

# BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

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



BFI ZEISER GmbH & Co. KG  
MÜHLGRABEN 34  
73479 ELLWANGEN

Telefon 0 79 61/ 933 89-0  
Telefax 0 79 61/ 933 89-29  
e-mail bfi@bfi-zeiser.de  
Internet www.bfi-zeiser.de

Baugrunduntersuchung  
Altlastenerkundung  
Labor- und Feldversuche  
Beweissicherung  
Erschütterungsmessungen  
Erdstatische Nachweise  
Wasserbau  
Fachplanung/Bauleitung  
Aufschlussbohrungen  
Kleinbohrpfähle  
Brunnen/Geothermie

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

Stadt Oberkochen  
GB Stadtplanung und Bauwesen  
Eugen-Bolz-Straße 1  
73447 Oberkochen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

kd-se-ll-seb/ Az. 120712

17.12.2021

## **Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III**

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung – Innere Erschließung

Auftraggeber:

Stadt Oberkochen  
GB Stadtplanung und Bauwesen  
Eugen-Bolz-Straße 1  
73447 Oberkochen

Planung:

stadtlandingenieure GmbH  
Wolfgangstraße 8  
73479 Ellwangen

Ingenieurgeologische  
Beratung und Untersuchung:

Büro für Ingenieurgeologie  
BFI Zeiser GmbH & Co. KG  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Textteil</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Unterlagen .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Allgemeines und Lage .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Untergrund .....</b>	<b>5</b>
3.1 Baugrundgeologische Situation.....	5
3.2 Stratigrafie.....	6
3.3 Wasserverhältnisse.....	6
3.4 Laborversuche .....	8
3.4.1 Natürlicher Wassergehalt .....	8
3.4.2 Zustandsgrenzen.....	9
3.4.3 Kornverteilung .....	10
3.4.4 Proctorversuch.....	10
3.5 Geotechnische Kategorie.....	11
3.6 Homogenbereiche.....	11
3.7 Frostempfindlichkeit .....	14
3.8 Bodenkennwerte.....	14
<b>4. Orientierende chemische Untersuchungen.....</b>	<b>16</b>
4.1 Untersuchung nach VwV Boden .....	16
4.2 Sulfatanalyse.....	17
<b>5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen.....</b>	<b>18</b>
<b>6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen.....</b>	<b>19</b>
6.1 Erdarbeiten .....	19
6.2 Leitungsbau .....	21
6.2.1 Allgemeines und Rohraufleger .....	21
6.2.2 Sicherung der Leitungsgräben.....	22
6.2.3 Grabenverfüllung .....	23

6.3	Straßenbau .....	24
6.3.1	Planum .....	24
6.3.2	Tragschicht .....	25
6.4	Regenrückhaltebecken .....	26
6.5	Bodenverbesserung .....	28
<b>7.</b>	<b>Abnahme und Haftung.....</b>	<b>29</b>

**Anlagen:**

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 11 - B 25	M. 1 : 1.000
Anlage 2.1:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 24 - B 25	M 1 : 125
Anlage 2.2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 12 - B 14 und B 23	M 1 : 125
Anlage 2.3:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 15 - B 18	M 1 : 125
Anlage 2.4:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 19 - B 22	M 1 : 125
Anlage 3:	Zustandsgrenzen P 16/2	
Anlage 4.1:	Kornverteilung P 16/2	
Anlage 4.2:	Kornverteilung P 21/3	
Anlage 5:	Proctorversuch MP 1	
Anlage 6:	Analyseergebnisse nach VwV Boden	
Anlage 7:	Stand sicherheitsberechnung 0+350 (talseitig)	

## 1. Unterlagen

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

- |                                   |            |                |
|-----------------------------------|------------|----------------|
| – Lageplan 1                      | M: 1 : 500 | vom 02.12.2021 |
| – Kennzeichnende Querprofile      | M: 1 : 500 | vom 02.12.2021 |
| – Kennzeichnende Querprofile Hang | M: 1 : 100 | vom 02.12.2021 |

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

## 2. Allgemeines und Lage

Der Stadt Oberkochen GB Stadtplanung und Bauwesen plant die Erschließung des Gewerbegebietes Süd Teil III.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von ca. 530,50 mNN auf ca. 498 mNN nach Westen ein und wurde bisher landwirtschaftlich genutzt. Das Gelände so nach den aktuellen Planunterlagen auf drei Niveaus bei 516,50 mNN, 512,00 mNN und 509,00 mNN eingeebnet werden.

Im Norden ist ein Regenrückhaltebecken geplant.

Nach Auskunft von Herrn Hettich, stadtlandingenieure, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 10,0.

Die Verlegetiefe des Mischwasserkanals ist nach Auskunft von Herrn Hettich, stadtlandingenieure, bei rund 4,00 m und des Regenwasserkanals bei 2,50 m bis 3,50 m unter GOK geplant.

Das BFI von der Stadt Oberkochen GB Stadtplanung und Bauwesen mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung des o. g. Bauvorhabens beauftragt.

### **3. Untergrund**

#### **3.1 Baugrundgeologische Situation**

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Bereich der inneren Erschließung die Bohrungen B 12 bis B 25 bis in Tiefen zwischen 4,00 m und 20,00 m unter GOK angelegt.

Die Bohrungen B 1 bis B 11 liegen weiter im Norden. Da diese Fläche zunächst nicht erschlossen werden soll, sind diese Bohrungen entfallen bzw. nicht dargestellt.

Die Bohrungen wurden von der stadtländingenieure GmbH eingemessen und ausgepflockt.

Die Lage der Bohrungen ist der Anlage 1.2 zu entnehmen.

Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild vom Untergrund (siehe auch Anlage 2).

Bei den Bohrungen wurde zunächst ein zwischen 0,10 m und 0,30 m starker Mutterboden durchteuft. Lokal wurden unter dem Mutterboden Schotter und Auffüllungen aus Tonen und Sanden erkundet.

Ab einer Tiefe zwischen 0,20 m und 2,30 m unter GOK stehen weiche, steife und halbfeste kiesige, sandige Tone und kiesige, tonige Sande an.

Die Tone und Sande werden bei den hangseitigen Bohrungen ab einer Tiefe zwischen 0,20 m und 4,80 m unter GOK von einer Wechselfolge aus Mergel- und Kalksteinen, die oberflächlich zu Blöcken entfestigt sind, unterlagert.

Die Tiefen, in denen OK der Kalk- und Mergelsteine angetroffen wurden, sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: OK Kalk- und Mergelgestein

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	OK Festgestein	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 12	509,86	-	-
B 13	520,93	2,70	518,23
B 14	529,81	0,20	529,61
B 15	507,66	-	-
B 16	513,01	-	-
B 17	521,19	3,00	518,19
B 18	529,65	2,90	526,75
B 19	508,06	-	-
B 20	518,10	-	-
B 21	525,72	6,40	519,32
B 22	531,45	8,50	522,95
B 23	503,67	-	-
B 24	505,26	-	-
B 25	497,92	-	-

- kein Fels bis zur Endtiefe angetroffen

### 3.2 Stratigrafie

Das Bauvorhaben liegt stratigrafisch in den Schichten des Unteren Massenkalks. Die aufgeschlossenen Tone, Sande und Kiese sind quartäre Verwitterungsprodukte, Feuersteinschlufflehm und Abschwemmmassen.

### 3.3 Wasserverhältnisse

In den talseitigen Bohrungen B 23 bis B 25 wurden während der Arbeiten Wasserzutritte festgestellt. Die Niveaus der nach Abschluss der Bohrarbeiten in den offenen Bohrlöchern gemessenen Wasserstände sind in Tabelle 2 dargestellt. Die restlichen Bohrungen waren bis Abschluss der Arbeiten trocken.

Tabelle 2: Wasserstände nach Abschluss der Bohrarbeiten

Bohrung B	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserstand nach Abschluss der Bohrarbeiten	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 23	503,67	3,50*	500,17*
B 24	505,26	5,00*	500,26*
B 25	497,92	2,90	495,02

\*) nur Sickerwasserzutritt

Bei dem Wasser handelt es sich um quartäres Grundwasser bzw. Schicht- und Sickerwasser. Beim Einschneiden in das Gelände muss in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen lokal und temporär auch mit höheren Grundwasserständen sowie Schicht- und Sickerwasserzutritten gerechnet werden.

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

### 3.4 Laborversuche

#### 3.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen im Bereich der inneren Erschließung wurden insgesamt 59 gestörte Proben entnommen, von denen 14 auf ihren natürlichen Wassergehalt im Labor nach DIN 18121 untersucht wurden. Dabei wurden folgende Wassergehalte ermittelt:

Tabelle 3: Wassergehalte

Probe	Bohrung B	Tiefe (m)	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt (Gew.-%)
12/1	12	1,60	T,u,s',g' (st)	23,41
12/3	12	3,70	T,u,s,g (w-st)	26,44
16/2	16	1,60	T,s,g (st)	22,06
17/1	17	1,20	T,s*,u,g* (w-st)	23,47
18/1	18	1,40	U,t,s*,g' (hf)	20,16
19/3	19	2,30	S,g*,t'	15,44
20/3	20	2,60	S,g*,t'	13,69
21/3	21	3,70	S,g*,u',t'	14,06
22/3	22	3,85	S,g,t'	15,30
23/1	23	0,60	T,s',u,g (st)	22,65
23/2	23	2,00	T,u*,s',g (w-st)	25,70
24/1	24	0,60	T,s,u,g* (w)	23,02
24/3	24	2,80	T,u,s (st)	23,64
25/4	25	2,00	T,u,s,g (st)	21,00

### 3.4.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an der Probe P 16/2 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlage 3 sowie der Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Zustandsgrenzen

Probe	P 16/2
Bohrung	B 16
Entnahmetiefe [m]	1,60
Wassergehalt $w_N$ [%]	22,0
Fließgrenze $w_L$ [%]	36,0
Ausrollgrenze $w_P$ [%]	20,4
Plastizitätszahl $I_P$ [%]	15,6
Konsistenzzahl $I_C$	0,897
Gruppensymbol	TM
Konsistenz	steif

Für die Zustandsform des Tons ergab sich eine Konsistenzzahl  $I_C$  von 0,897. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Probe als „steif“ zu bezeichnen.

### 3.4.3 Kornverteilung

Die Tone und Sande wurden an den Proben P 16/2 und P 21/3 auf ihre Kornverteilung nach DIN 18 123 untersucht. Die Gewichtsprozentage der einzelnen Kornfraktionen sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Die Kornverteilungskurve mit weiteren Angaben ist in der Anlage 4 dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse der Siebanalyse

Probe P	Entnahmetiefe [m]	Korngröße (Gew.-%)			Gruppensymbol nach DIN 18196	Bodenart nach DIN 4022
		< 0,063 mm	> 0,063 bis < 2,0 mm	> 2,0 bis < 60,0 mm		
P 16/2	1,60	65,1	16,9	18,0	TM	T,g,s
P 21/3	3,70	15,8	52,9	31,3	ST*	S,g*,u',t'

### 3.4.4 Proctorversuch

Von den beim Aushub anfallenden Tonen und Sanden im Hangbereich wurde eine Mischprobe hergestellt (MP 1), an der nach DIN 18127 die Proctordichte sowie der optimale Wassergehalt ermittelt wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 und in Anlage 5 zeichnerisch dargestellt.

Tabelle 6: Proctordichte und optimaler Wassergehalt

Probe	Bodenart	Proctordichte $\rho_{Pr}$ [t/m <sup>3</sup> ]	optimaler Wassergehalt $w_{Pr}$ [% ]
MP 1	T,s*,g'	1,681	17,44

Der natürliche Wassergehalt der oberflächennah anstehenden Tone und Sande liegt leicht über dem optimalen Wassergehalt

### 3.5 Geotechnische Kategorie

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

Baugrund GK 2 (weiche Schichte, Auffüllungen)

Grundwasser: GK 2 (Wasserzutritte in Einschnitten möglich)

Hieraus ergibt sich für die baugrund- und hydrogeologische Situation eine Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2**. Aufgrund der Baumaßnahme einer konstruktiven Hangsicherung erfolgt die Einstufung in der **Geotechnischen Kategorie 3**.

### 3.6 Homogenbereiche

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

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

Entsprechend der **DIN 18300 – Erdarbeiten** wurden die angetroffenen Schotter dem **Homogenbereich 2** und die Auffüllungen dem **Homogenbereich 3** zugeordnet. Die anstehenden Tone, Schluffe, Sande und Kiese wurden unter dem **Homogenbereich 4** erfasst. Die darunter anstehenden Mergel- und Kalksteine sowie die Blöcke 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 7 entnommen werden. Aufgrund der inhomogenen und engräumig wechselnden Zusammensetzung wurden auch wechsellagernde rollige und bindige Böden zusammengefasst, sodass in der Tabelle innerhalb eines Homogenbereiches Eigenschaften beider Bodenarten wie bspw. Konsistenz und Lagerungsdichte aufgeführt sind. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer <sup>1)</sup> gekennzeichnet.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3	4	5
Bezeichnung	Tragschicht-schotter	Auffüllungen	Tone, Schluffe, Sande und Kiese	Mergelstein, Kalkstein, Blöcke
Bodengruppe nach DIN 18196	GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	TA, TL, TM, SI, SW, SE, SU, SU*, ST, ST*	TA, TL, TM, UA, UL, UM, SI, SW, SE, SU, SU*, ST, ST*, GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	Y
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4	2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	-	gering - hoch < 5 % - 20 %	gering - hoch < 5 % - 20 %	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	siehe Anlage 4	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 15 %	4 % – 40 %	4 % – 40 % (15,30 % - 26,44 %) <sup>1)</sup>	-

Homogenbereich	2	3	4	5
Bezeichnung	Tragschicht-schotter	Auffüllungen	Tone, Schluffe, Sande und Kiese	Mergelstein, Kalkstein, Blöcke
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	-	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 % (bindige Bereiche)	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 % (bindige Bereiche)	-
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	-	25 kN/m <sup>2</sup> - 600 kN/m <sup>2</sup> (bindige Bereiche)	25 kN/m <sup>2</sup> - 600 kN/m <sup>2</sup> (bindige Bereiche)	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	-	0 – 15 kN/m <sup>2</sup>	0 – 15 kN/m <sup>2</sup>	-
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	-	nicht vorhanden V <sub>GI</sub> < 2 %	nicht vorhanden V <sub>GI</sub> < 2 %	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht, I <sub>D</sub> 35 – 85 %	mitteldicht - dicht, I <sub>D</sub> 35 – 85 % (rollige Bereiche)	mitteldicht - dicht, I <sub>D</sub> 35 – 85 % (rollige Bereiche)	-
Dichte nach DIN 18125-2	2,00 g/cm <sup>3</sup> - 2,50 g/cm <sup>3</sup>	1,55 g/cm <sup>3</sup> – 2,00 g/cm <sup>3</sup>	1,55 g/cm <sup>3</sup> – 2,00 g/cm <sup>3</sup> (1,68) <sup>1)</sup>	2,30 g/cm <sup>3</sup> – 2,85 g/cm <sup>3</sup>
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	Mergelstein, Kalkstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	-	-	bis 120 MN/m <sup>2</sup>
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

### 3.7 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 17 erfolgt die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostempfindlichkeitsklassen:

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

Nach dieser Einteilung sind die Auffüllungen und die Tone bzw. Schluffe der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

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

Die Sande und Kiese sind in Abhängigkeit ihrer Bindigkeitsanteile den **Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und F 3** zuzuordnen.

### 3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

#### Hinterfüllung/ Anschüttung:

Sandiger Kies bzw. Schotter, bindigkeitsarm, $D_{Pr} \geq 100$ %	cal $\gamma$	=	21	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	12	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	37	°
	cal $c'$	=	0	kN/m <sup>2</sup>
Ton, sandig mit Bindemittel verbessert $D_{Pr} \geq 100$ %	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	25	°
	cal $c'$	=	15-30	kN/m <sup>2</sup> *

\* in Abhängigkeit von Art und Menge des Bindemittels

Auffüllung:

Ton, schluffig, kiesig steif	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	28	° (Ersatzreibungswinkel)
Sand, kiesig, tonig	cal $\gamma$	=	20	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	11	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	30	° (Ersatzreibungswinkel)

Anstehend:

Ton/ Schluff, sandig, kiesig steif, steif-halbfest	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	25	°
	cal $c'$	=	5	kN/m <sup>2</sup>
Ton/ Schluff, sandig, kiesig weich, weich-steif	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	25	°
	cal $c'$	=	3	kN/m <sup>2</sup>
Sand, kiesig, tonig	cal $\gamma$	=	20	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	11	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	27	°
	cal $c'$	=	3	kN/m <sup>2</sup>
Kies, tonig, sandig	cal $\gamma$	=	20	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	12	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	32	°
	cal $c'$	=	3	kN/m <sup>2</sup>
Blöcke	cal $\gamma$	=	21	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\gamma'$	=	12	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	35	°
	cal $c'$	=	0	kN/m <sup>2</sup>

Mergel-/ Kalkstein	cal $\gamma$	=	22	kN/m <sup>3</sup>
sehr mürb, mäßig mürb	cal $\gamma'$	=	13	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	35	°
	cal $c'$	=	25	kN/m <sup>2</sup>

Mergel-/ Kalkstein	cal $\gamma$	=	23	kN/m <sup>3</sup>
hart	cal $\gamma'$	=	13	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	38	°
	cal $c'$	=	40	kN/m <sup>2</sup>

Dabei sind:

cal $\gamma$	=	Feuchtwichte
cal $\gamma'$	=	Wichte unter Auftrieb
cal $\phi'$	=	Reibungswinkel
cal $c'$	=	Kohäsion

#### 4. Orientierende chemische Untersuchungen

##### 4.1 Untersuchung nach VwV Boden

Aus den beim Aushub anfallenden Tonen, Schluffen und Sanden sowie den Kalk- und Mergelsteinen wurde jeweils eine Mischprobe MP 2 und MP 3 hergestellt, die im Hinblick auf eine Verwertung außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten nach dem Parameterumfang der "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial" (VwV Boden) analysiert wurden.

Die Analyseergebnisse sowie die Zusammensetzung der Mischprobe sind in Anlage 6 mit den Zuordnungswerten nach VwV Boden dargestellt.

Danach weist das Material beider Mischproben keine erhöhten Gehalte auf. Alle Parameter unterschreiten die Z 0-Zuordnungswerte der VwV Boden, die für die **Verwertung** in bodenähnlichen Anwendungen und zur Verfüllung von Abgrabungen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten gelten. Das Material kann daher außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten frei verwendet werden.

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

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

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

Die vorgenommenen Einstufungen basieren auf Mischproben aus punktuellen Bohrungen, die aufgrund inhomogener Verteilung nicht zwangsläufig repräsentativ für das spätere Aushubmaterial sein müssen. Sie dienen lediglich als Vorab-Information z. B. für Ausschreibungen. Beim Aushub anfallendes Material kann aufgrund inhomogener Zusammensetzung u. U. auch höher belastet sein.

## 4.2 Sulfatanalyse

Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken und Fahrbahnen führen können. Daher wurde die Probe P 12/1, P 16/1, P 18/1 und P 20/3 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 8: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 12/1	P 16/1	P 18/1	P 20/3	Grenzwert
Bodenart	Ton	Ton	Schluff	Sand	nach ZTV E-StB 17 vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse
Entnahmetiefe [m]	1,60	0,60	1,40	2,60	
Sulfatgehalt [mg/kg]	368	772	1760	360	< 3000

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

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

Wir weisen darauf hin, dass es beim Einbau von RC-Materialien in Sulfat führenden Böden oder auf verbesserten Schichten zu Hebungen und Bauschäden kommen kann. Wir raten daher von einem Einbau von RC-Material auf entsprechend behandelten Böden bzw. in Böden mit erhöhten Sulfatgehalten dringend ab.

## 5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen nach DIN EN 1998-1 in der **Erdbebenzone 0** und gehört zur **Untergrundklasse R** (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund).

Die Erdbebenzone 0 umfasst Gebiete, denen gemäß dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau ein Intensitätsintervall von 6,0 bis  $< 6,5$  zugeordnet ist. Ein zugehöriger Bemessungswert der Bodenbeschleunigung  $a_g$  ist in der Erdbebenzone 0 nicht zu berücksichtigen.

## **6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen**

### **6.1 Erdarbeiten**

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von ca. 530,50 mNN auf ca. 498 mNN nach Westen ein. Das Gelände soll nach den aktuellen Planunterlagen auf drei Niveaus bei 516,50 mNN, 512,00 mNN und 509,00 mNN eingeebnet werden. Zwischen den drei Ebenen soll frei geböschet werden.

Im hangseitigen Einschnitt sind zusätzliche Maßnahmen zu dauerhaften Böschungssicherung erforderlich. Hier kann z.B. eine vernagelte Spritzbetonschale zur Ausführung kommen. Für die Hangsicherung wird durch das BFI ein separater Bericht erstellt.

Ausgehend von den angegebenen geplanten Geländeniveaus werden nach dem Abschieben des Mutterbodens talseitig Geländeanschlüttungen bis maximal rund 5,25 m erforderlich werden, während hangseitig bis zu 14,50 m in das Gelände eingeschnitten wird.

Wir schlagen vor, die in den Einschnittsbereichen anfallenden Tone, Schluffe und Sande für die talseitigen Anschüttungen zu nutzen. Diese sind für einen Wiedereinbau unter überbauten Flächen nur dann geeignet, wenn sie mit Bindemittel verbessert werden. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Die erforderlichen Bindemittelmengen sind in Abhängigkeit von den aktuellen Wassergehalten unmittelbar vor der Verbesserung festzulegen. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Die anfallenden Blöcke und Mergelsteine bis Steinkorngröße ( $< 200$  mm) können bei optimalen Witterungsbedingungen für die Anschüttungen verwendet werden. 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.

Überbaute Anschüttungen sind grundsätzlich in Lagen  $\leq 0,40$  m mit einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100$  % einzubauen. Bei Einbau der beim Aushub anfallenden und mit Bindemittel verbesserten Böden ist dabei auf jeder Einbaulage ein  $E_{v2}$ -Wert  $\geq 30$  MPa, bei einem Verhältniswert von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$  durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

Die Aufstandsfläche der talseitigen Anschüttung ist nach dem Abschieben des Mutterbodens ebenfalls auf einer Stärke von  $0,40$  m zu verbessern. Hier gelten die gleichen Anforderungen wie für die Anschüttungen.

Wir weisen darauf hin, dass es durch die Auflast der Anschüttungen zu Setzungen im Untergrund kommt. Wir empfehlen daher, die Anschüttungen zeitlich vorzuziehen. Sofern dies aus Zeitgründen nicht möglich ist, ist für spätere Gebäude zwingend eine Setzungsberechnung durchzuführen.

Die talseitigen Böschungen sind nach den vorliegenden Unterlagen mit einer Neigung von ca.  $1:1,5$  geplant. Die Standsicherheit der Böschung wurde an einem maßgebenden Schnitt auftragsgemäß rechnerisch nachgewiesen.

In der DIN 1054 werden die geotechnischen Nachweise als Bemessungssituationen bezeichnet. Dabei werden „ständige Bemessungssituationen“ (BS-P), „vorübergehende Bemessungssituationen“ (BS-T) und „außergewöhnliche Bemessungssituationen“ (BS-A) unterschieden. Für den hier untersuchten Endzustand ist die Bemessungssituation BS-P relevant.

Sickerwasser wurde nicht angesetzt. Auf der Straße wurde Schwerlastverkehr berücksichtigt.

Die Eingabedaten können der Anlage 7 entnommen werden. Die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen sind in der Tabelle 9 dargestellt:

Tabelle 9: Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen

Schnitt	Lastfall	Böschungsneigung	Auslastung $E_d/R_d$
0+350	BS-P	1:1,5	0,75

Die Berechnung zeigt, dass für den in Anlage 7 dargestellten Schnitt **eine ausreichende Standsicherheit von  $E_d/R_d \leq 1$**  nachgewiesen werden kann.

Die einzelnen Böschungen dürfen nicht steiler ausgeführt werden. Die Anschüttungen sind wie beschrieben herzustellen. Der Oberboden ist schnell zu begrünen.

## 6.2 Leitungsbau

Die Verlegetiefe des Mischwasserkanals ist nach Auskunft von Herrn Hettich, stadtlandingenieure, bei rund 4,00 m und des Regenwasserkanals bei 2,50 m bis 3,50 m unter GOK geplant.

### 6.2.1 Allgemeines und Rohraufleger

Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegt das Rohraufleger lokal in den nach Kapitel 6.1 hergestellten Anschüttungen, lokal in den Tonen und Sanden und lokal bereits in den Festgesteinen.

Das Rohraflager kann in den mindestens steifen Tonen und Sanden sowie den hergestellten Anschüttungen und Festgesteinen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Wo weiche Schichten und alte Auffüllungen anstehen ist in der Ausschreibung unter dem Rohraflager ein Bodenaustausch in einer Stärke von 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

In Bereichen, in denen die Festgesteine auf Höhe des Rohraflagers abtauchen, sind diese auf einer Länge von 1,50 m abzutrepfen, um Spannungsspitzen zwischen dem Fels und den bindigen Böden zu vermeiden.

Lokal und temporär muss mit Schicht- und Grundwasserzutritten gerechnet werden. Zutretendes Wasser 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 Rohraflager mitzuziehen und nach Fertigstellung der einzelnen Bauabschnitte wieder zu plombieren, um keine Wasserwegsamkeiten im Untergrund zu schaffen.

### **6.2.2 Sicherung der Leitungsgräben**

Wir schlagen vor, die Leitungsgräben z. B. mit Verbaulementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die oberflächennahen Auffüllungen, Schotter, Sande und Kiese beim Ausheben des Kanalgrabens sehr instabile Baugrubenwände bilden können.

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

- DIN EN 1610            Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen
  
- DIN EN 805            Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden

- TRVV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12           Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen
- ZTVE-StB 17           Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

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

### **6.2.3 Grabenverfüllung**

Die beim Aushub des Kanalgrabens anfallenden, mindestens steifen Tone sowie die Sande können zum Verfüllen der Kanalgräben im freien Gelände verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden. Es ist aber auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten. Wird weiches oder während der Zwischenlagerung aufgeweichtes Material eingebaut, muss mit starken Setzungen gerechnet werden.

Im Fahrbahnbereich gelegene Kanalgräben und solche, die einen Lasteinfluss aus Fahrbahnen oder Gebäuden erfahren, sind entsprechend der Vorgaben der ZTVE und ZTVA lagenweise ( $\leq 0,30$  m) zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone, Sande und Kiese sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ können die Gruben und Kanalgräben auch mit gut verdichtungsfähigem, bindigkeitsarmem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm mit einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100$  % verfüllt werden.

Anstelle des Baustoffgemischs 0/56 mm kann aus bodenmechanischer Sicht auch der ausgebaute, vorhandene Tragschichtschotter verwendet werden. Aus abfallrechtlichen Gesichtspunkten ist jedoch sicher zu stellen, dass keine Belastung des Schotters vorliegt.

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

### **6.3 Straßenbau**

Nach Auskunft von Herrn Hettich, stadtlandingenieur, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 10,0.

#### **6.3.1 Planum**

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 17 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45$  MPa nachzuweisen. Der Verdichtungsgrad des Planums muss bei gemischt- und feinkörnigen Böden bis 0,50 m Tiefe  $D_{Pr} \geq 97$  % und bei grobkörnigen Böden  $D_{Pr} \geq 100$  % betragen. Nach ZTVE (Tabelle 10) kann dem Verdichtungsgrad von 100 % bei grobkörnigen Böden als Richtwert ein Verhältnisswert von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$  zugeordnet werden. Nach ETV-StB-BW, Teil 1 kann zur Beurteilung des Verdichtungszustandes ergänzend zur Tabelle 10 bei feinkörnigen Böden von einem Verhältnisswert  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$  und bei gemischtkörnigen Böden von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$  ausgegangen werden.

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen lokal die nach Kapitel 6.1 hergestellten Anschüttungen, lokal Tone und Sande und lokal bereits Festgesteine an.

Die Anschüttungen sind gemäß Kapitel 6.1 so herzustellen, dass die Anforderungen erreicht werden.

Die auf Planum geforderten Verformungsmoduln  $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$  werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den anstehenden Tonen und Sanden erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein. Um den auf dem Planum geforderten Wert zu erreichen, schlagen wir vor, das Planum in diesen Bereichen auf einer Stärke von 0,40 m mit Bindemitteln zu verbessern. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.5 angegebenen überschlägigen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ kann ein ca. 0,40 m starker Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, vorgesehen werden. Dabei ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in der Schotterpackung aufstaut und dann den darunterliegenden Boden aufweicht. Auf UK Austauschkörper ist daher eine Dränage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

### **6.3.2 Tragschicht**

Nach Auskunft von Herrn Hettich, stadtlandingenieure, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 10,0.

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO (Tafel 1, Zeile 3) bzw. ZTV-SoB 09 bei Straßen der Belastungsklasse Bk 10,0 ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$  ( $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ) nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht bei den Straßen der Belastungsklasse Bk 10,0 nicht unter 0,45 m zu dimensionieren, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen.

Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Mindestdicken gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO zu berücksichtigen.

Im Übrigen sind bei Herstellung des Erdplanums, der Frostschutzschicht und der oberen Tragschicht die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE-StB 17) und die "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau" (ZtV-SoB-Stb 04) zu beachten.

#### **6.4 Regenrückhaltebecken**

Die Bohrung B 25 wurde auftragsgemäß im Bereich des geplanten RRB, im Norden des Erschließungsgebietes angelegt.

Nach den Ergebnissen der Bohrung B 24 stehen im Bereich der weiche und steife Tone an.

Nach den vorliegenden Planunterlagen liegt das Becken hangseitig im Einschnitt und talseitig ist eine Dammschüttung vorgesehen. Wir empfehlen, die Böschungen im Einschnittsbereich und im Dammbereich nicht steiler als 1:2 vorgesehen. Diese Neigungen sind erfahrungsgemäß ohne zusätzliche Maßnahmen und rechnerische Nachweise standsicher. Bei Bedarf kann die Böschung über einen Standsicherheitsnachweis berechnet werden. Es besteht jedoch die Gefahr von Auswaschungen des erosionsanfälligen Bodens, wenn die Böschungen nicht begrünt werden.

In Anlehnung an die DIN 19700 empfehlen wir für die Dammschüttung die Einhaltung der Material- und Einbauanforderungen. Hierzu können die beim Aushub anfallenden, Tone verwendet werden.

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 einer reduzierten Böschungsstandsicherheit gerechnet werden, da die Verdichtbarkeit und der Reibungswinkel des Bodens mit zunehmendem Wassergehalt abfällt und eine ausreichende Verdichtung bzw. Standsicherheit bei sehr hohen Wassergehalten des Bodens dann nicht mehr gegeben ist. Wir empfehlen daher, das Material im Vorfeld auf seine Eignung zu untersuchen.

Bei zu hohen Wassergehalten ist das anfallende Material mit Bindemittel zu verbessern. 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.

Der Damm ist mit einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97 \%$  zu verdichten und lageweise ( $< 0,30$  m) einzubauen. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

Grundwasser wurde bei der Bohrung nicht angetroffen. Erfahrungsgemäß muss beim Einschneiden ins Gelände jedoch mit Wasserzutritten gerechnet werden. Grundwasser wird dann im Becken stehen. Das Retentionsvolumen ist daher begrenzt. Zudem wird ohne Abdichtung direkt in das Grundwasser versickert. Bei Anordnung einer Abdichtung kann diese bei leerem Becken ggf. unter Auftrieb geraten. Wir schlagen vor zu prüfen, ob Grundwasser über Dränagen unterhalb einer Sohlabdichtung abgeleitet werden kann.

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

## 6.5 Bodenverbesserung

Ausgehend von den Laborversuchsergebnissen kann in der Ausschreibung von den in Tabelle 10 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der Tone und Sande von im Mittel  $1,68 \text{ t/m}^3$  ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 10: Bindemittelmengen

Bereich	Menge [%]	[kg/m <sup>3</sup> ]	Frästiefe: 0,30 m [kg/m <sup>2</sup> ]	Frästiefe: 0,40 m [kg/m <sup>2</sup> ]
Kanalgraben	2,0 – 3,0	33,6 – 50,4	10,1 – 15,1	13,4 – 20,2
Planum	3,0 – 4,0	50,4 – 67,2	15,1 – 20,2	20,2 – 26,9
Anschüttung	3,0 – 4,0	50,4 – 67,2	15,1 – 20,2	20,2 – 26,9

Eine exakte Angabe über erforderliche Zugabemengen an Bindemittel und die Art des Bindemittels kann erst nach Durchführung einer Eignungsprüfung erfolgen. Im Zuge der Eignungsprüfung ist auch der Sulfatgehalt des Bodens im Feststoff zu bestimmen. Bei sulfathaltigen Böden kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Schäden infolge von Baugrundhebungen kommen.

In weichen Bereichen oder bei Niederschlägen muss mit Mehrmengen an Bindemitteln gerechnet werden, um eine ausreichende Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit zu erzielen.

Für die Verbesserung eignet sich z.B. Bodenbinder 500 oder ein gleichwertiges Mischbindemittel. Als gleichwertig sind Bindemittel zu sehen, mit denen sich gleiche einaxiale Druckfestigkeiten bzw.  $E_{v2}$ -Werte bei gleicher Bindemittelmenge erzielen lassen.

Wir weisen darauf hin, dass es durch die Staubentwicklung beim Einfräsen und Verdriftung der aggressiven Bindemittel durch den Wind zu Schäden an Fahrzeugen und Gebäuden kommen kann. Im Falle eines Bindemittleinsatzes ist daher auf geeignete Windverhältnisse zu achten. Zudem ist bei Bedarf eine Fräse vorzuhalten, die das Einbringen des Bindemittels unter einer Staubschutzschürze ermöglicht.

## 7. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

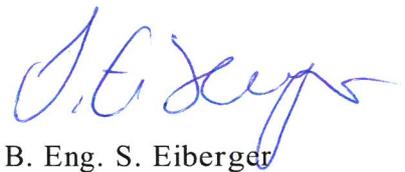
- die Zusendung der Ausführungspläne
- die Durchführung einer Sulfat- und Eignungsuntersuchung für die Bodenverbesserung
- die lagenweise Abnahme von Anschüttungen durch Plattendruckversuche
- die Abnahme der Kanalgrabensohlen
- die Durchführung von lagenweisen Verdichtungskontrollen im Bereich von Grubenverfüllungen
- die Abnahme von Planum und Tragschicht durch Plattendruckversuche
- der rechnerische Nachweis für die Hangsicherung

Für das BFI:



Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

Sachbearbeiter:



B. Eng. S. Eiberger

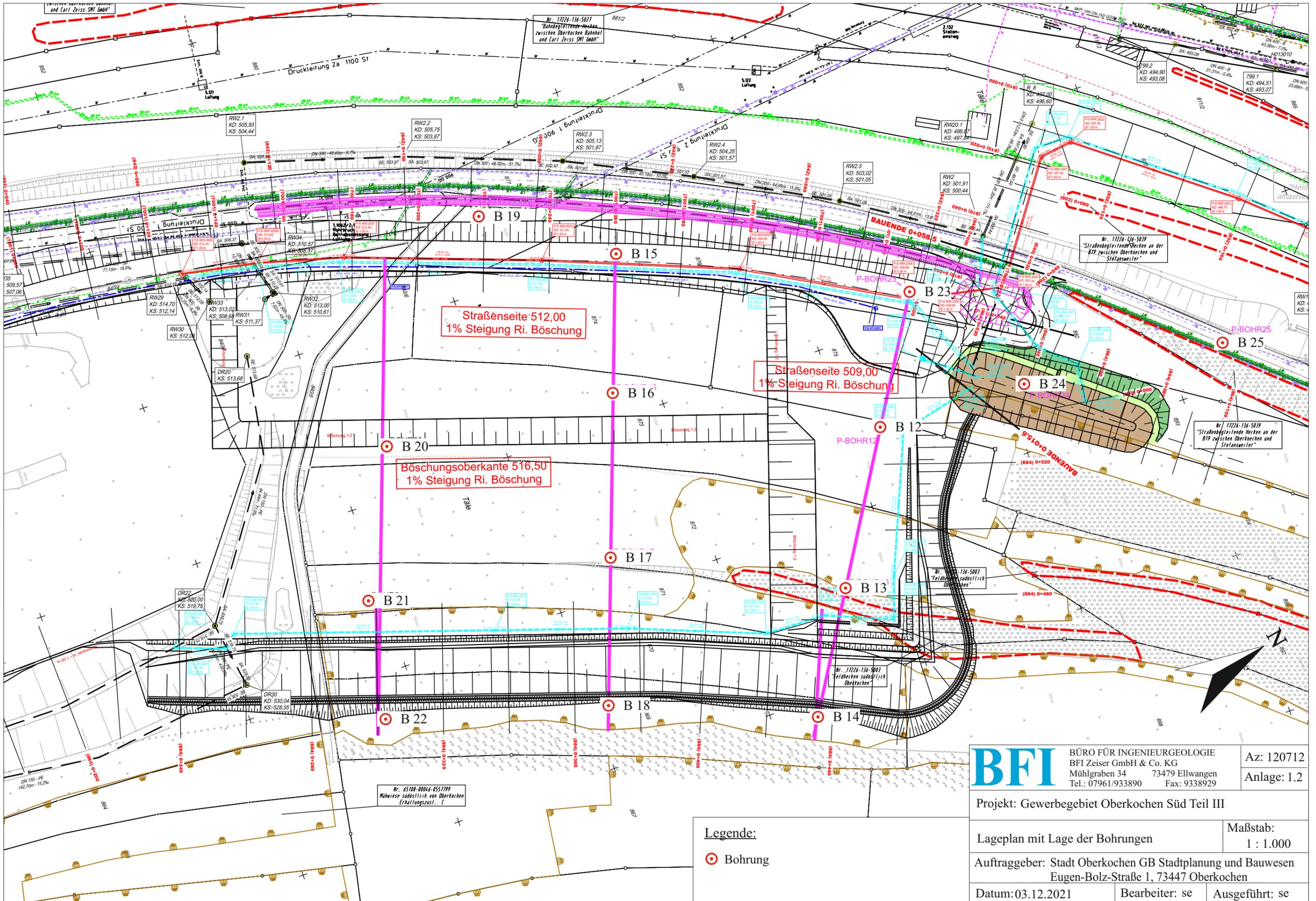
gez. Lielauss

M. Sc. Geol. L. Lielauss



- GK50: Geologische Einheiten (Flächen)  
 GeoLa Geologie: Geologische Einheiten (Flächen)
- Weißjura-Hangschutt (quw)
  - Feuersteinschlufflehm (quf)
  - Holozäne Abschwemmassen (qhz)
  - Auenlehm (Lf)
  - Unterer Massenkalk (joMKu)
  - Mergelstetten-Formation (joME)
  - Untere-Felsenkalke-Formation (joFU)
  - Lacunosamergel-Formation (joL)

<b>BFI</b>	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120712
		Anlage: 1.1
Projekt: Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III		
Geologische Karte	Maßstab: 1 : 10.000	
Auftraggeber: Stadt Oberkochen GB Stadtplanung und Bauwesen Eugen-Bolz-Straße 1, 73447 Oberkochen		
Datum: 01.12.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se



Straßenseite 512,00  
1% Steigung Ri. Böschung

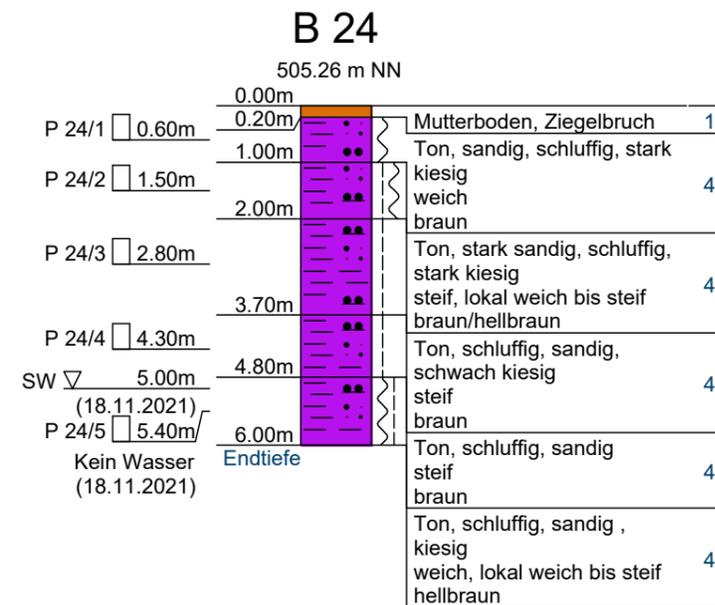
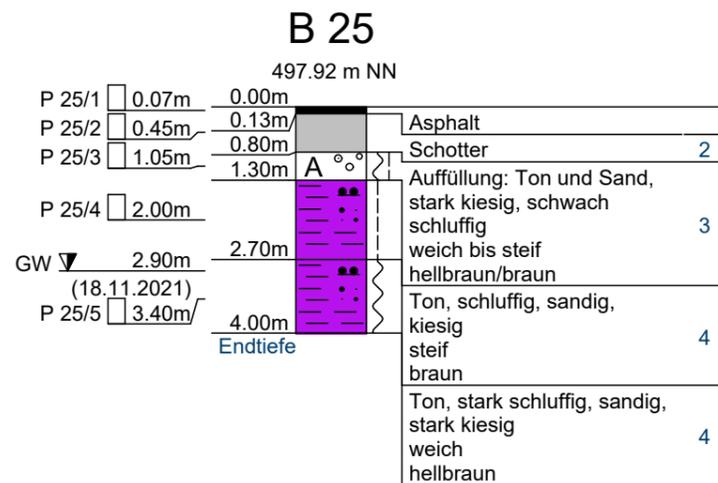
Straßenseite 509,00  
1% Steigung Ri. Böschung

Böschungsoberkante 516,50  
1% Steigung Ri. Böschung

**Legende:**  
 Bohrung

<b>BFI</b> BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120712
	Anlage: 1.2
Projekt: Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III	
Lageplan mit Lage der Bohrungen	Maßstab: 1 : 1.000
Auftraggeber: Stadt Oberkochen GB Stadtplanung und Bauwesen Eugen-Bolz-Straße 1, 73447 Oberkochen	
Datum: 03.12.2021	Bearbeiter: se    Ausgeführt: se

▽ 506.00m  
 ▽ 505.00m  
 ▽ 504.00m  
 ▽ 503.00m  
 ▽ 502.00m  
 ▽ 501.00m  
 ▽ 500.00m  
 ▽ 499.00m  
 ▽ 498.00m  
 ▽ 497.00m  
 ▽ 496.00m  
 ▽ 495.00m  
 ▽ 494.00m  
 ▽ 493.00m



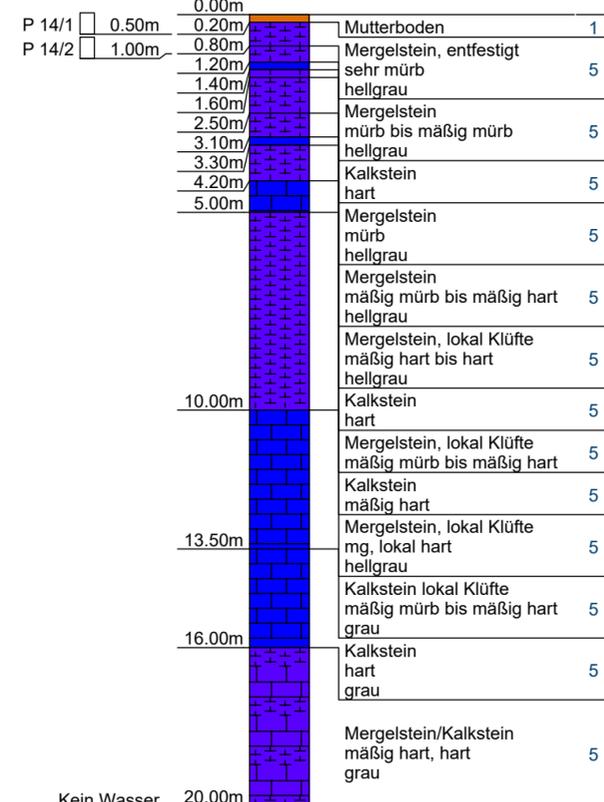
▽ 506.00m  
 ▽ 505.00m  
 ▽ 504.00m  
 ▽ 503.00m  
 ▽ 502.00m  
 ▽ 501.00m  
 ▽ 500.00m  
 ▽ 499.00m  
 ▽ 498.00m  
 ▽ 497.00m  
 ▽ 496.00m  
 ▽ 495.00m  
 ▽ 494.00m  
 ▽ 493.00m

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:	120712
	Anlage:	2.1
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:125
	Datum:	17.12.2021
	aufgenommen:	18.11.2021
Projekt: Oberkochen, Gewerbegebiet Oberkochen Süd, Teil III		

530.00m  
529.00m  
528.00m  
527.00m  
526.00m  
525.00m  
524.00m  
523.00m  
522.00m  
521.00m  
520.00m  
519.00m  
518.00m  
517.00m  
516.00m  
515.00m  
514.00m  
513.00m  
512.00m  
511.00m  
510.00m  
509.00m  
508.00m  
507.00m  
506.00m  
505.00m  
504.00m  
503.00m  
502.00m  
501.00m  
500.00m  
499.00m

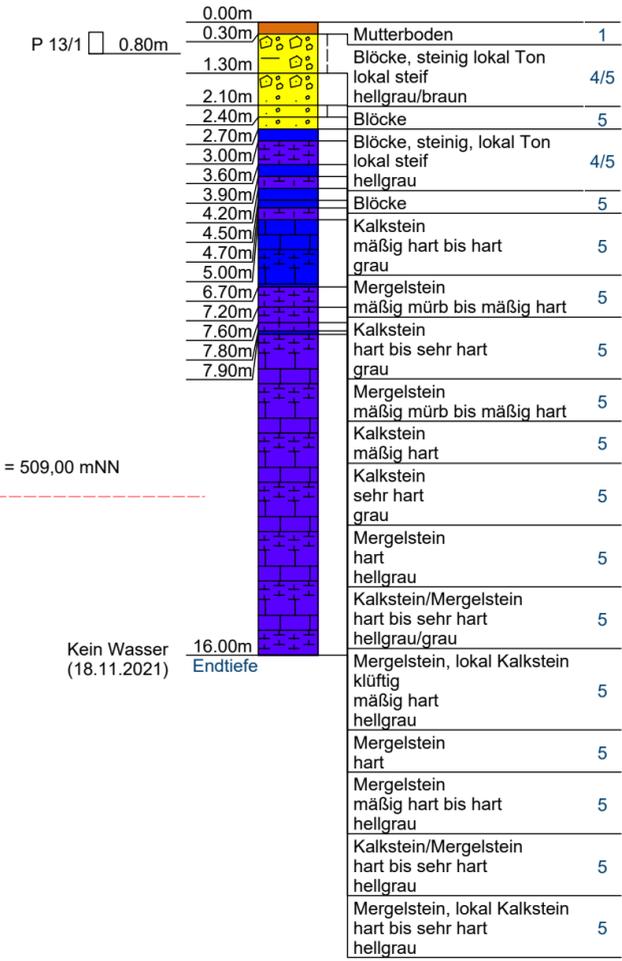
### B 14

529.81 m NN



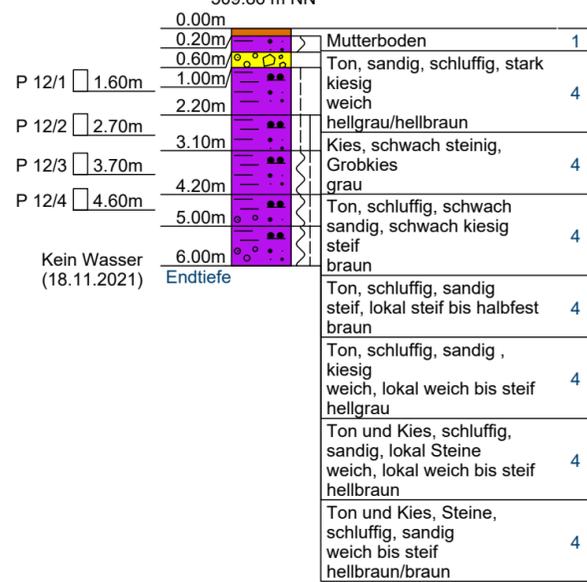
### B 13

520.93 m NN



### B 12

509.86 m NN



### B 23

503.67 m NN



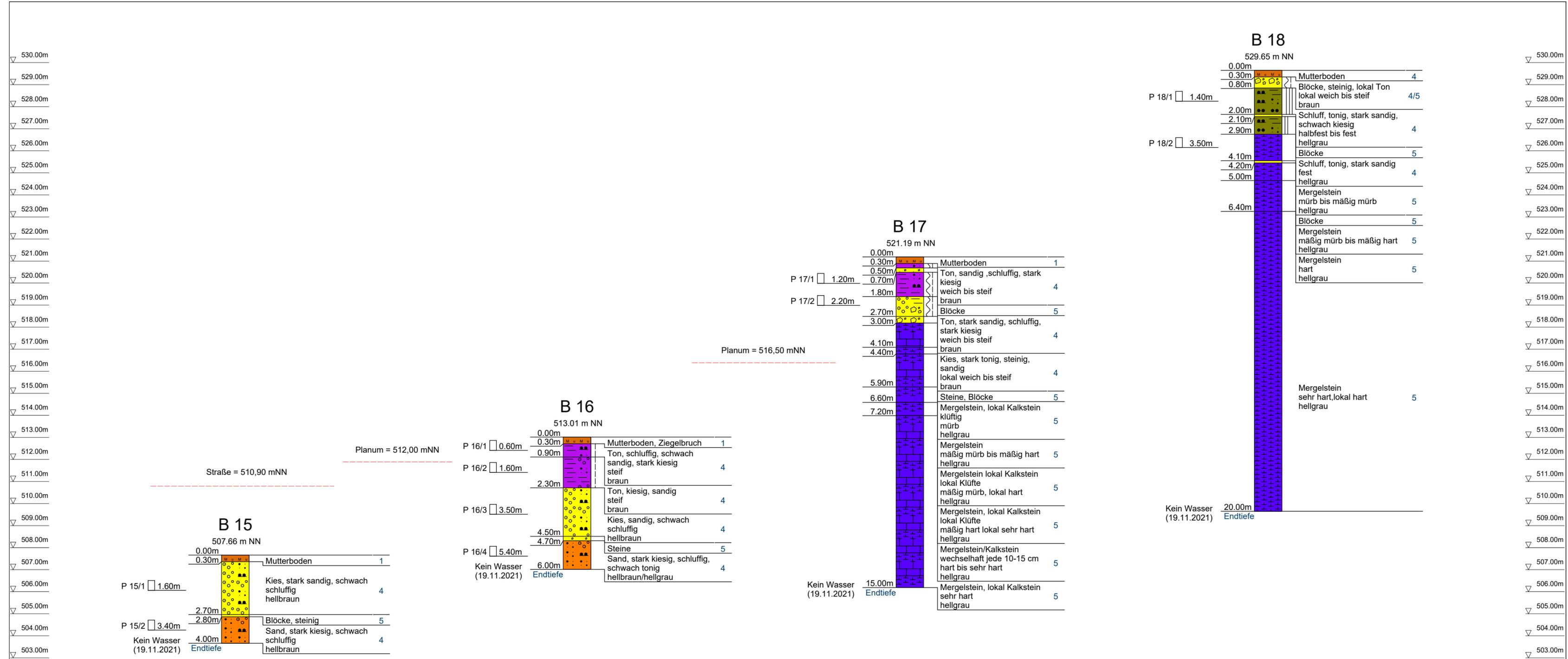
Straße = 508,90 mNN

Planum = 509,00 mNN

Kein Wasser (02.12.2021) 20.00m Endtiefe

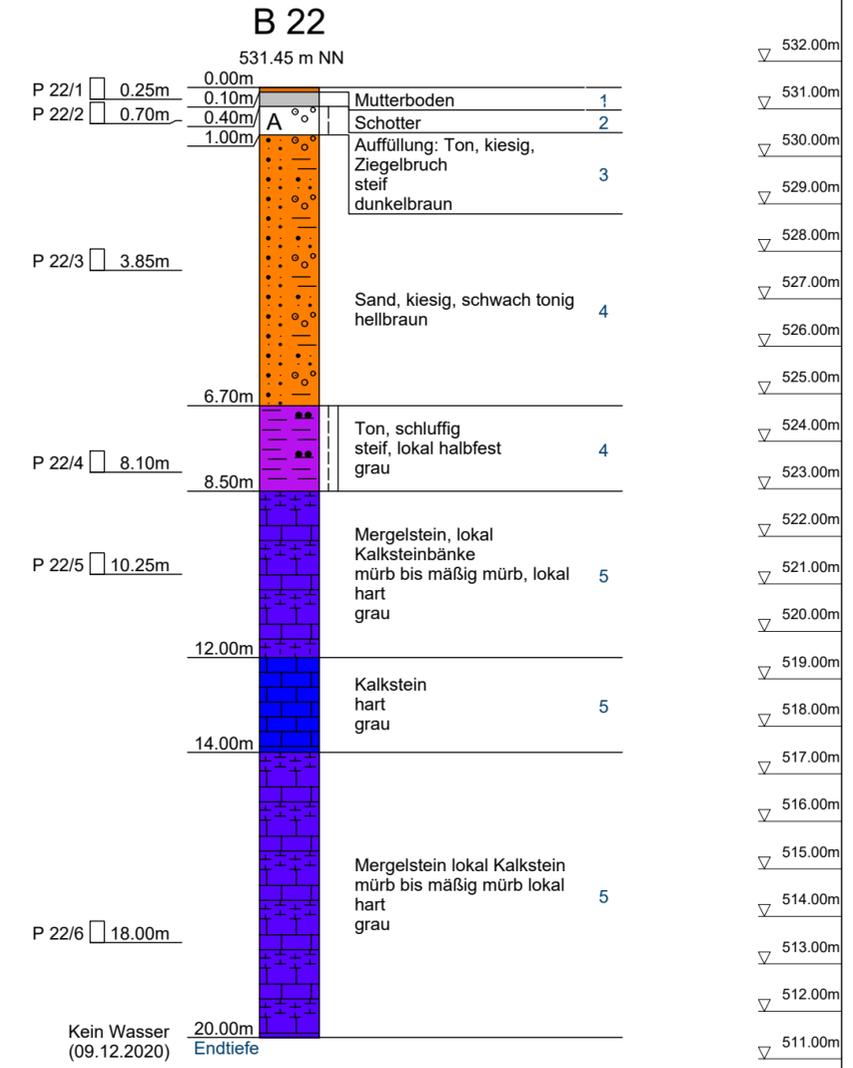
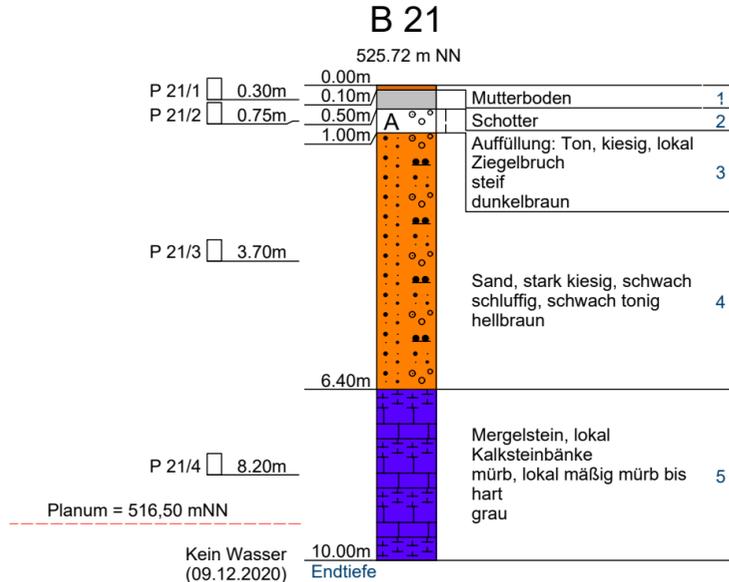
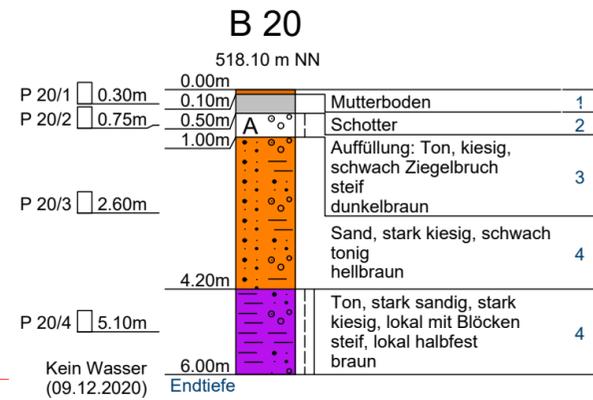
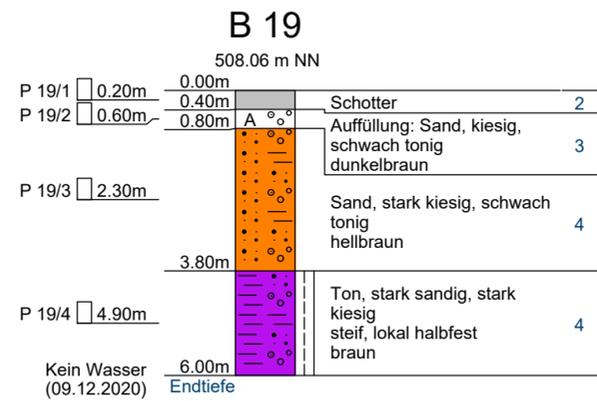
Kein Wasser (18.11.2021) 16.00m Endtiefe

BÜRO FÜR INGENIEURGELOGIE	Az:	120712
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.2
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:150
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	17.12.2021
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	18.11.2021, II
Projekt: Oberkochen, Gewerbegebiet Oberkochen Süd, Teil III		



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	120712
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.3
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:125
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	17.12.2021
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	18.11.2021, II
Projekt: Oberkochen, Gewerbegebiet Oberkochen Süd, Teil III		

532.00m  
531.00m  
530.00m  
529.00m  
528.00m  
527.00m  
526.00m  
525.00m  
524.00m  
523.00m  
522.00m  
521.00m  
520.00m  
519.00m  
518.00m  
517.00m  
516.00m  
515.00m  
514.00m  
513.00m  
512.00m  
511.00m  
510.00m  
509.00m  
508.00m  
507.00m  
506.00m  
505.00m  
504.00m



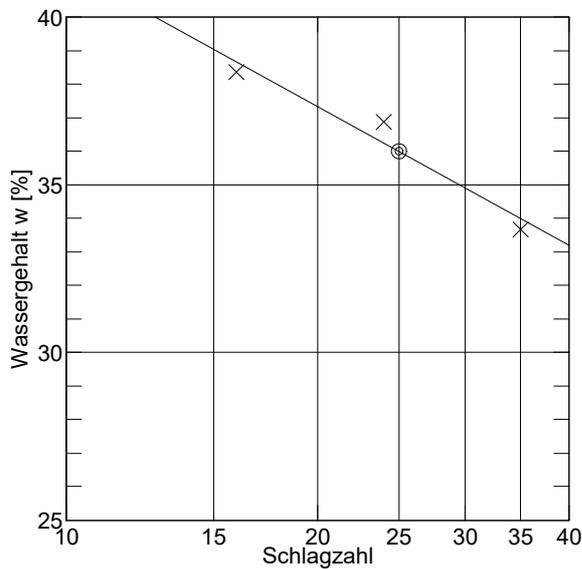
Planum = 512,00 mNN

Planum = 516,50 mNN

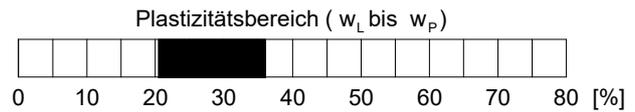
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	120712
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.4
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:125
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	17.12.2021
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	09.12.2020, seb
Projekt: Oberkochen, Gewerbegebiet Oberkochen Süd, Teil III		

BFI	Projekt : Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 120712
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 03.12.2021
<b>Zustandsgrenzen</b> DIN 18 122	Probe Nr.: P 16/2
	Entnahmestelle: B 16
	Entnahmetiefe: 1,60 m
Ausgef. durch : II	Bodenart: T,g,s

	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
	16	22	24		32	06		
Behälter-Nr.	16	22	24		32	06		
Zahl der Schläge	35	24	16					
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	203.50	204.80	206.50		125.50	124.90		
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	175.80	174.90	175.20		120.10	119.70		
Behälter $m_B$ [g]	93.50	93.80	93.60		94.00	93.80		
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	27.70	29.90	31.30		5.40	5.20		
Trockene Probe $m_t$ [g]	82.30	81.10	81.60		26.10	25.90	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	33.7	36.9	38.4		20.7	20.1	20.4	



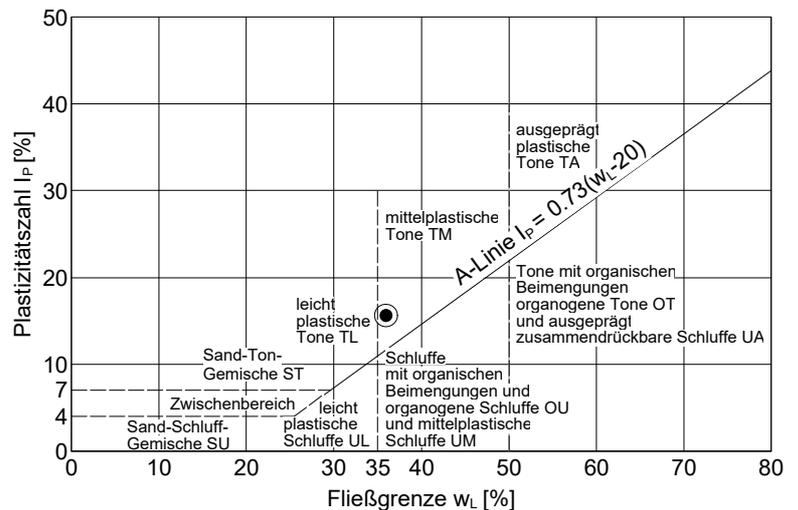
Wassergehalt  $w_N = 22.0 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 36.0 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 20.4 \%$



Plastizitätszahl  $I_p = w_L - w_P = 15.6 \%$

Liquiditätsindex  $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_p} = 0.103$

Konsistenzzahl  $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_p} = 0.897$

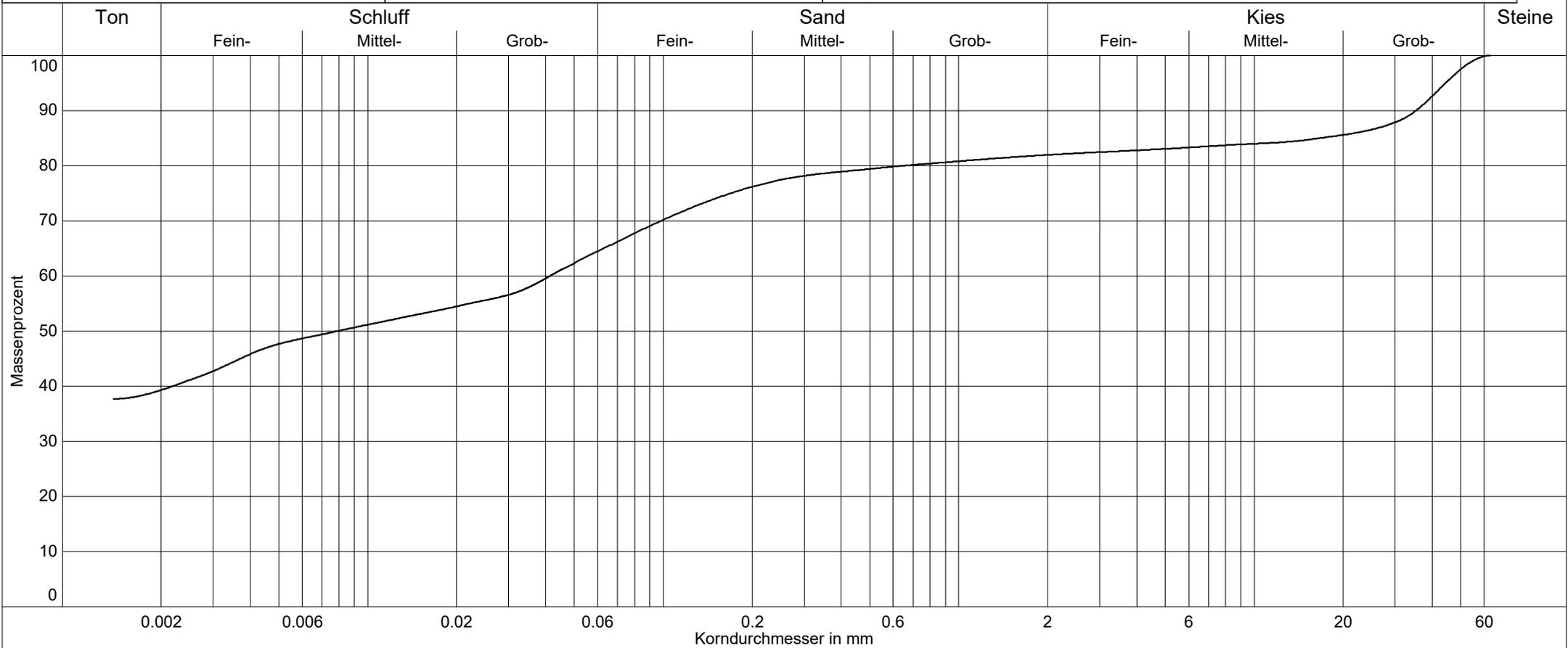


BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
 Mühlgraben 34  
 73479 Ellwangen  
 Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

# Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III  
 Projektnr.: 120712  
 Datum : 02.12.2021  
 Anlage : 4.1



Anteil < 0.063 mm	65.1 %
Frostempfindl.klasse	F3
Kornfrakt. T/U/S/G/X	39.3/25.7/16.9/18.0 %
Siebung	— P 16/2
Bodenart	T,g,s
Bodengruppe	TM
kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

Mühlgraben 34

73479 Ellwangen

Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

# Kornverteilung

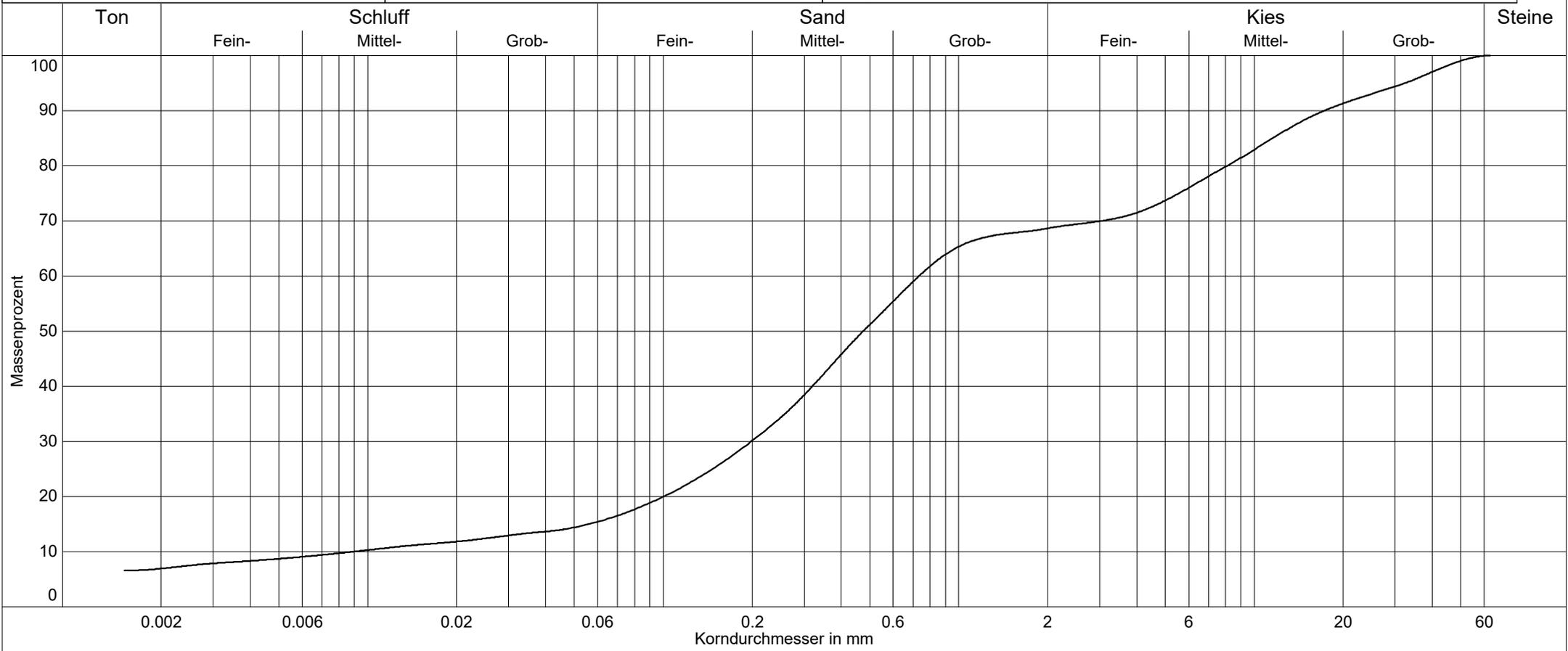
DIN 18 123-7

Projekt : Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III

Projektnr.: 120712

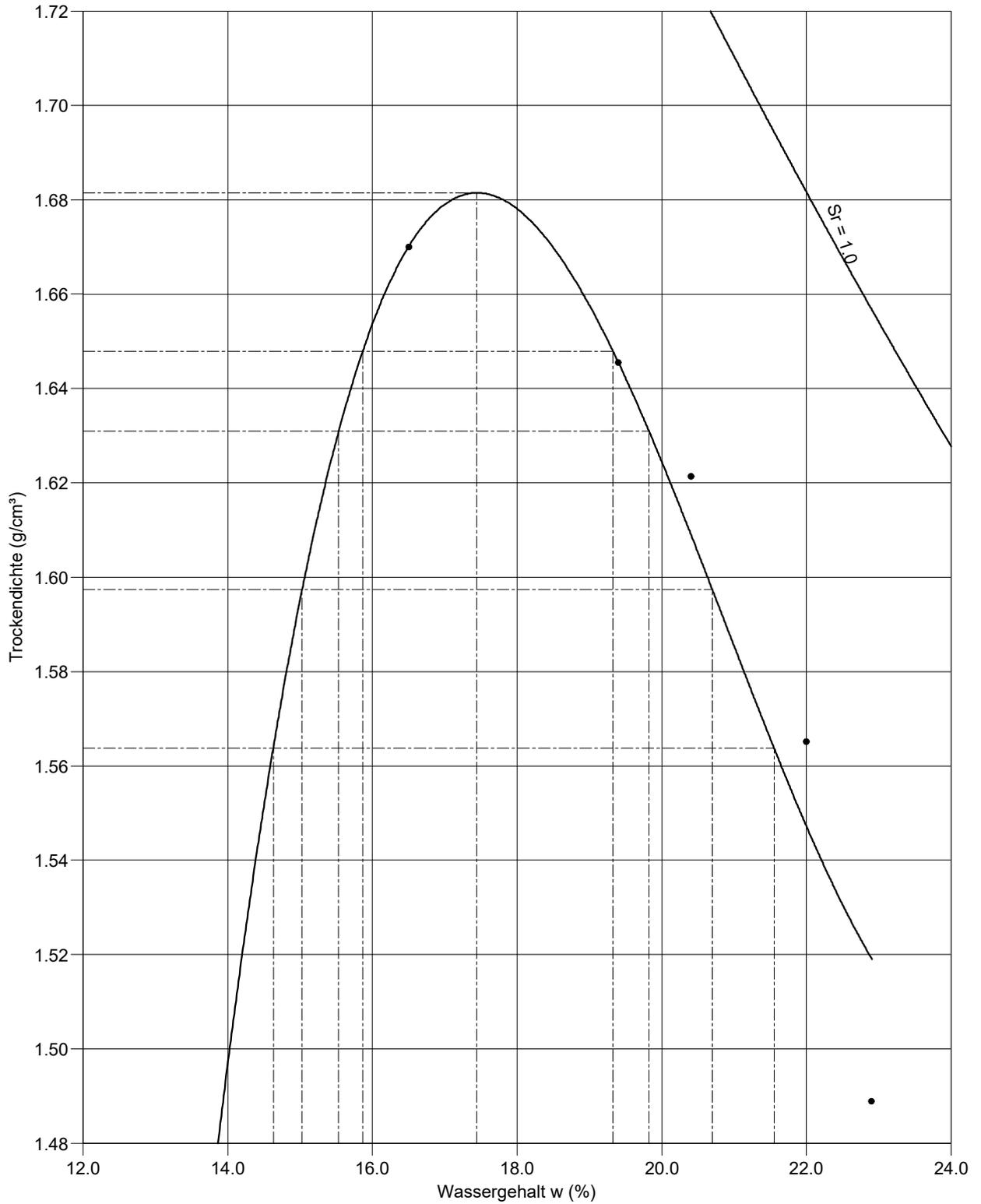
Datum : 02.12.2021

Anlage : 4.2



Anteil < 0.063 mm	15.8 %
Frostempfindl.klasse	F3
Kornfrakt. T/U/S/G/X	7.0/8.8/52.9/31.3 %
Siebung	— P 21/3
Bodenart	S <sub>g,u,t</sub>
Bodengruppe	S <sub>T</sub>
kf nach Kaubisch	4.4E-06 m/s

BFI	Anlage : 5
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projekt : Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Projektnr.: 120712
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 03.12.2021
<b>Proctorversuch</b> DIN 18 127	Versuchsname: MP 1
	Entnahmestelle: -
	Entnahmetiefe: -
Ausgeführt: sb	Bodenart: T,s*,g



	100 %		98.0 %	97.0 %	95.0 %	93.0 %
Proctordichte :	1.681 g/cm³	Dichte (g/cm³)	1.648	1.631	1.597	1.564
Optimaler Wassergehalt :	17.44 %	wmin (%)	15.86	15.53	15.03	14.63
Natürlicher Wassergehalt :	21.10 %	wmax (%)	19.33	19.82	20.70	21.55

angewendete Vergleichstabelle: BfI: VwV Boden (29.12.2017)

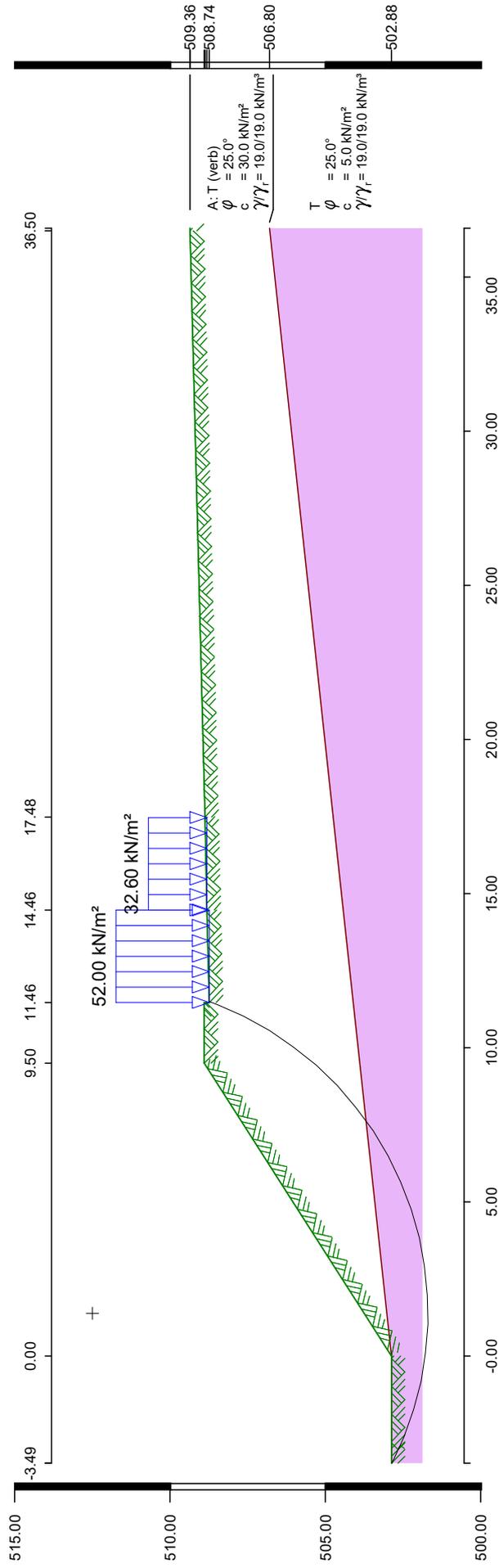
Bezeichnung	Einheit	MP 2	MP 3	Z0 Lehm/Schluff	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		721030646	721030647						
<b>Anzuwendende Klasse(n):</b>		<b>Z0</b> Lehm/Schluff	<b>Z0</b> Lehm/Schluff						
Anionen aus der Originalsubstanz									
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5				3	3	10
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 1									
Arsen (As)	mg/kg TS	3,0	1,6	15	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	5	5	70	100	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	1	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	13	17	60	100	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	6	9	40	60	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	15	27	50	70	100	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	0,5	1	1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	24	29	150	200	300	450	450	1500
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz									
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40			200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40	100	100	400	600	600	2000
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz									
Summe BTEX	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
LHKW aus der Originalsubstanz									
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
PAK aus der Originalsubstanz									
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	3	3	3	3	9	30
PCB aus der Originalsubstanz									
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus dem 10:1-Schüttel									
pH-Wert		8,7	8,8	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	90	74	250	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schüttelauat nach DIN EN 12457-4									
Chlorid (Cl)	mg/l	3,9	1,2	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	1,2	1,6	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gesamt	µg/l	< 5	< 5	5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schüttelauat nach DIN EN 12457-4									
Arsen (As)	µg/l	< 1	< 1		14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1		40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3		1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	< 1	< 1		12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	< 5		20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	< 1		15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,2		0,5	0,5	0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10		150	150	150	200	600
Organische Summenparameter aus dem 10:1-Schüttelauat									
Phenolindex, wasserdampflich	µg/l	< 10	< 10	20	20	20	20	40	100

- n.b. : nicht berechenbar (Messwerte der Einzelsubstanzen sind < Bestimmungsgrenze)
- n.u. : nicht untersucht
- Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-, Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen
- Eine Überschreitung der Parameter pH-Wert und Leitfähigkeit allein ist kein Ausschlusskriterium

Zusammensetzung der Mischprobe:

Mischprobe	Bohrung	Probe
MP 2	B 10	P 10/2
	B 11	P 11/2
		P 11/4
	B 12	P 12/1
		P 12/2
	B 16	P 16/1
		P 16/2
	B 17	P 17/1
	B 18	P 18/1
	B 20	P 20/3
	B 21	P 21/3
	B 22	P 22/3
		P 22/4
	B 24	P 24/1
P 24/2		
B 25	P 25/4	
MP 2	B 11	P 11/5
	B 13	P 13/1
	B 14	P 14/1
		P 14/2
	B 18	P 18/2
B 22	P 22/5	

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 120712 Anlage: 6
	Projekt: Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III	
Analyseergebnisse nach VwV Boden		
Auftraggeber: Stadt Oberkochen GB Stadtplanung und Bauwesen Eugen-Bolz-Straße 1, 73447 Oberkochen		
Datum: 13.12.2021	Bearbeiter: se	Ausgeführt: se



BFI BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
 73479 Eilwangen Mühigraben 34 Tel. 07961/93389-0 Fax: 07961/93389-29  
 Programm DC-Böschung/Win Version 8.48  
 Gewerbegebiet Oberkochen Süd Teil III  
 Datei: 7\_Stasi 0+350

Schnitt	0+350
Anlage:	7
AZ:	120712
Maßstab :	1 : 200
System	

Eingabedatei: \\theta\Buerol\dc-bosch-win\daten\boes-20\120712\  
7\_Stasi 0+350.dbb

## Berechnung nach: DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010

Nachweis nach DIN 4084:2009

Berechnung mit Nachweisverfahren 3

Kombination mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A2 + M2 + R3

Schichtdaten		A: T (verb)	T
Innere Reibung cal $\phi'$	[Grad]	25.00	25.00
Kohäsion cal $c'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	30.0	5.0
Wichte Boden	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.0	19.0
Wichte wassergesättigt	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.0	19.0
Wichte unter Auftrieb	[kN/m <sup>3</sup> ]	9.0	9.0

### Geländeverlauf und Schichten

x [m]		-3.00	0.00	9.50	11.46	11.46
		14.46	17.48	36.50	36.58	
z Gelände		502.88	502.88	508.90	508.90	508.74
		508.81	508.89	509.36	509.36	
z Schicht	A: T	502.88	502.88	503.90	504.11	504.11
	(verb)	504.43	504.75	506.79	506.80	
z Schicht	T	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
		-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	

### Streckenlasten

Alle Lasten beziehen sich auf 1 m Länge

Lastfall	q	$x_A$	$x_E$	$z_Q$	$\gamma$	$\psi$
1 G	52.0	11.5	14.5	508.74	1.00	1.00
G	32.6	14.5	17.5	508.81	1.00	1.00

### Lamellenbreiten

Von x [m]	bis x [m]	Breite [m]
-10000.00	10000.00	1.00

### Teilsicherheitsbeiwerte (GEO) für NW-Verf. 3

$\gamma$ -	G	Q	W	E	$\phi$	c	$c_u$	$R_a$	$R_b$
BS-P	1.00	1.30	1.00	1.30	1.25	1.25	1.25	1.10	1.40
BS-T	1.00	1.20	1.00	1.20	1.15	1.15	1.15	1.10	1.30
BS-A	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.20

$\gamma$ -	Teilsicherheitsbeiwert für...
G	Ständige Lasten
Q	Veränderliche Lasten
W	Wasserdruck
E	Erdbeben
$\phi$	Reibungsbeiwert $\tan(\phi)$
c	Kohäsion c
$c_u$	Kohäsion undränert $c_u$
$R_a$	Anker
$R_b$	Bauteile

**Bestimmung der Sicherheit nach Krey-Bishop**

Gleitkreis mit Iteration des Mittelpunktes:

Startpunkt:  $x_M = 1.39$  m,  $z_M = 512.51$  m,

$\Delta x = 1.00$  m,  $\Delta z = 1.00$  m,

mit Iteration des Radius:  $\Delta R = 1.00$  m ab  $R = 10.79$  m

**Lastfall 1** (Typ: BS-P)

Gleitkörper von  $x = -1.74$  bis  $14.62$  m

Gleitkreis:  $x_M = 3.39$  m,  $z_M = 514.26$  m,  $R = 12.48$  m

**Bestimmung der Lamellen-Anteile**

$x_M$	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	$\varphi$	c	$\vartheta$
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]
-1.37	0.74	2.19	0.00	0.00	25.00	5.0	-22.40
-0.50	1.00	9.02	0.00	0.00	25.00	5.0	-18.15
0.50	1.00	20.41	0.00	0.00	25.00	5.0	-13.37
1.50	1.00	36.16	0.00	0.00	25.00	5.0	-8.70
2.50	1.00	50.33	0.00	0.00	25.00	5.0	-4.08
3.50	1.00	62.96	0.00	0.00	25.00	5.0	0.52
4.50	1.00	74.07	0.00	0.00	25.00	5.0	5.12
5.50	1.00	83.63	0.00	0.00	25.00	5.0	9.75
6.50	1.00	91.59	0.00	0.00	25.00	5.0	14.44
7.50	1.00	97.87	0.00	0.00	25.00	5.0	19.24
8.50	1.00	102.33	0.00	0.00	25.00	5.0	24.18
9.50	1.00	103.30	0.00	0.00	25.00	5.0	29.33
10.50	1.00	92.86	0.00	0.00	25.00	5.0	34.75
11.50	1.00	76.63	28.08	0.00	25.00	30.0	40.55
12.50	1.00	57.35	52.00	0.00	25.00	30.0	46.90
13.50	1.00	34.58	52.00	0.00	25.00	30.0	54.13
14.31	0.62	6.77	29.10	0.00	25.00	30.0	61.06
$x_M$						$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
-1.37						57.64	-10.43
-0.50						106.55	-35.07
0.50						159.66	-58.93
1.50						230.74	-68.24
2.50						290.80	-44.65
3.50						342.21	7.11
4.50						386.63	82.44
5.50						425.20	176.70
6.50						458.72	285.12
7.50						487.70	402.53
8.50						512.39	523.21
9.50						525.97	631.49
10.50						491.23	660.48
11.50						835.18	849.54
12.50						910.37	996.47
13.50						863.70	875.55
14.31						483.13	391.87

Summen:

7567.82

5665.20

Einwirkungen  $E_d = 5665.20 \text{ kN}$

Widerstände  $R_d = 7567.82 \text{ kN}$

$E_d/R_d = 0.75 < 1.0$

**\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\***

