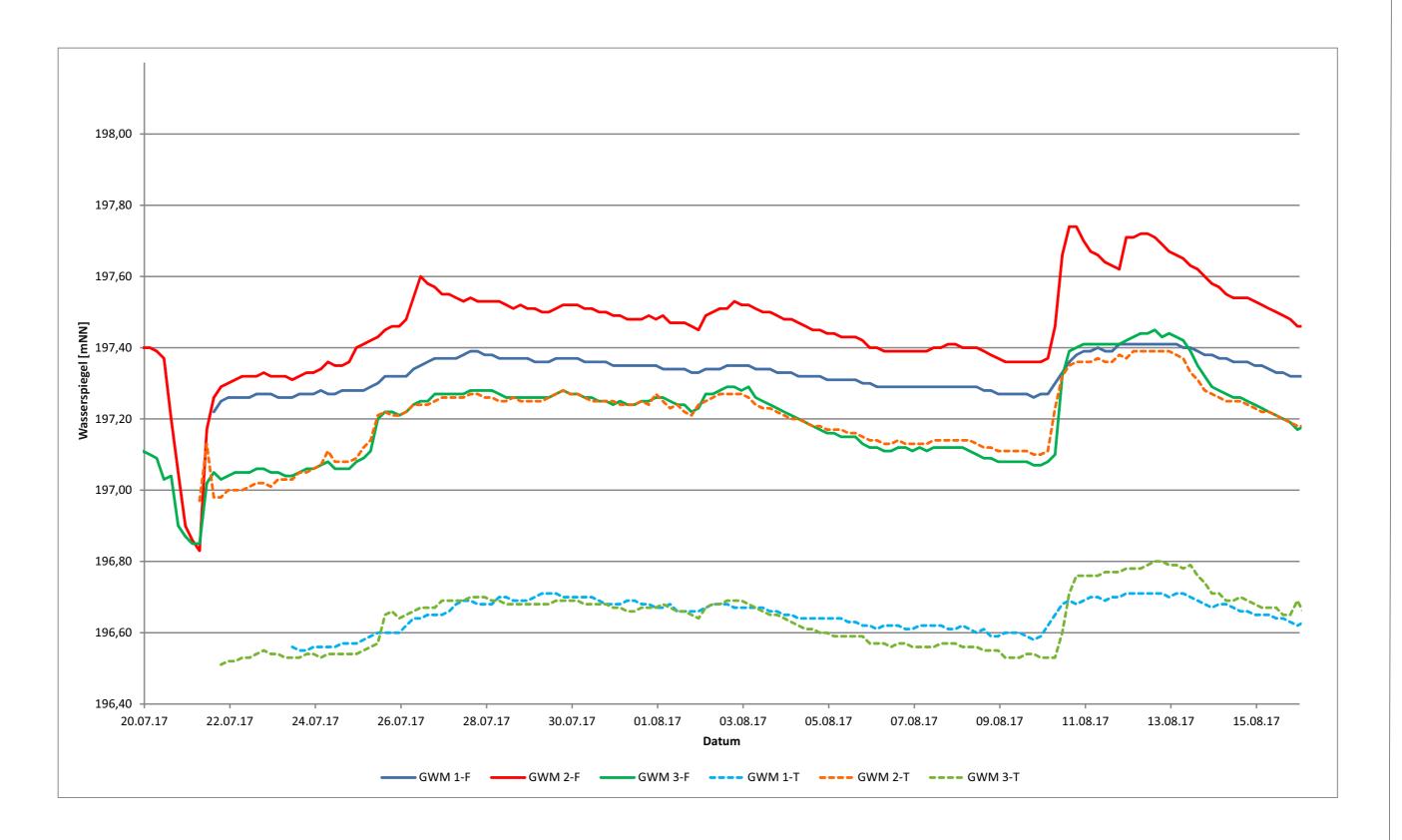
Grundwasserganglinien: 17.11.2016 - 16.08.2017

Auftraggeber: Unmüssig Bauträgergesellschaft Baden mbH, Berliner Allee 29, 79110 Freiburg

Datum: 18.08.2017

Bearbeiter: pl

Ausgeführt: pl





BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929 Az: 114225 Anlage: 5.2

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

Grundwasserganglinien: Ausschnitt 20.07.2017 - 16.08.2017

Auftraggeber: Unmüssig Bauträgergesellschaft Baden mbH, Berliner Allee 29, 79110 Freiburg

Datum: 18.08.2017

Bearbeiter: pl

Ausgeführt: pl

Az. 114225 Anlage 6.1

# Wasseranalyse nach DIN 4030

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

Az: 114225

Probenart: Grundwasser

Entnahmestelle: B 23

Entnahmedatum: 14.11.2016

Parameter	Einheit	(nicht)	XA 1 (schwach)	XA 2 (mäßig)	XA 3 (stark)	Untersuchungs- ergebnisse
pH-Wert	-	> 6,5	6,5 - 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5	7,4
kalklösende Kohlensäure	mg CO <sub>2</sub> /l	< 15	15 - 40	40 - 100	> 100	14
Ammonium	mg/l	< 15	15 - 30	30 - 60	> 60	27
Magnesium	mg/l	< 300	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000	8,57
Sulfat	mg/l	< 200	200 - 600	600 - 3000	> 3000	70

#### Analytik:

pH-Wert: DIN 38404 C 5
Ammonium: DIN 15923-1
Magnesium: DIN 17294-2

kalkl. Kohlensäure: DIN 38404 C 10-M4
Sulfat: DIN EN ISO 10304-1

Das Wasser ist nach DIN 4030 in der untersuchten Probe als **schwach betonangreifend** einzuordnen.

Az. 114225 Anlage 6.2

## Wasseranalyse nach DIN 4030

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

Az: 114225

Probenart: Grundwasser Entnahmestelle: B 26/GWM 1-F

Entnahmedatum: 21.07.2017

Parameter	Einheit	(nicht)	XA 1 (schwach)	XA 2 (mäßig)	XA 3 (stark)	Untersuchungs- ergebnisse
pH-Wert	-	> 6,5	6,5 - 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5	7,8
kalklösende Kohlensäure	mg CO <sub>2</sub> /l	< 15	15 - 40	40 - 100	> 100	< 5
Ammonium	mg/l	< 15	15 - 30	30 - 60	> 60	< 0,06
Magnesium	mg/l	< 300	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000	6,8
Sulfat	mg/l	< 200	200 - 600	600 - 3000	> 3000	18

#### Analytik:

pH-Wert: DIN 38404 C 5
Ammonium: DIN 15923-1
Magnesium: DIN 17294-2

kalkl. Kohlensäure: DIN 38404 C 10-M4
Sulfat: DIN EN ISO 10304-1

Das Wasser ist nach DIN 4030 in der untersuchten Probe als **nicht betonangreifend** einzuordnen.

Az. 114225 Anlage 6.3

## Wasseranalyse nach DIN 4030

Projekt: Emmendingen, Innenstadtquartier

Az: 114225

Probenart: Grundwasser
Entnahmestelle: B 26/GWM 1-T

Entnahmedatum: 21.07.2017

Parameter	Einheit	(nicht)	XA 1 (schwach)	XA 2 (mäßig)	XA 3 (stark)	Untersuchungs- ergebnisse
pH-Wert	-	> 6,5	6,5 - 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5	7,5
kalklösende Kohlensäure	mg CO <sub>2</sub> /l	< 15	15 - 40	40 - 100	> 100	< 5
Ammonium	mg/l	< 15	15 - 30	30 - 60	> 60	< 0,06
Magnesium	mg/l	< 300	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000	6,8
Sulfat	mg/l	< 200	200 - 600	600 - 3000	> 3000	16

Analytik:

pH-Wert: DIN 38404 C 5
Ammonium: DIN 15923-1
Magnesium: DIN 17294-2

kalkl. Kohlensäure: DIN 38404 C 10-M4
Sulfat: DIN EN ISO 10304-1

Das Wasser ist nach DIN 4030 in der untersuchten Probe als **nicht betonangreifend** einzuordnen.

Parameter	Einheit	B 28/GWM3-T	Prüfwert BBodSchV Wirkungspfad Boden- Grundwasser
Arsen	μg/l	< 1	10
Blei	μg/l	< 1	25
Cadmium	μg/l	< 1	5
Chrom	μg/l	< 1	50
Kupfer	μg/l	< 1	50
Nickel	μg/l	< 1	50
Quecksilber	μg/l	< 0,1	1
Zink	μg/l	< 2	500
Kohlenwasserstoffe C10-C40	μg/l	< 100	200
Summe aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)	μg/l	< 1	20
Benzol	μg/l	< 0,5	1
Summe chlorierte Kohlenwasserstoffe	μg/l	< 1	10
Summe PAK ohne Naphthalin	μg/l	< 0,01	0,2
Naphthalin	μg/l	< 0,05	2

BFI

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

Anlage: 7

Az: 114225

Projekt: Emmendingen, Neubau EKZ und Wohnbebauung

Analysenergebnisse Grundwasser aus B 28/GWM 3-T

Auftraggeber: Unmüssig Bauträgergesellschaft Baden mbH Berliner Allee 29, 79110 Freiburg

Datum: 22.08.2017 Bearbeiter: pl Ausgeführt: pl

Probe-Nr.		MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	Zuordnur	ngswerte	nach Vw	V Boden	für die \	/erwer	tung <sup>5)</sup>
Bodenart		Auffüllung Südteil (B 19, B 20,	anstehende Sande Südteil	anstehende Schluffe Nordteil	in bodenähnlichen Anwendungen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten							
		B 25)	(B 22, B 23)	(B 19, B 20, B 25)	(B 22, B 23, B 24)	Z 0 (Sand)	Z 0 (Lehm)	Z 0* IIIA <sup>3)</sup>	Z 0* <sup>4)</sup>	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Feststoffparamete	er								•			
Summe PAK n	ng/kg	< 0,05	0,26	< 0,05	1,85	3	3	3	3	3	9	30
- Benzo(a)pyren n	ng/kg	< 0,05	0,05	< 0,05	0,12	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe PCB n	ng/kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Summe LHKW n	ng/kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1	1	1	1	1	1	1
Summe AKW	ng/kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1	1	1	1	1	1	1
EOX n	ng/kg	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	1	1	3	3	10
MKW (C10-C22) n	ng/kg	< 40	< 40	< 40	< 40	100	100	100	200	300	300	1000
MKW (C10-C40) n	ng/kg	< 40	< 40	< 40	< 40	-	-	-	400	600	600	2000
Cyanide, ges. n	ng/kg	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	-	-	-	3	3	10
Arsen n	ng/kg	4,9	5,4	4,2	9,9	10	15	15	15	45	45	150
Blei n	ng/kg	15	14	5	12	40	70	100	140	210	210	700
Cadmium	ng/kg	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	1	1	1	3	3	10
Chrom	ng/kg	18	14	25	33	30	60	100	120	180	180	600
Kupfer n	ng/kg	9	11	9	14	20	40	60	80	120	120	400
Nickel n	ng/kg	14	12	16	24	15	50	70	100	150	150	500
Thallium	ng/kg	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	5
Quecksilber n	ng/kg	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,1	0,5	1	1	1,5	1,5	5
Zink	ng/kg	41	37	42	57	60	150	200	300	450	450	1500
Eluatparameter												
pH-Wert <sup>1)</sup>	-	9	10,2	8,7	8,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
Leitfähigkeit <sup>1)</sup> µ	սS/cm	62	187	61	86	250	250	250	250	250	1500	2000
	ng/l	< 1,0	1,1	< 1,0	1,8	30	30	30	30	30	50	100
Sulfat <sup>2)</sup>	ng/l	< 1,0	25	< 1,0	4,6	50	50	50	50	50	100	150
	ng/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01	0,02
	ng/l	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,1
1	ng/l	0,005	0,0007	0,003	0,002	-	-	0,014	0,014	0,014	0,02	0,06
	ng/l	< 0,001	< 0,001	0,003	< 0,001	-	-	0,04	0,04	0,04	0,08	0,2
l <del></del>	ng/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	-	-	0,0015	0,0015	0,0015	0,003	0,006
	ng/l	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	0,0125	0,0125	0,0125		0,06
1	ng/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-	-	0,02	0,02	0,02	0,06	0,1
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	ng/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	0,015	0,015	0,015	0,02	0,07
	ng/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	-	-	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,002
<del> </del>	ng/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-	0,15	0,15	0,15	0,2	0,6
Einstufung		Z 0	Z 0	Z 0	Z 0							

- 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
- maximale Feststoffgehalte für den Einbau in Wasserschutzgebieten der Zone IIIA, Heilquellenschutzgebieten, Wasservorranggebieten, Karstgebieten
- maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen
- Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.04.2007



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

Az: 114225 Anlage: 8

Projekt: Emmendingen, Neubau EKZ und Wohnbebauung

Analysenergebnisse nach VwV Boden

Auftraggeber: Unmüssig Bauträgergesellschaft Baden mbH Berliner Allee 29, 79110 Freiburg

Datum: 22.08.2017 Bearbeiter: pl Ausgeführt: pl