

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

Ladenburger GmbH
Zur Walkmühle 1-5
73441 Bopfingen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

gz-nm-seb / Az. 220712-4 21.11.2023

Kerkingen, Holzwerke Ladenburger-Neubau Pelletanlage

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Bauherrschaft:

Ladenburger GmbH
Zur Walkmühle 1-5
73441 Bopfingen

Planung:

Koch Architektur Generalplaner
GmbH
Röhlinger Straße 26
71479 Ellwangen-Neuenheim

Ingenieurgeologische
Beratung und
Untersuchung:

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

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Unterlagen	5
2. Allgemeines und Lage	5
3. Bauvorhaben	6
4. Untergrund	6
4.1 Baugrundgeologische Situation.....	6
4.2 Stratigrafie.....	9
4.3 Wasserverhältnisse.....	9
4.3.1 Wasserzutritte	9
4.3.2 Hochwasser.....	10
4.4 Laborversuche	10
4.4.1 Natürlicher Wassergehalt	10
4.4.2 Zustandsgrenzen.....	12
4.4.3 Kornverteilung	13
4.5 Geotechnische Kategorie.....	14
4.6 Homogenbereiche.....	15
4.7 Frostepfindlichkeit	17
4.8 Bodenkennwerte.....	17
5. Orientierende chemische Untersuchungen.....	19
5.1 Sulfatanalyse.....	19
5.2 VwV Boden.....	20
5.3 Betonaggressivität des Grundwassers.....	21
6. Erdbebenzone	22
7. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	22
7.1 Parkplatz	22
7.1.1 Planum	22
7.1.2 Tragschicht	23

7.2	Bürogebäude	25
7.2.1	Lastabtragung	25
7.2.2	Sicherung der Baugrube und Wasserhaltung.....	26
7.2.3	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	26
7.3	Pellet-Lagerhalle.....	28
7.3.1	Lastabtragung	28
7.3.2	Lastabtragung Bodenplatte	30
7.3.3	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	31
7.4	Pellet-Produktion	32
7.4.1	Lastabtragung	32
7.4.2	Lastabtragung Bodenplatte	34
7.4.3	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	35
7.5	Bandrockner	35
7.5.1	Lastabtragung	35
7.5.2	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	37
7.6	Trocken / Nass Spansilos.....	38
7.6.1	Lastabtragung	38
7.6.2	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	40
8.	Abnahme und Haftung.....	41

Anlagenteil

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000	
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 bis B 35	M. 1 : 500	
Anlage 2.1:	Schnitt Parkplatz: Darstellung der Bohrungen B 1, 2 und B 4	M. 1 : 100	B
Anlage 2.2:	Schnitt Parkplatz: Darstellung der Bohrungen B 3, 7	M. 1 : 100	B5 bis B
Anlage 2.3:	Schnitt Lagerhalle 1: Darstellung der Bohrungen 8, B 10, B 12, B 14 und B 16	M. 1 : 100	B
Anlage 2.4:	Schnitt Lagerhalle 2: Darstellung der Bohrungen 9, B 11, B 13, B 15 und B 17	M. 1 : 100	B
Anlage 2.5:	Schnitt Pelletsilos 4-6: Darstellung der Bohrungen 18, B 20 und B 22	M. 1 : 100	B
Anlage 2.6:	Schnitt Pelletsilos 1-3: Darstellung der Bohrungen 19, B 21 und B 23	M. 1 : 100	B
Anlage 2.7:	Schnitt Pelletproduktion: Darstellung der Bohrungen 24 bis B 27	M. 1 : 100	B
Anlage 2.8:	Schnitt Trocken/Nass Silo: Darstellung der Bohrungen B 28, B 29, B 34 und B 35	M. 1 : 100	
Anlage 2.9:	Schnitt Bandtrockner: Darstellung der Bohrungen 30 bis B 33	M. 1 : 100	B
Anlage 3.1:	Zustandsgrenzen P 4/2		
Anlage 3.2:	Zustandsgrenzen P 6/2		
Anlage 3.3:	Zustandsgrenzen P 14/1		
Anlage 3.4:	Zustandsgrenzen P 15/3		
Anlage 3.5:	Zustandsgrenzen P 35/1		
Anlage 4.1:	Kornverteilung P 7/3		
Anlage 4.2:	Kornverteilung P 12/2		
Anlage 4.3:	Kornverteilung P 19/2		
Anlage 5.1:	Analysenergebnisse nach VwV-Boden		
Anlage 5.2:	Analysenergebnisse nach DIN 4030		

1. Unterlagen

Für die Ausarbeitung des Gutachtens standen dem BFI folgende Unterlagen zur Verfügung:

- | | | |
|------------------------------------|-----------|----------------|
| – Flächenplan | M. 1:1000 | vom 26.09.2022 |
| – SNT Kraftwerk, Trockenkammer 1+2 | M. 1:200 | vom 23.01.2023 |
| – Übersicht Pellet- &Hobelwerk | | |

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

2. Allgemeines und Lage

Die Koch Architektur Generalplaner GmbH plant für die Ladenburger GmbH die Erweiterung des Holzwerkes in Kerkingen. Die Erweiterung sieht ein Kraftwerk, zwei Trockenkammern 1 und 2, sowie eine Pelletanlage vor.

Das vorliegende Gutachten gilt für den Neubau der Pelletanlage. Für die weiteren Bauwerke werden separate Gutachten erstellt.

Das Bauvorhaben liegt im Nordwesten von Kerkingen auf den Flurstücken Nr. 2812, 2813, 2814, 2815, 3912 und 3913. Die für die Bebauung vorgesehene Fläche fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 491,30 mNN auf 485,60 mNN nach Süden ein.

Das BFI wurde von der Ladenburger GmbH mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für den geplanten Neubau beauftragt.

3. Bauvorhaben

Konkrete Pläne liegen dem BFI nicht vor. Im Zuge diese Baumaßnahme sollen außer dem Parkplatz noch zusätzliche ein Bürogebäude, eine Pellet-Produktionshalle, eine Pellet-Lagerhalle, 2 Bandtrockner sowie 10 Pellet-Silos errichtet werden.

Das Bürogebäude misst im Grundriss ca. 18 m x 22,00 m. Die Produktionshalle misst ca. 24,75 m x 45,00 m. Die Pellet-Lagerhalle misst ca. 160,00 m x 25,00 m. Die Bandtrockner 1 und 2 messen jeweils ca. 63,92 m x 15,52 m. Die Pellet-silos haben jeweils ein Durchmesser von 11,25 m.

Nach den aktuellen Planunterlagen sind folgende Höhenverhältnisse vorgesehen:

- | | |
|------------------------------|--------------|
| - EFH-Lagerhalle | = 489,00 mNN |
| - EFH-Bürogebäude | = 489,30 mNN |
| - EFH-Pellet-Produktion | = 489,65 mNN |
| - EFH-Pellet-Silos | = 490,00 mNN |
| - EFH-Bandtrockner | = 489,30 mNN |
| - EFH-Trocken/nass-Spansilos | = 489,30 mNN |

4. Untergrund

4.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse des Kraftwerkes wurden zwischen den 12.12.2022 und 20.02.2023 auftragsgemäß 35 Bohrungen (B 1 - B 35) bis in Tiefen von 3,80 m bzw. 12,00 m unter GOK angelegt.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 08.11.2022 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 01.12.2022 unter Auflagen erteilt.

Nach Durchführung der Aufschlussarbeiten wurden die Erkundungspunkte nach Höhe mittels GPS eingemessen.

Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan in Anlage 1.2 entnommen werden. Anhand der Bohrungen (s. Anlage 2) ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes:

In den Bohrungen wurde zunächst ein 0,10 m bis 0,70 m starker Mutterboden erkundet. Auffüllungen aus Tonen mit Ziegelbruch wurden im Bereiche der Bohrungen B 2, B 6, B 7, B 15 und B 28 bis in Tiefen von 0,90 m bis 2,30 m unter GOK aufgeschlossen.

Unter dem Mutterboden bzw. den Auffüllungen stehen meist steife bis halbfeste, lokal feste Tone und Schluffe sowie Sande an. Den Tonen sind lokal Ton- und Mergelsteinbröckchen eingelagert.

Diese werden ab Tiefen zwischen 2,40 m und 6,20 m unter GOK bis zu den Endtiefen der Bohrungen von einem sehr mürben bis mürben, lokal harten Kalk-/Ton- und Mergelstein unterlagert. Den Festgesteinen sind lokal bindige bzw. zu Tonen entfestigte Bereiche eingelagert.

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

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

Tabelle 1: OK Kalk-; Ton- und Mergelstein (mind. sehr mürb)

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	OK Ton-/Mergel-/Kalkstein	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	486,10	3,20	482,90
B 2	486,60	2,80	483,80
B 3	488,12	2,40	485,72

B 4	488,40	2,80	485,60
B 5	489,51	4,20	485,31
B 6	490,30	-	-
B 7	491,12	4,10	487,02
B 8	488,71	5,10	483,61
B 9	487,91	3,90	484,01
B 10	489,22	6,00	483,22
B 11	488,11	4,20	483,91
B 12	489,49	5,60	483,89
B 13	488,39	4,30	484,09
B 14	489,55	4,30	485,25
B 15	489,20	6,20	483,00
B 16	489,49	5,50	483,99
B 17	489,26	4,30	484,96
B 18	487,31	4,30	483,01
B 19	485,71	2,80	482,91
B 20	486,48	3,90	482,58
B 21	485,77	3,20	482,57
B 22	486,73	2,40	484,33
B 23	485,80	3,50	482,30
B 24	487,70	4,00	483,70
B 25	488,15	5,80	482,35
B 26	486,02	3,80	482,22
B 27	486,09	4,20	481,89
B 28	487,90	3,50	484,40
B 29	486,94	3,40	483,54
B 30	487,82	3,80	484,02
B 31	487,21	3,50	483,71
B 32	488,76	3,80	484,96
B 33	488,04	3,50	484,54
B 34	488,83	4,80	484,03
B 35	488,14	3,50	484,64

4.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den aufgeschlossenen Ton-, Mergel und Kalksteinen um Schichtglieder der Opalinuston-Formation bzw. des oberen Unterjuras. Die darüber lagernden Tone und Schluffe sowie Sande setzen sich aus deren Verwitterungsdeckschichten sowie Auenlehmen und holozäne Abschwemm-massen zusammen.

4.3 Wasserverhältnisse

4.3.1 Wasserzutritte

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

Tabelle 2: Wasserstände nach Abschluss der Bohrarbeiten

Bohrung B	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserstand nach Abschluss der Bohrarbeiten am 20.02.2023	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	486,10	2,40	483,70
B 12	489,49	7,10	482,39
B 14	489,55	7,30*	482,25*
B 16	489,49	7,10	482,39
B 20	486,48	4,80	481,68
B 27	486,09	4,30*	481,79*
B 31	487,21	7,20	480,01
B 34	488,83	10,00	478,83

*) nur Sickerwasser

Bei dem Wasser handelt es sich um Grundwasser innerhalb der anstehenden Ton-/ Mergel-/ und Kalksteine. 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.

4.3.2 Hochwasser

Nach dem Daten- und Kartendienst der LUBW liegt das Bauvorhaben bei HQ₁₀₀-Ereignissen z.T. in der Überschwemmungsfläche.

4.4 Laborversuche

4.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 142 gestörte Proben entnommen. Von den aus dem Boden entnommenen Proben wurden 42 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht. Dabei wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 3: Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe (m)	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt (Gew.-%)
1/1	1	0,45	T, u*, s (w-st)	34,11
1/2	1	1,10	T, u, s' (st-hf)	25,07
1/3	1	2,40	T, u (f)	14,96
2/3	2	1,50	T, u, s' (hf)	26,32
2/4	2	2,30	T, u, s' (f)	16,71
3/2	3	1,10	T, u' (st-hf)	20,44
3/3	3	2,00	T, u, (f)	15,16
4/2	4	0,95	T, u' (w-st)	32,91
5/3	5	1,15	S, u*, t	28,15
5/4	5	2,95	T, u, s' (f)	11,22
6/2	6	2,50	T, u (w-st)	20,32
7/2	7	1,50	T, u (hf)	29,12
7/3	7	2,50	U, t*(st-hf)	27,55
9/1	9	0,80	T, u' (st)	30,25
9/2	9	2,20	T, u' (st-hf)	28,61
13/1	13	2,00	T, u (hf)	27,98
14/1	14	1,50	T, u, g' (w-st)	32,58
15/2	15	0,70	A: T, u (st)	24,70
18/1	18	0,70	T, u, s (st-hf)	29,33
18/2	18	3,00	T, u (f)	14,99
19/1	19	0,80	T, u (st)	35,77
20/1	20	0,80	T, u' (st)	32,14
21/1	21	0,70	T, u, (st-hf)	30,74
22/1	22	0,80	T, u, s' (hf)	24,81
22/2	22	1,80	T, u (hf)	29,30
23/1	23	0,70	T, u (st)	32,10
23/2	23	1,40	T, u (hf)	25,94
25/1	25	1,10	T, u' (st)	32,33
25/2	25	3,10	T, u (st-hf)	19,21

26/2	26	0,90	T, u, s' (st-hf)	25,63
26/3	26	1,70	T, u' (hf)	26,77
27/1	27	0,80	T, u' (st)	31,00
27/2	27	1,70	T, u (st-hf)	25,02
27/3	27	2,90	T, u (hf-f)	20,53
30/1	30	1,40	T, u (hf)	21,58
31/1	31	0,60	T, u (st-hf)	30,33
32/2	32	1,00	T, u (st)	36,09
33/1	33	1,80	T, u (hf)	29,14
33/2	33	3,20	T, u (hf-f)	16,66
34/2	34	1,30	T, u' (st-hf)	25,46
35/1	35	1,20	T, u (st-hf)	25,70
35/2	35	3,10	T, u (hf)	24,11

4.4.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an den Proben P 4/2, P 6/2, P 14/1, P 15/2 und P 35/1 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlage 3 sowie der Tabelle 4 entnommen werden.

Für die Proben P 4/2, P 15/3 und P 35/1 ergaben sich eine Konsistenzzahl I_C zwischen 0,857 und 0,969. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Proben als „steif“ zu bezeichnen.

Für die Probe P 6/2 ergab sich eine Konsistenzzahl I_C von 0,666. Damit ist die Konsistenz der untersuchten Probe als „weich“ zu bezeichnen. Für die Probe P 14/1 ergab sich eine Konsistenzzahl I_C 0,470 und die Konsistenz ist als breiig zu bezeichnen.

Tabelle 4: Zustandsgrenzen

Probe	4/2	6/2	14/1	15/3	35/1
Bohrung	4	6	14	15	35
Entnahmetiefe [m]	0,95	2,50	1,50	1,80	1,20
Wassergehalt w_N [%]	32,91	20,3	32,6	24,7	25,7
Fließgrenze w_L [%]	72,6	45,6	48,5	62,8	60,8
Ausrollgrenze w_P [%]	26,3	7,6	14,7	23,5	20,0
Plastizitätszahl I_P [%]	46,3	38,0	33,8	39,3	40,8
Konsistenzzahl I_C	0,857	0,666	0,470	0,969	0,860
Gruppensymbol	TA	TM	TM	TA	TA
Konsistenz	steif	weich	breiig	steif	steif

4.4.3 Kornverteilung

Die Proben P 7/3, P 12/2 und P 19/2 wurden auf ihren Kornverteilungen 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	Entnahme- tiefe [m]	Korngröße (Gew.-%)			Gruppen- symbol nach DIN 18196	Bodenart nach DIN 4022
		< 0,063 mm	> 0,063 bis < 2,0 mm	> 2,0 bis < 60,0 mm		
7/3	2,50	79,4	14,8	5,9	UM	U, t*, s'
12/2	3,60	97,8	2,1	0,1	UA	U, t*
19/2	1,70	98,0	1,9	0,0	UA	U,T

Nach dem Ergebnis der Kornverteilung ergibt sich für die Probe P 7/3, ein mittelplastischer, schwach sandiger, stark toniger Schluff. Für die Proben P 12/2 und P 19/2 ergaben sich ein stark toniger Schluff.

4.5 Geotechnische Kategorie

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

Baugrund GK 1

Grundwasser: GK 2 (Wasserzutritte in Einschnitten möglich)

Hieraus ergibt sich für die baugrund- und hydrogeologische Situation eine Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2**. Für das Bauvorhaben ist zu prüfen, ob die Einstufung in eine höhere Geotechnische Kategorie erforderlich wird.

4.6 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 4) 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 Auffüllungen dem **Homogenbereich 2** zugeordnet. Die anstehenden Tone und Schluffe sowie Sande wurden unter dem **Homogenbereich 3** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Ton-, Mergel- und Kalksteine werden unter dem **Homogenbereich 4** erfasst.

Wir weisen darauf hin, dass die Übergänge zwischen den Verwitterungsdecken und den unterlagernden Festgesteinen (Homogenbereiche 3 und 4) in Abhängigkeit vom Aufwitterungsgrad oft fließend sind und daher nicht scharf abgegrenzt werden können. Daher kann auch die Höhenlage der Festgesteine lokal schwanken.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 3 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 ¹⁾ gekennzeichnet.

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

Tabelle 6: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3	4
Bezeichnung	Auffüllungen	Tone / Schluffe / Sande	Kalk-/Ton-Mergelstein
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TM, TL,	TA, TL, TM UA, UM, UL SU, ST, SU*ST*	-
Bodengruppe nach DIN 18915	4, 6, 8	2, 4, 6, 8	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering < 5 %	gering < 5 %	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern		-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 40 %	10 % – 40 %	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich –steif Ic 0,5 – 1,0 Ip 4% - 20 %	weich –fest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 %	-
undrainede Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	25 kN/m ² - 200 kN/m ²	25 kN/m ² - >600 kN/m ²	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	0 – 15 kN/m ²	0 – 15 kN/m ²	-
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2			-
Dichte nach DIN 18125-2	1,55 g/cm ³ – 2,00 g/cm ³	1,55 g/cm ³ – 2,10g/cm ³	2,00 g/cm ³ – 2,85 g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1		-	Kalkstein Mergelstein Tonstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1		-	bis 160 MN/m ²
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1		-	sehr dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1		-	frisch – mäßig verwittert
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1		-	veränderlich
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	bindige, nicht bindige oder organische Böden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

¹⁾ durch Laborversuche belegt

4.7 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 17 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 Tone und Schluffe sowie die Auffüllungen der **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

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

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

4.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung/ Tragschicht:

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

Auffüllung:

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

Anstehend:

Ton, Schluff weich-steif	$\text{cal } \gamma$	=	19	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	9	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	25	°
	$\text{cal } c'$	=	3	kN/m ²

Ton, Schluff steif-halbfest	$\text{cal } \gamma$	=	19	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	9	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	25	°
	$\text{cal } c'$	=	7	kN/m ²

Sand	$\text{cal } \gamma$	=	20	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	10	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	27	°
	$\text{cal } c'$	=	2	kN/m ²

Ton, Mergelbänkchen halbfest-fest	$\text{cal } \gamma$	=	19	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	9	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	25	°
	$\text{cal } c'$	=	10	kN/m ²

Kalktein hart	$\text{cal } \gamma$	=	22	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	13	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	40	°
	$\text{cal } c'$	=	40	kN/m ²

Ton-/Mergelstein sehr mürb	$\text{cal } \gamma$	=	21	kN/m ³
	$\text{cal } \gamma'$	=	12	kN/m ³
	$\text{cal } \phi'$	=	25	°
	$\text{cal } c'$	=	25	kN/m ²

Dabei sind:

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

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

5. Orientierende chemische Untersuchungen

5.1 Sulfatanalyse

Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken und Fahrbahnen führen können. Daher wurden die Proben P 3/1, P 3/2, P 5/3, P 5/4, P 10/2, P 15/3, P 15/4, P 22/2, P 32/2 und P 34/2 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 7: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	Bodenart	Entnahmetiefe	Sulfatgehalt	Grenzwert
P 3/1	Ton	0,45	210	nach ZTV E-StB 17 vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse < 3000
P 3/2	Ton	1,10	130	
P 5/3	Sand	1,15	72	
P 5/4	Ton	2,95	180	
P 10/2	Ton	3,80	10000	
P 15/3	Ton	1,80	13000	
P 15/4	Ton	4,40	6300	
P 22/2	Ton	1,80	120	
P 32/2	Ton	1,00	250	
P 34/2	Ton	1,30	190	

Die Sulfatgehalte der Proben liegen z.T. über 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.

Von einer Bodenverbesserung raten wir daher ab.

5.2 VwV Boden

Aus dem angetroffenen Material wurden schichtbezogen insgesamt 5 Mischproben für chemische Analysen zusammengestellt. In Tabelle 8 sind die Zusammensetzungen der Mischproben sowie die abfalltechnischen Einstufungen als Zusammenfassung dargestellt.

Tabelle 8: Zusammensetzung der Mischproben mit abfalltechnischer Einstufung

Material	Mischprobe	Bohrungen	Proben	Einstufung	wegen
Auffüllung	MP 1	B 2, B 6, B 7, B 15, B 16, B 17	P 2/2, P 6/1, P 7/1, P 15/2, P 16/1, P 17/2	Z 0	-
Ton	MP 2	B 1-B 7	P 1/2, P 1/3, P 2/3, P 2/4, P 3/1, P 3/2, P 3/4, P 4/1, P 4/2, P 4/3, P 4/4, P 4/5, P 5/2, P 5/4, P 5/5, P 6/2, P 6/3, P 7/2, P 7/4, P 7/5	Z 1.2	Sulfat
Ton	MP 3	B 8- B 17	P 8/1, P 8/2, P 9/1, P 9/2, P 9/3, P 10/1, P 10/2, P 11/2, P 11/3, P 12/1, P 12/2, P 13/1, P 13/2, P 14/1, P 14/2, P 14/3, P 15/3, P 15/4, P 16/2, P 16/3, P 17/2, P 17/3	>Z2	Sulfat
Ton	MP 4	B 18-B 27	P 18/1, P 18/2, P 19/1, P 19/2, P 19/3, P 20/1, P 20/2, P 20/3, P 20/4, P 21/1, P 21/2, P 21/3, P 22/1, P 22/2, P 23/1, P 23/2, P 23/3, P 23/4, P 24/1, P 25/1, P 25/2, P 25/3, P 26/2, P 26/3, P 26/4, P 27/1, P 27/2, P 27/3	>Z2	Sulfat
Ton	MP 5	B 28-B 35	P 28/2, P 29/1, P 29/2, P 30/1, P 30/2, P 31/1, P 31/2, P 32/2, P 32/3, P 33/1, P 33/2, P 34/2, P 34/3, P 35/1	>Z2	Sulfat

Die Mischprobe **MP 1** der Auffüllungen weist 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.

Bei der untersuchten Mischprobe **MP 2** wurde ein erhöhter Sulfat-Gehalt von 100 mg/l festgestellt, der den Z 0-Zuordnungswert nach VwV Boden überschreitet. Das Material fällt daher in die Qualitätsstufe Z 1.2 nach VwV Boden, die zum Aufbringen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten gilt.

Bei den untersuchten Mischproben **MP 3**, **MP 4** und **MP 5** wurde erhöhten Sulfat-Gehalte von über 150 mg/l festgestellt, die den Z 0-Zuordnungswert nach VwV Boden überschreiten. Das Material fällt daher in die Qualitätsstufe > **Z 2**.

Gemäß Öffnungsklausel der VwV Boden kann Material mit Sulfatgehalt > Z 2 auf Z 0-Erddeponien in Gipssteinbrüchen wie Z 0-Material entsorgt werden.

5.3 Betonaggressivität des Grundwassers

Aus der Bohrung B 7 wurde eine Wasserprobe (WP B7) entnommen und auf betonangreifende Bestandteile untersucht.

Nach den Ergebnissen der Analytik ist **das Wasser nach DIN 4030 nicht betonaggressiv**. D.h. die Kriterien für die Einstufung in eine der Expositionsklassen XA nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2 für eine Betonkorrosion durch chemischen Angriff werden noch unterschritten (s. Anlage 5.2).

6. Erdbebenzone

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.

7. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

7.1 Parkplatz

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse des Parkplatzes wurden die Bohrungen B 1 bis B 7 angelegt.

7.1.1 Planum

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

Nach den Ergebnissen der Bohrungen stehen auf Planum z.T. die Auffüllungen und z.T. die Tone an.

Der nach ZTVE bzw. RStO auf Planum geforderte Verformungsmodul $Ev_2 \geq 45 \text{ MPa}$ wird insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen bzw. den Auffüllungen erfahrungsgemäß nicht zu erreichen sein. Wir schlagen deshalb vor, einen ca. 0,40 m starken Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, durchzuführen. 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.

Von einer mit Bindemitteln Bodenverbesserung der anstehenden Böden raten wir aufgrund der Sulfatgehalte ab.

7.1.2 Tragschicht

PKW-Flächen (Belastungsklasse 0,3)

Bei ausschließlich durch PKW genutzten, der Belastungsklasse 0,3 zugeordneten Flächen ist auf OK der ungebundenen Tragschicht ein Verformungsmodul $Ev_2 \geq 120 \text{ MPa}$ bei einem Verdichtungsverhältnis $Ev_2/Ev_1 \leq 2,2$ nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht in Bereichen der Belastungsklasse 0,3 nicht unter 0,35 m zu wählen, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen. Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Minstdicken gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO zu berücksichtigen.

LKW-Flächen (Belastungsklasse 1,0-100)

Bei durch LKW befahrenen Verkehrsflächen zu einer der Belastungsklassen 1,0 – 100 nach RStO (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen) wird auf der ungebundenen Tragschicht nach RStO, bzw. ZTV-SoB ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$ bei einem Verdichtungsverhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ nachzuweisen sein. Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht in Bereichen der Belastungsklasse 1,0 – 100 nicht unter 0,45 m zu wählen, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen. Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Minstdicken gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO zu berücksichtigen.

Die Tragfähigkeit von Planum und Tragschicht ist durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Minstdicken 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.

7.2 Bürogebäude

7.2.1 Lastabtragung

Konkrete Pläne liegen dem BFI nicht vor. Nach den Planunterlagen ist die EFH bei 489,30 mNN vorgesehen. Nach den Ergebnissen der Bohrungen B 6 und B 7 werden die Gründungssohlen bei einer frostsicheren Gründung z.T. in den Auffüllungen und z.T. in den Tonen/ Schluffen liegen.

Die Auffüllungen sowie die weiche Tone sind für die Gründung des Gebäudes nicht geeignet, da diese inhomogen zusammengesetzt und unzureichend verdichtet sein können. Bei einer Überbauung sind daher unkalkulierbare Setzungen zu erwarten, die zu Bauwerksschäden führen werden. Die Auffüllungen sowie die weiche Tone sind daher zu durchgründen. Hierzu erforderliche Fundamentvertiefungen können als lokale Plomben mit Magerbeton ausgeführt werden.

Bei der Bemessung der Fundamente kann auf dem steifen bis halbfesten Ton ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 280 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 200 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Alternativ sind auch andere Tiefgründungsmaßnahmen möglich. Wir empfehlen, diese genauer festzulegen, wenn entsprechende Lasten vorliegen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente > 1,00 m unter GOK ist zu achten.

7.2.2 Sicherung der Baugrube und Wasserhaltung

Die Baugrube wird bis rund 2,20 m in das Gelände einschneiden. Böschungen können gemäß DIN 4124 bis $\leq 5,00$ m oberhalb des Grundwassers im Bereich der mindestens steifen Tone und Schluffen mit einer Böschungsneigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. In weichen Tonen sowie in den Auffüllungen ist die Böschungsneigung auf $\beta \leq 45^\circ$ abzuflachen.

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

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

Sofern die oben angegebenen Böschungswinkel nicht eingehalten werden können oder Lasten auf der Böschungsschulter wirken ist ein rechnerischer Nachweis erforderlich.

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

7.2.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Grundwasser wurde bei den Bohrungen B 6 und B 7 nicht angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser ist daher entlang der erdberührenden Außenwände gemäß DIN 4095 eine Dränage einzubauen. Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr, $\varnothing \geq 100$ mm, über dem eine Dränschicht ausgebildet wird (Hinterfüllung mit sandigem Kies oder Anbringen von Dränplatten bzw. Sickersteinen). Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 3) 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. Die Dränage ist an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen. Die Abdichtung ist dann nach DIN 18533 gemäß Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E herzustellen.

Ist die Ausbildung einer Dränage genehmigungsrechtlich, aus Platzgründen oder wegen der fehlenden Vorflut nicht machbar, ist eine wasserdichte Ausführung vorzusehen. Das Gebäude ist entsprechend bis zum Niveau einer Begrenzungsdränage, die an eine rückstaufreie Vorflut angeschlossen wird, auftriebssicher und wasserdicht herzustellen. Alternativ kann das Gebäude bis GOK auftriebssicher und wasserdicht ausgeführt werden.

Bei Ausführung von wasserundurchlässigen Bauteilen gemäß der DafStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton“ ist der **Bemessungswasserstand** dann auf das Niveau der Begrenzungsdränage bzw. auf OK Gelände anzusetzen. Weiterhin gilt die **Beanspruchungsklasse 1** (ständig und zeitweise drückendes Wasser).

Wird nicht gemäß der o.g. DafStb-Richtlinie gebaut, so sind Abdichtungsmaßnahmen der erdberührenden Bauteile gemäß DIN 18533 vorzusehen. Für diese gilt im vorliegenden Fall ohne Dränagen die **Wassereinwirkungsklasse W 2.1 E**.

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

7.3 Pellet-Lagerhalle

7.3.1 Lastabtragung

Konkrete Pläne liegen nicht vor. Nach den Planunterlagen ist die EFH bei 489,00 mNN vorgesehen. Hier werden nach dem Abschieben des Mutterbodens noch lokal Geländeanschüttungen von rund 1,40 m erforderlich (siehe B 8- B 17).

Grundsätzlich sind die Anschüttungen in Lagen $\leq 0,40$ m einzubauen, mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Auf jeder Einbaulage sowie auf der Aufstandsfläche ist dazu bei Einbau von bindigem Material (T- und U-Boden) ein Ev_2 -Wert ≥ 30 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2/ Ev_1 \leq 2,0$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen. Bei Einbau von Baustoffgemischen, wie Baustoffgemisch 0/56 mm (GW-Boden), ist auf jeder Einbaulage ein Ev_2 -Wert ≥ 100 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2/ Ev_1 \leq 2,3$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

Für die oberste Lage der Anschüttung bzw. auf Planum sind gesonderte Anforderungen zu beachten, die für die jeweiligen Bauteile in den Kapiteln 7.3.2 beschrieben sind.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen B 8 bis B 17 werden die Gründungssohlen bei einer frostsicheren Gründung z.T. in den Anschüttungen und z.T. in den steifen Tonen und lokal in den breiigen bis weichen Tonen liegen.

Die Anschüttungen sowie die breiigen und weichen Tone sind für die Gründung des Gebäudes nicht geeignet, da diese inhomogen zusammengesetzt und unzureichend verdichtet sein können. Bei einer Überbauung sind daher unkalkulierbare Setzungen zu erwarten, die zu Bauwerksschäden führen werden. Die Auffüllungen sind daher zu durchgründen. Hierzu erforderliche Fundamentvertiefungen können als lokale Plomben mit Magerbeton ausgeführt werden.

Bei der Bemessung der Fundamente und Fundamentvertiefungen kann auf dem mindestens halbfesten Ton ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 350 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 250 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Alternativ sind auch andere Tiefgründungsmaßnahmen möglich. Wir empfehlen, diese genauer festzulegen, wenn entsprechende Lasten vorliegen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillARBrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente > 1,00 m unter GOK ist zu achten.

Bei höheren Lasten empfehlen wir die Gründung einheitlich über den Festgesteinen auszuführen. Bei der Bemessung der Fundamentvertiefungen kann auf dem sehr mürben Festgestein ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 560 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 400 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillARBrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

7.3.2 Lastabtragung Bodenplatte

In Abhängigkeit von der Belastung sind nach „Betonböden im Industriebau“ auf der Tragschicht bzw. dem Planum folgende E_{v2} -Werte nachzuweisen.

Tabelle 9: Erforderlicher Verformungsmodul des Untergrundes bzw. des Bodenaustauschs und der Tragschicht unter Betonplatten

Belastung max. Einzellast Q in kN	Verformungsmodul E_{v2} in MPa	
	des Untergrundes	der Tragschicht
$\leq 32,5$	≥ 30	≥ 80
≤ 60	≥ 45	≥ 100
≤ 100	≥ 60	≥ 120
≤ 150	≥ 80	≥ 150
≤ 200	≥ 100	≥ 180

Der Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} muss dabei $\leq 2,5$ sein.

Derzeit liegen keine Angaben zu den maximalen Einzellasten vor. Ausgehend von einer maximalen Einzellast von ≤ 60 kN ist auf Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MPa und auf OK Tragschicht von $E_{v2} \geq 100$ MPa nachzuweisen. Sofern die Annahme von den tatsächlichen Lasten abweicht, ist der Unterbau gegebenenfalls noch anzupassen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden auf **Planum** die Tone sowie die Anschüttungen und lokal die Auffüllungen anstehen. Die Anschüttungen sind so herzustellen, dass die auf dem Planum geforderten Werte erreicht werden. Die auf dem Planum geforderten Verformungsmoduln werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den anstehenden Tonen erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein.

Wir schlagen deshalb vor, in Bereich in denen die Tone und die Auffüllungen anstehen, einen ca. 0,40 m starken Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, durchzuführen. Dabei ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in der Schotterpackung aufstaut und dann den darunterliegenden Boden aufweicht.

Unter dem Hallenboden ist eine mindestens ca. 0,20 - 0,30 m starke **Tragschicht** mit Baustoffgemisch 0/45 mm nach TL-SoB erforderlich. Die Tragschicht ist mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten.

Verdichtung und Tragfähigkeit von Planum und Tragschicht sind durch Plattendruckversuche zu überprüfen.

Die Tragschicht ist über Dränagen im Abstand von 15 m und eine Ringdränage zu entwässern. Ferner ist bei Durchführung eines Bodenaustausches für die Bauzeit eine Entwässerung des Austauschkörpers vorzusehen, um einen Wasseraufstau in der Schotterpackung zu vermeiden.

Umlaufend unter den Außenwänden ist eine Frostschräge bis mindestens 1,00 m unter GOK anzuordnen.

7.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Der höchste Grundwasserstand wurde in B 12 in einer Tiefe von 7,10 m unter GOK (482,39 mNN) gemessen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch auch mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser ist daher entlang der erdberührenden Außenwände gemäß DIN 4095 eine Dränage einzubauen.

Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr, $\varnothing \geq 100$ mm, über dem eine Dränschicht ausgebildet wird (Hinterfüllung mit sandigem Kies oder Anbringen von Dränplatten bzw. Sickersteinen). Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 3) 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. Die Dränage ist an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen. Die Abdichtung ist dann nach DIN 18533 gemäß **Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E** herzustellen.

7.4 Pellet-Produktion

7.4.1 Lastabtragung

Nach den aktuellen Planunterlagen ist EFH der Pellet-Produktion bei 489,65 mNN vorgesehen. Hier werden nach dem Abschieben des Mutterbodens noch Geländeanschüttungen von rd. 4,15 m erforderlich (B 24 – B 27).

Für die Anschüttungen müssen Fremdmaterial angefahren werden. Fremdmaterial muss gesondert untersucht und für den Einbau frei gegeben werden. Wir weisen darauf hin, dass angefahrenes Fremdmaterial möglichst aus einer oder nur einer begrenzten Anzahl von Baustellen stammen sollte, um die Eignung nicht für mehrere Chargen nachweisen zu müssen und eine homogene Schüttung, sowie einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Alternativ kann ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z.B. Baustoffgemisch 0/56 mm für die Anschüttungen genutzt werden.

Grundsätzlich sind die Anschüttungen in Lagen $\leq 0,40$ m einzubauen, mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Auf jeder Einbaulage sowie auf der Aufstandsfläche ist dazu bei Einbau von bindigem Material (T- und U-Boden) ein Ev_2 -Wert ≥ 30 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2 / Ev_1 \leq 2,0$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen. Bei Einbau von Baustoffgemischen, wie Baustoffgemisch 0/56 mm (GW-Boden), ist auf jeder Einbaulage ein Ev_2 -Wert ≥ 100 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2 / Ev_1 \leq 2,3$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

Für die oberste Lage der Anschüttung bzw. auf Planum sind gesonderte Anforderungen zu beachten, die für die jeweiligen Bauteile in den Kapiteln 7.4.2 beschrieben sind.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen B 24 bis B 27 werden die Gründungssohlen bei einer frostsicheren Gründung in den Anschüttungen liegen. Die Anschüttungen sind so herzustellen, dass sie überbaut werden können.

Bei der Bemessung der Fundamente kann auf Anschüttungen (durch BFI überwacht) ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 280 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 200 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

Alternativ kann die Halle auch über eine Bodenplatte mit lastverteilernder Tragschicht gegründet werden. Nach Vorliegen der Lasten kann für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodul-Verfahren ein Bettungsmodul berechnet werden. Die aus der FE-Berechnung mit dem dann errechneten Bettungsmodul resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen. Die Stärke der Tragschicht ist im Zuge der Setzungsberechnung zu dimensionieren.

7.4.2 Lastabtragung Bodenplatte

In Abhängigkeit von der Belastung sind nach „Betonböden im Industriebau“ auf der Tragschicht bzw. dem Planum folgende E_{v2} -Werte nachzuweisen.

Tabelle 9: Erforderlicher Verformungsmodul des Untergrundes bzw. des Bodenaustauschs und der Tragschicht unter Betonplatten

Belastung max. Einzellast Q in kN	Verformungsmodul E_{v2} in MPa	
	des Untergrundes	der Tragschicht
$\leq 32,5$	≥ 30	≥ 80
≤ 60	≥ 45	≥ 100
≤ 100	≥ 60	≥ 120
≤ 150	≥ 80	≥ 150
≤ 200	≥ 100	≥ 180

Der Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} muss dabei $\leq 2,5$ sein.

Derzeit liegen keine Angaben zu den maximalen Einzellasten vor. Ausgehend von einer maximalen Einzellast von ≤ 60 kN ist auf Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MPa und auf OK Tragschicht von $E_{v2} \geq 100$ MPa nachzuweisen. Sofern die Annahme von den tatsächlichen Lasten abweicht, ist der Unterbau gegebenenfalls noch anzupassen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden auf **Planum** die Anschüttungen anstehen. Die Anschüttungen sind so herzustellen, dass die auf dem Planum geforderten Werte erreicht werden.

Unter dem Hallenboden ist eine mindestens ca. 0,20 - 0,30 m starke **Tragschicht** mit Baustoffgemisch 0/45 mm nach TL-SoB erforderlich. Die Tragschicht ist mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten.

Verdichtung und Tragfähigkeit von Planum und Tragschicht sind durch Plattendruckversuche zu überprüfen.

Die Tragschicht ist über Dränagen im Abstand von 15 m und eine Ringdränage zu entwässern. Umlaufend unter den Außenwänden ist eine Frostschräge bis mindestens 1,00 m unter GOK anzuordnen.

7.4.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Grundwasser wurde bei den Bohrungen B 24 – B 27 nicht angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser ist daher entlang der erdberührenden Außenwände gemäß DIN 4095 eine Dränage einzubauen. Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr, $\varnothing \geq 100$ mm, über dem eine Dränschicht ausgebildet wird (Hinterfüllung mit sandigem Kies oder Anbringen von Dränplatten bzw. Sickersteinen). Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 3) 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. Die Dränage ist an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen. Die Abdichtung ist dann nach DIN 18533 gemäß **Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E** herzustellen.

7.5 Bandtrockner

7.5.1 Lastabtragung

Konkrete Pläne liegen nicht vor. Nach den Planunterlagen ist die EFH bei 489,30 mNN vorgesehen. Nach dem Abschieben des Mutterbodens sind lokal Geländeanschlüpfungen bis rund 2,05 m erforderlich.

Für die Anschüttungen müssen Fremdmaterial angefahren werden. Fremdmaterial muss gesondert untersucht und für den Einbau frei gegeben werden. Wir weisen darauf hin, dass angefahrenes Fremdmaterial möglichst aus einer oder nur einer begrenzten Anzahl von Baustellen stammen sollte, um die Eignung nicht für mehrere Chargen nachweisen zu müssen und eine homogene Schüttung, sowie einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Alternativ kann ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z.B. Baustoffgemisch 0/56 mm für die Anschüttungen genutzt werden.

Grundsätzlich sind die Anschüttungen in Lagen $\leq 0,40$ m einzubauen, mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Auf jeder Einbaulage sowie auf der Aufstandsfläche ist dazu bei Einbau von bindigem Material (T- und U-Boden) ein Ev_2 -Wert ≥ 30 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2 / Ev_1 \leq 2,0$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen. Bei Einbau von Baustoffgemischen, wie Baustoffgemisch 0/56 mm (GW-Boden), ist auf jeder Einbaulage ein Ev_2 -Wert ≥ 100 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2 / Ev_1 \leq 2,3$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen B 30 - B 33 werden die Gründungssohlen bei einer frostsicheren Gründung z.T. in den Anschüttungen und z.T. in den Tonen liegen.

Bei der Bemessung der Fundamente kann auf dem steifen Ton bzw. auf den qualifiziert herzustellenden Anschüttungen ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 210 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 150 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Lasten liegen nicht vor. Aufgrund des lokalen Vorhandenseins von weichen Schichten unter den Gründungssohlen sind hier Setzungsunterschiede zu erwarten. Die resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit mittel Setzungsberechnungen zu prüfen.

Wenn in der Setzungsberechnung die Setzung bzw. die Setzungsunterschiede nicht akzeptiert werden können, empfehlen wir die Gründung einheitlich auf den mindestens steifen bis halbfesten Tönen zu führen.

Bei der Bemessung der Fundamente kann auf dem steifen bis halbfesten Ton ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 280 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 200 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillARBrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente > 1,00 m unter GOK ist zu achten.

7.5.2 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Der höchste Grundwasserstand wurde in B 31 in einer Tiefe von 7,20 m unter GOK (480,01 mNN) gemessen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch auch mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser ist daher entlang der erdberührenden Außenwände gemäß DIN 4095 eine Dränage einzubauen. Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr, $\varnothing \geq 100$ mm, über dem eine Dränschicht ausgebildet wird (Hinterfüllung mit sandigem Kies oder Anbringen von Dränplatten bzw. Sickersteinen). Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 3) 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. Die Dränage ist an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen. Die Abdichtung ist dann nach DIN 18533 gemäß Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E herzustellen.

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

7.6 Trocken / Nass Spansilos

7.6.1 Lastabtragung

Konkrete Pläne liegen nicht vor. Nach den Planunterlagen ist die EFH bei 489,30 mNN vorgesehen. Nach dem Abschieben des Mutterbodens sind lokal Geländeanschüttungen bis maximal 2,75 m erforderlich.

Für die Anschüttungen müssen Fremdmaterial angefahren werden. Fremdmaterial muss gesondert untersucht und für den Einbau frei gegeben werden. Wir weisen darauf hin, dass angefahrenes Fremdmaterial möglichst aus einer oder nur einer begrenzten Anzahl von Baustellen stammen sollte, um die Eignung nicht für mehrere Chargen nachweisen zu müssen und eine homogene Schüttung, sowie einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Alternativ kann ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z.B. Baustoffgemisch 0/56 mm für die Anschüttungen genutzt werden.

Grundsätzlich sind die Anschüttungen in Lagen $\leq 0,40$ m einzubauen, mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % zu verdichten. Auf jeder Einbaulage sowie auf der Aufstandsfläche ist dazu bei Einbau von bindigem Material (T- und U-Boden) ein Ev_2 -Wert ≥ 30 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2 / Ev_1 \leq 2,0$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen. Bei Einbau von Baustoffgemischen, wie Baustoffgemisch 0/56 mm (GW-Boden), ist auf jeder Einbaulage ein Ev_2 -Wert ≥ 100 MN/m², bei einem Verhältniswert von $Ev_2 / Ev_1 \leq 2,3$ durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen B 28, B 29, B 33 und B 34 werden die Gründungssohlen bei einer frostsicheren Gründung z.T. in den Anschüttungen und z.T. in den Tonen liegen. Lokal können Auffüllungen unter den Anschüttungen anstehen (siehe B 28).

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 Bemessung der Fundamente kann auf dem steifen bis halbfesten Ton bzw. auf den qualifiziert herzustellenden Anschüttungen ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 280 kN/m²** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} von 200 kN/m² nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe muss mindestens 0,60 m (OK Bodenplatte – UK Fundament) betragen.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente > 1,00 m unter GOK ist zu achten.

Alternativ können die Silos über Bodenplatte mit lastverteilernder Tragschicht gegründet werden. Nach Vorliegen der Lasten kann für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodul-Verfahren ein Bettungsmodul berechnet werden. Die aus der FE-Berechnung mit dem dann errechneten Bettungsmodul resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen. Die Stärke der Tragschicht ist im Zuge der Setzungsberechnung zu dimensionieren.

7.6.2 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Der höchste Grundwasserstand wurde in B 34 in einer Tiefe von 10,00 m unter GOK (478,83 mNN) gemessen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch auch mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser ist daher entlang der erdberührenden Außenwände gemäß DIN 4095 eine Dränage einzubauen. Als Dränrohr empfiehlt sich ein geschlitztes PVC-Rohr, $\varnothing \geq 100$ mm, über dem eine Dränschicht ausgebildet wird (Hinterfüllung mit sandigem Kies oder Anbringen von Dränplatten bzw. Sickersteinen). Zudem empfehlen wir, gegen das Erdreich ein Filtervlies (Klasse 3) 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. Die Dränage ist an eine rückstaufreie Vorflut anzuschließen. Die Abdichtung ist dann nach DIN 18533 gemäß Wassereinwirkungsklasse W 1.2 E herzustellen.

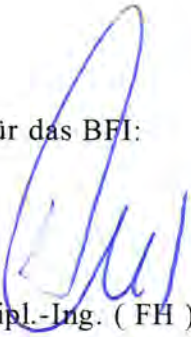
Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillARBrechende Dränschicht (z. B. Kies oder Schotter 11/22 mm) einzubauen und an die Ringdränage anzuschließen.

8. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

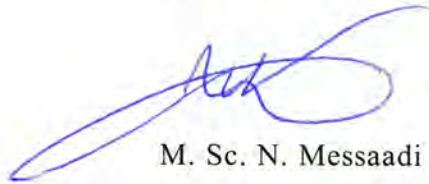
- die Zusendung der Ausführungspläne
- die Abnahme der Gründungssohlen/ Fundamente
- die Abnahme von Planum und Tragschichten durch Plattendruckversuche
- die lagenweise Abnahme von Anschüttungen durch Plattendruckversuche
- die Durchführung einer Sulfat- und Eignungsuntersuchung der Fremdmaterialien.

Für das BFI:



Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

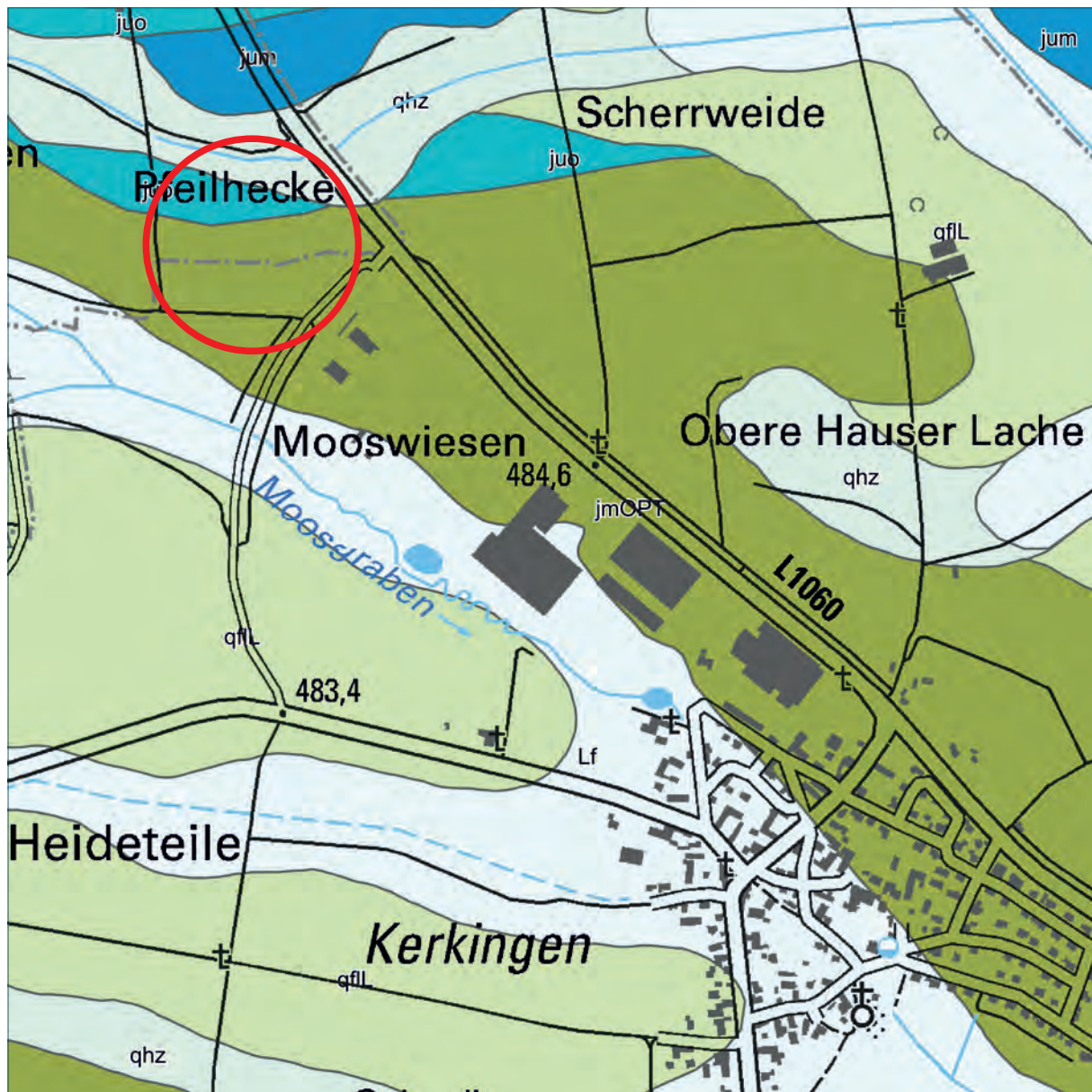
Sachbearbeiter:



M. Sc. N. Messaadi

gez. Borota

Dipl.-Geol. S. Borota



- Lössführende Fließerde (qfL)
- Holozäne Abschwemmmassen (qhz)
- Auenlehm (Lf)
- Opalinuston-Formation (jmOPT)
- Oberer Unterjura (juo)
- Mittlerer Unterjura (jum)

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 220712-4
		Anlage: 1.1
Projekt: Kerkingen, Holzwerke Ladenburger-Neubau KWK		
Geologische Karte		Maßstab: 1 : 10.000
Auftraggeber: Ladenburger GmbH Zur Walkmühle 1-5, 73441 Bopfingen		
Datum: 13.04.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm

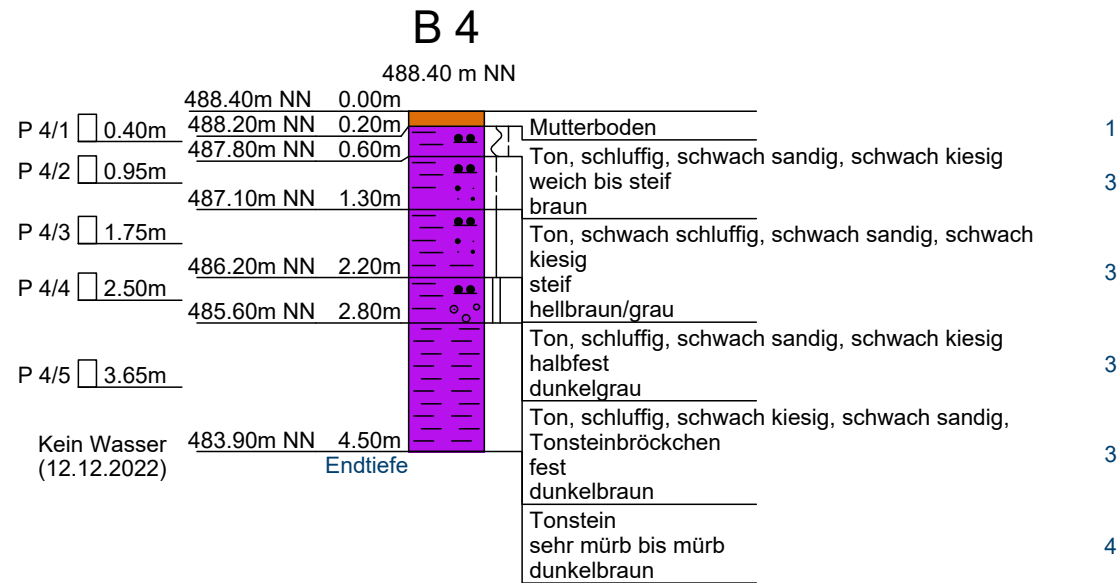
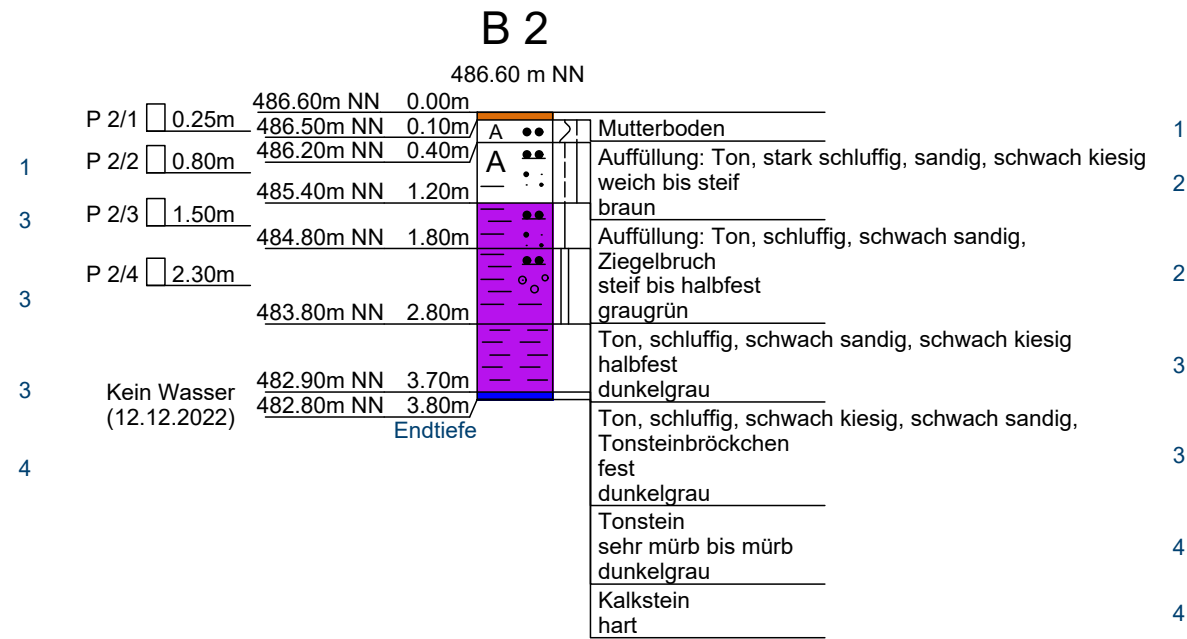
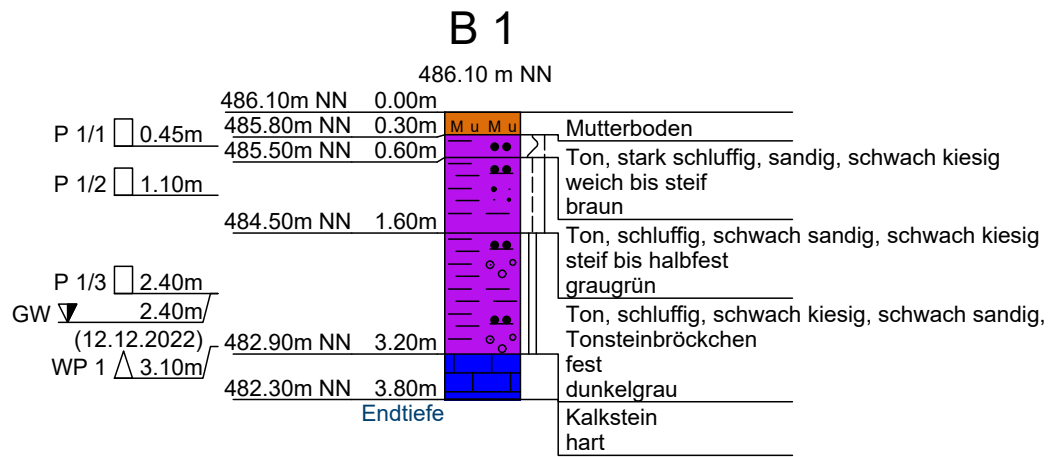
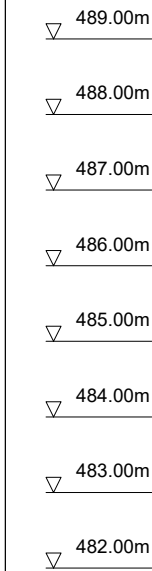


2246_Neubau Pelletwerk

- Step 1
- Step 2
- Step 3

Legende:
Bohrung

BFI BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929		Az:220712-4 Anlage: 1.2
Projekt: Kerkingen, Holzwerke Ladenburger, Neubau KWK		
Lageplan mit Lage der Bohrungen		Maßstab: 1 : 500
Auftraggeber: Ladenburger GmbH Zur Walkmühle 1-5, 73441 Bopfingen		
Datum: 13.04.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm

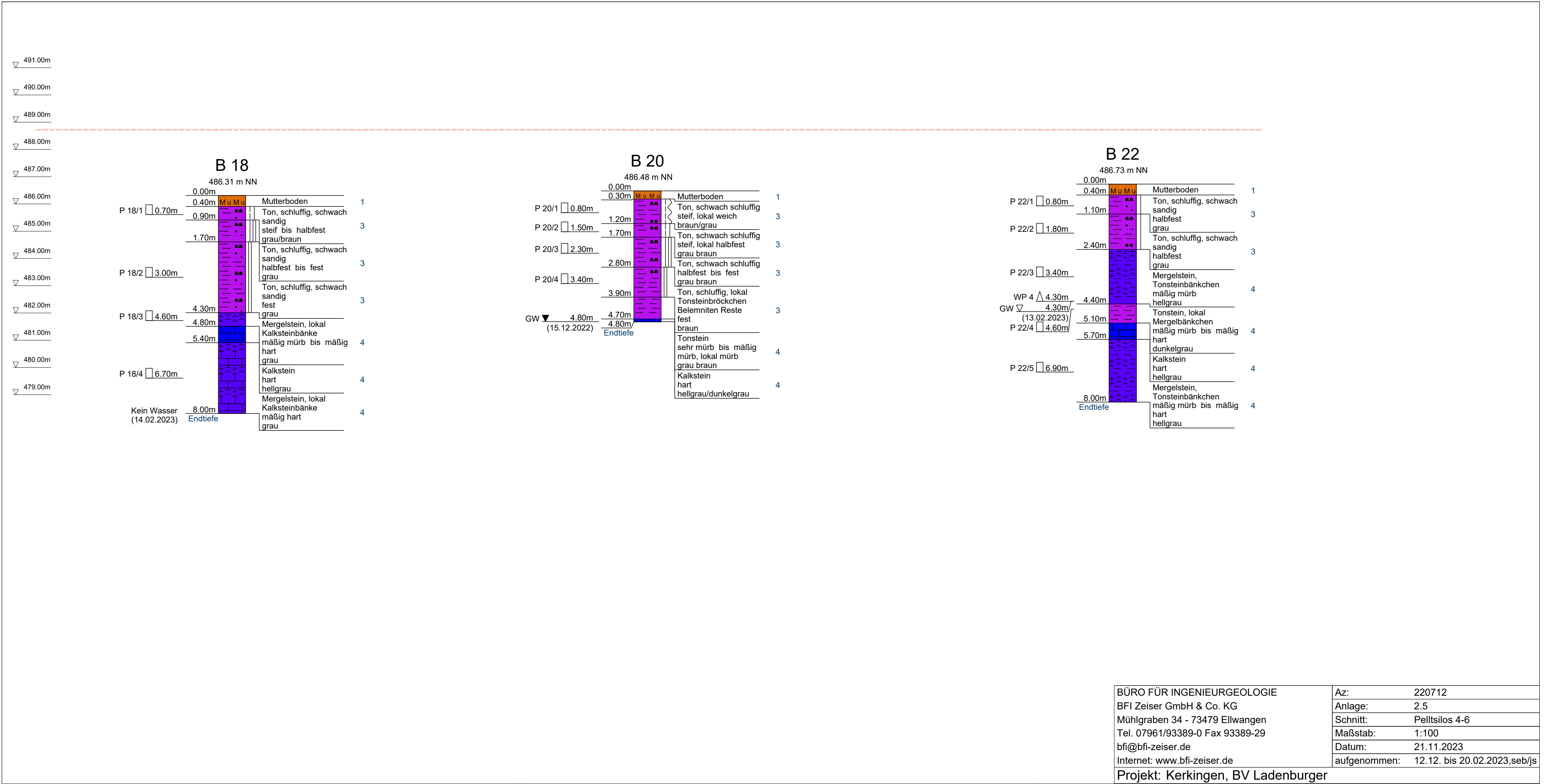


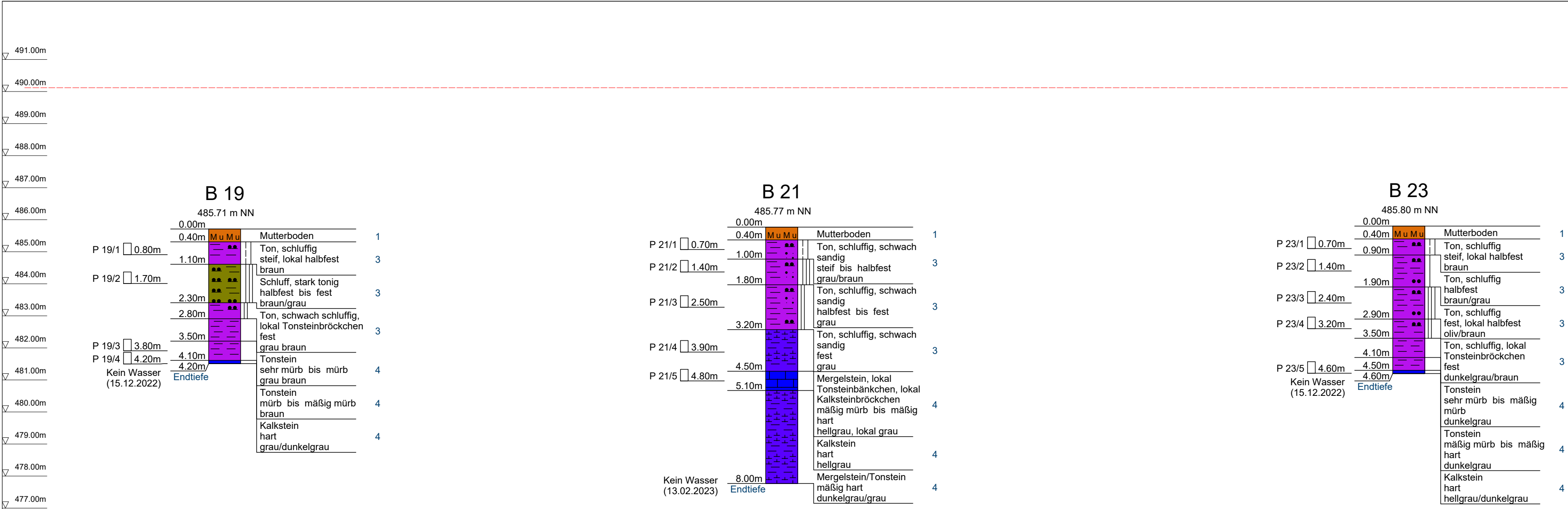
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de	Az:	220712
	Anlage:	2.1
	Schnitt:	Parkplatz
	Maßstab:	1:100
	Datum:	21.11.2023
	aufgenommen:	12.12. bis 20.02.2023,seb/js
Projekt: Kerkingen, BV Ladenburger		



Projekt: Kerkingen, BV Ladenburger







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:	220712
	Anlage:	2.6
	Schnitt:	Peletsilo 1-3
	Maßstab:	1:100
	Datum:	21.11.2023
	aufgenommen:	12.12. bis 20.02.2023,seb/js
Projekt: Kerkingen, BV Ladenburger		

B 24
487.70 m NN

0.00m
0.40m
0.60m
1.10m
2.30m
4.00m
4.60m
5.80m
5.90m
Endtiefe

P 24/1 1.70m
P 24/2 5.20m
Kein Wasser (14.12.2022)

1
3
3
3
3/4
4
4
4

B 25
488.15 m NN

0.00m
0.70m
1.50m
4.70m
5.80m
8.00m
9.20m
12.00m
Endtiefe

P 25/1 1.10m
P 25/2 3.10m
P 25/3 5.30m
P 25/4 6.90m
P 25/5 10.60m
Kein Wasser (10.02.2023)

1
3
3
3
4
4
4

B 26
486.02 m NN

0.00m
0.50m
1.20m
2.10m
3.80m
4.20m
4.80m
7.00m
12.00m

P 26/1 0.30m
P 26/2 0.90m
P 26/3 1.70m
P 26/4 3.00m
P 26/5 4.00m
P 26/6 5.90m

1
3
3
3
3
4
4
4

B 27
486.09 m NN

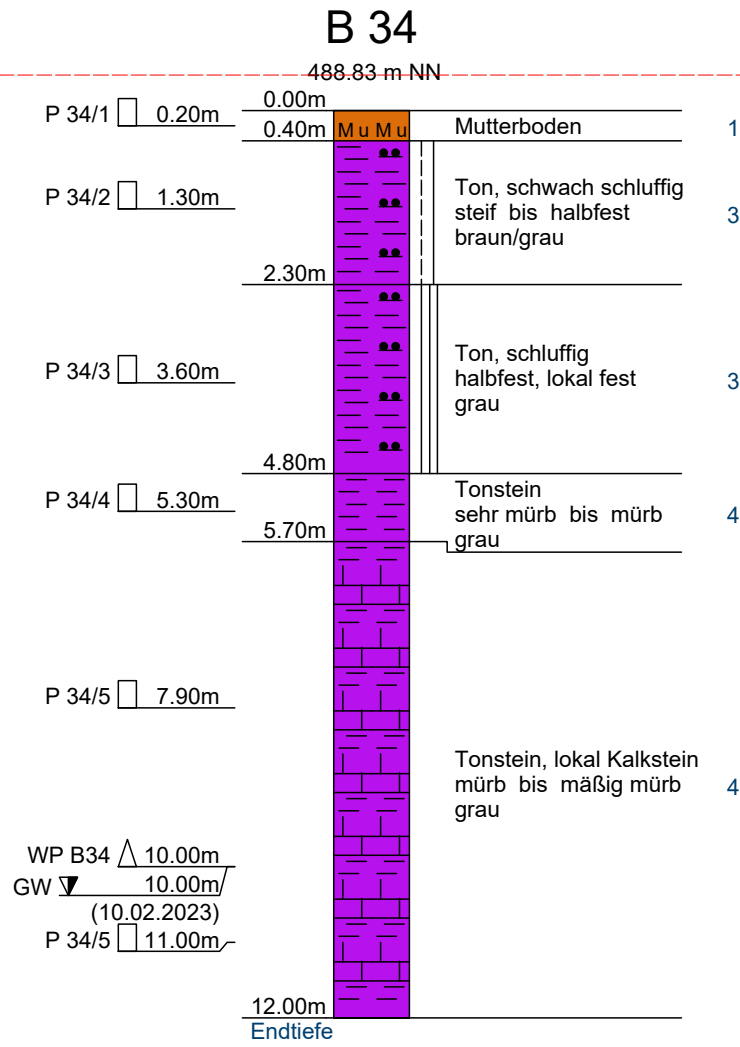
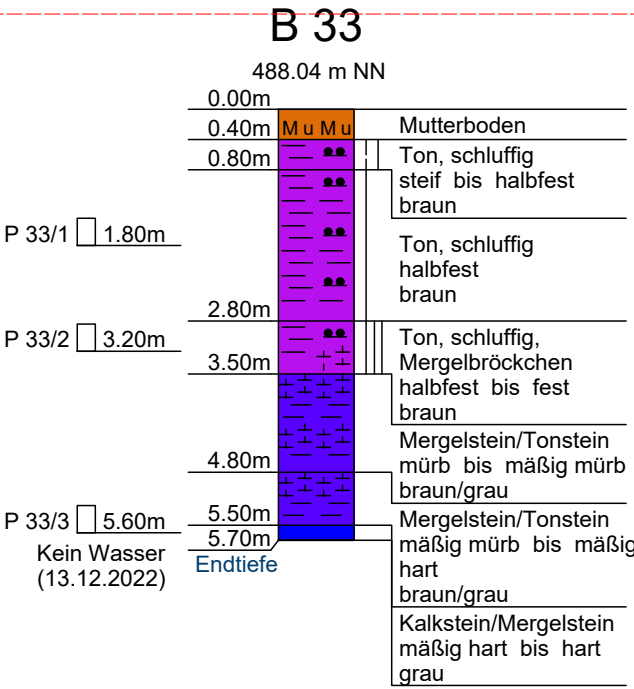
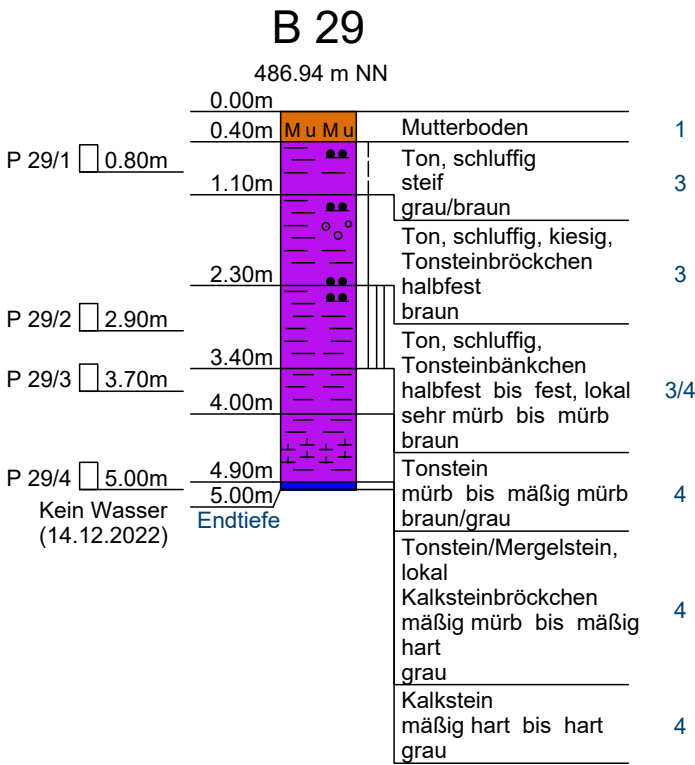
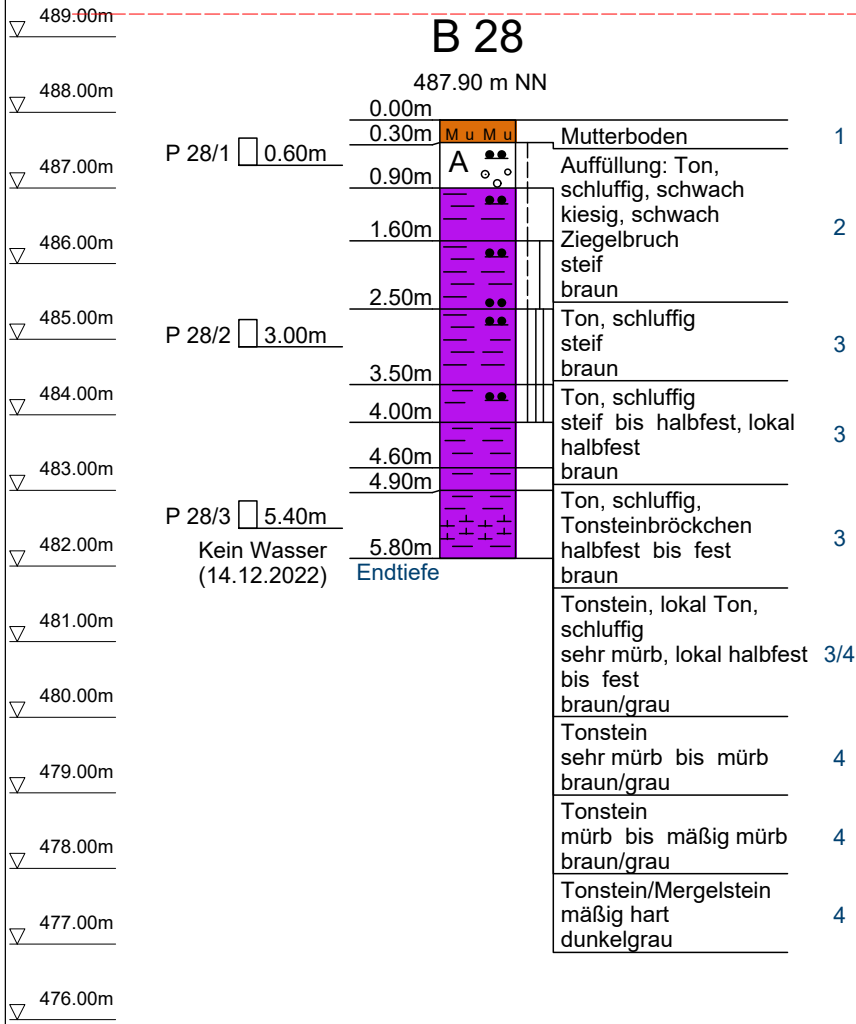
0.00m
0.40m
1.10m
2.20m
3.60m
4.20m
4.80m
4.90m
Endtiefe

P 27/1 0.80m
P 27/2 1.70m
P 27/3 2.90m
P 27/4 4.50m
SW (14.12.2022)

1
3
3
3
3/4
4
4

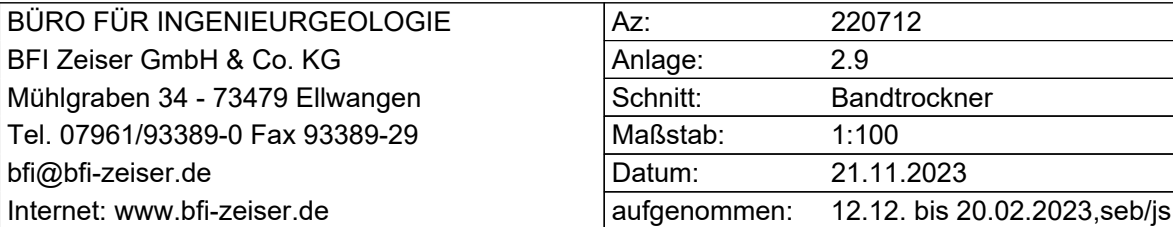
DC

EFH - Trocken/Nass Spansilos = 489,30 mNN



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	220712
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.8
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	Trocken/Nass Silo 1
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:100
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	21.11.2023
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	12.12. bis 20.02.2023,seb/js

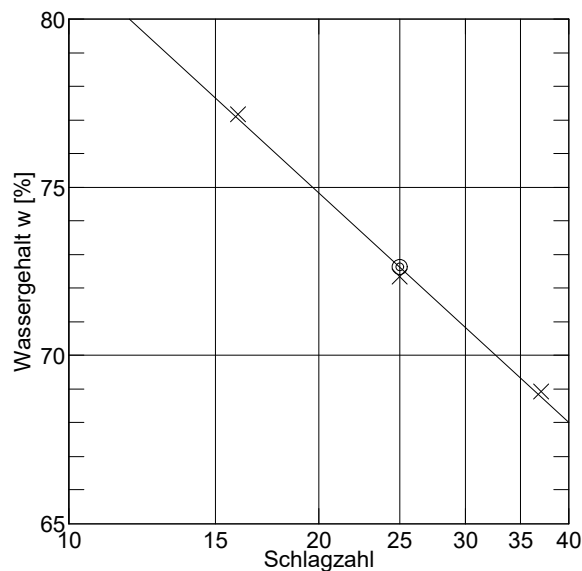
Projekt: Kerkingen, BV Ladenburger



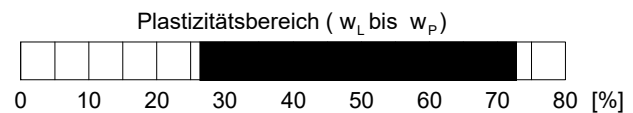
Projekt: Kerkingen, BV Ladenburger

BFI	Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 220712
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.1
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 04.04.2023
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 4/2
	Entnahmestelle: B 4
	Entnahmetiefe: 0,95
Ausgef. durch :	Bodenart: T, u

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	06	28	25			57	08			
Zahl der Schläge	37	25	16							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	127.80	126.10	122.20			145.90	149.30			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	113.60	112.50	109.70			135.10	138.00			
Behälter m_B [g]	93.00	93.70	93.50			96.30	92.50			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	14.20	13.60	12.50			10.80	11.30			
Trockene Probe m_t [g]	20.60	18.80	16.20			38.80	45.50	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	68.9	72.3	77.2			27.8	24.8	26.3		



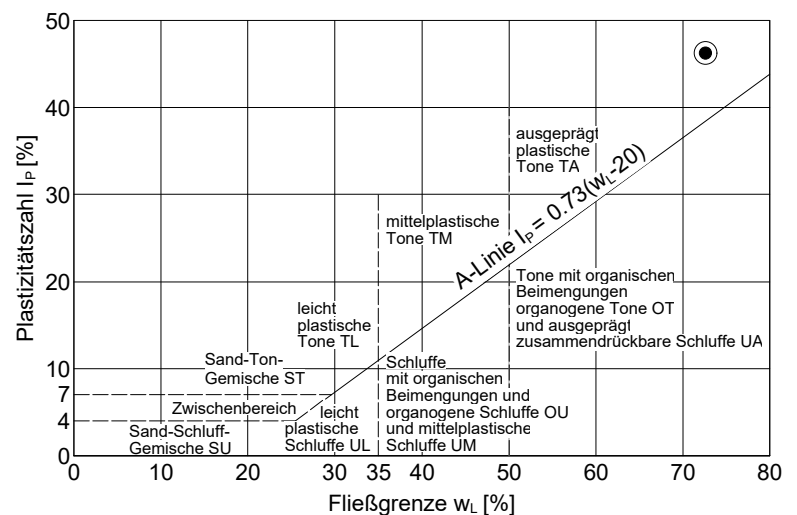
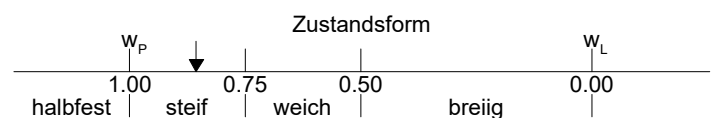
Wassergehalt $w_N = 32.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 72.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 26.3 \%$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 46.3 \%$

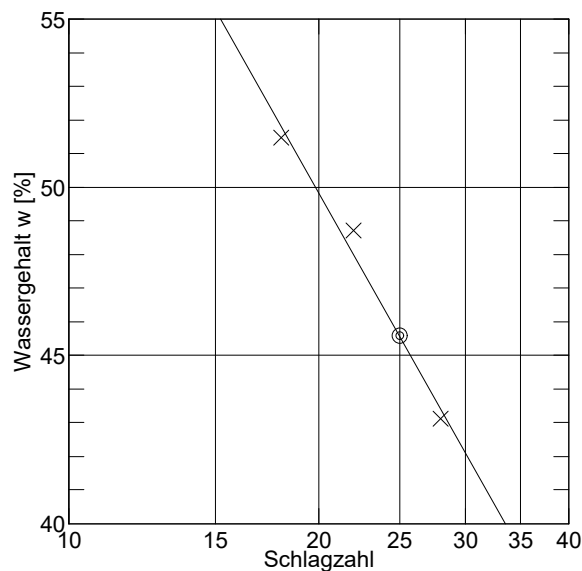
Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = 0.143$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 0.857$

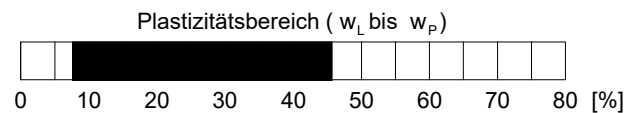


BFI	Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 220712
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.2
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 04.04.2023
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 6/2
	Entnahmestelle: B 6
	Entnahmetiefe: 2,50
Ausgef. durch :	Bodenart: T, u

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	201	50	44			26	33			
Zahl der Schläge	28	22	18							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	123.70	123.50	128.60			112.70	104.30			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	114.60	114.10	116.30			110.90	103.70			
Behälter m_B [g]	93.50	94.80	92.40			90.30	94.50			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	9.10	9.40	12.30			1.80	0.60			
Trockene Probe m_t [g]	21.10	19.30	23.90			20.60	9.20	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	43.1	48.7	51.5			8.7	6.5	7.6		



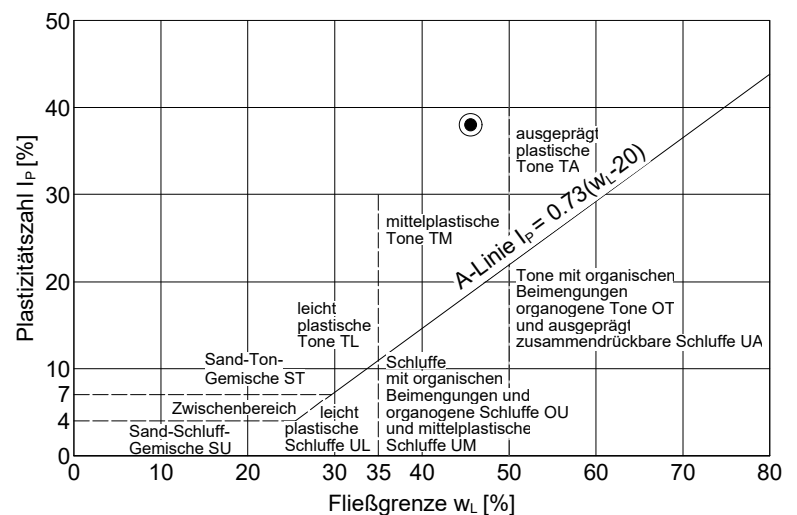
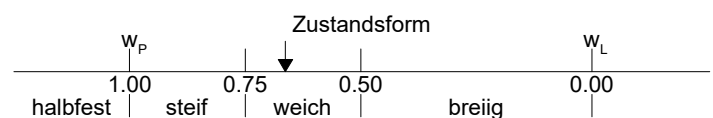
Wassergehalt $w_N = 20.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 45.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 7.6 \%$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 38.0 \%$

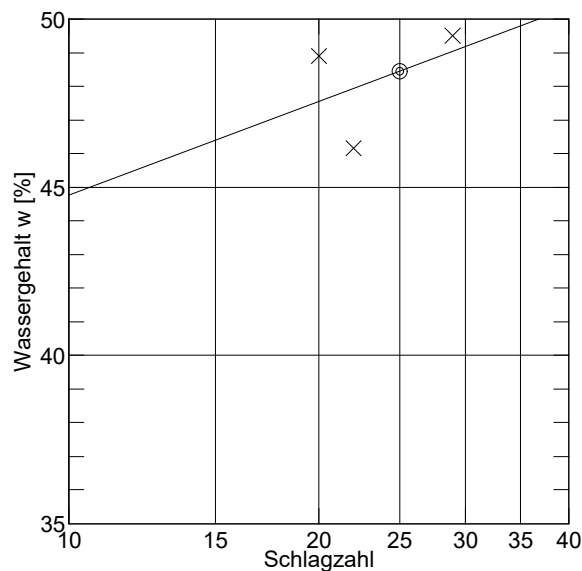
Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = 0.334$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 0.666$

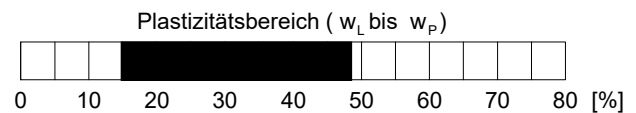


BFI	Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 220712
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.3
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 04.04.2023
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 14/1
	Entnahmestelle: B 14
	Entnahmetiefe: 1,50
Ausgef. durch : hb	Bodenart: T, u

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	09	31	218			41	223			
Zahl der Schläge	29	22	20							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	123.30	110.40	126.30			123.40	117.90			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	113.20	104.40	115.30			119.30	115.30			
Behälter m_B [g]	92.80	91.40	92.80			96.20	93.10			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.10	6.00	11.00			4.10	2.60			
Trockene Probe m_t [g]	20.40	13.00	22.50			23.10	22.20	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	49.5	46.2	48.9			17.7	11.7	14.7		



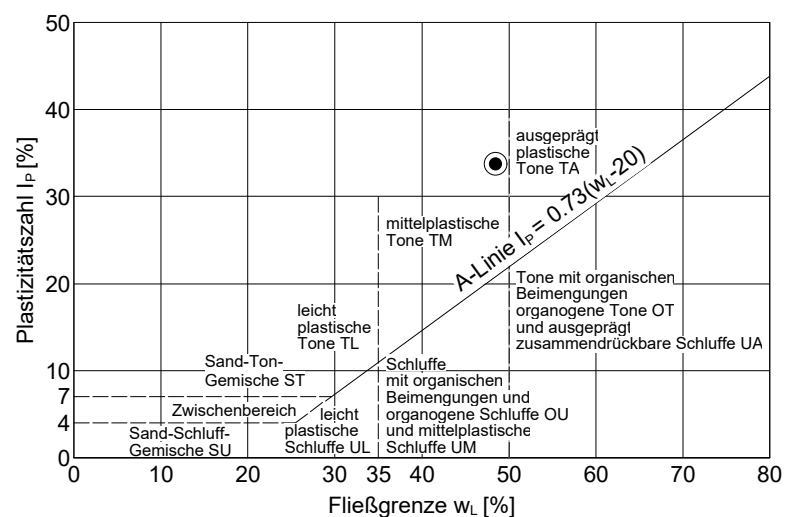
Wassergehalt $w_N = 32.6 \%$
 Fließgrenze $w_L = 48.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 14.7 \%$



Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 33.8 \%$

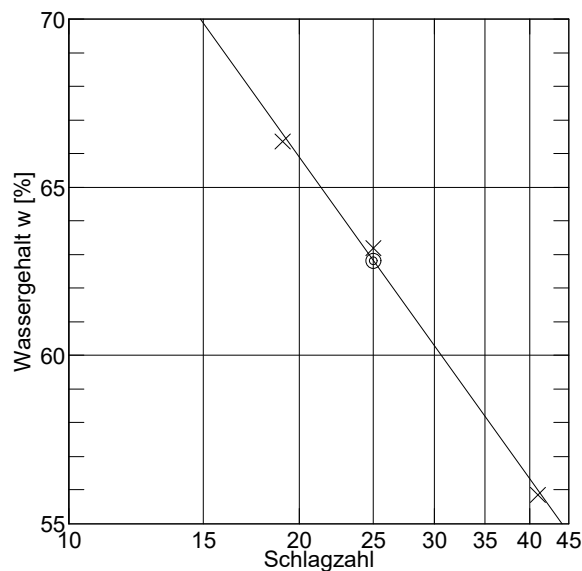
Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = 0.530$

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 0.470$

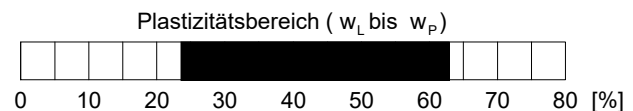


BFI	Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 220712
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.4
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 04.04.2023
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Probe Nr.: P 15/3
	Entnahmestelle: B 15
	Entnahmetiefe: 1,80
Ausgef. durch : hb	Bodenart: T, u

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	90	10	94			08	14			
Zahl der Schläge	41	25	19							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	115.30	122.40	129.50			128.70	141.20			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	107.20	112.10	114.70			121.70	132.90			
Behälter m_B [g]	92.70	95.80	92.40			92.90	96.30			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	8.10	10.30	14.80			7.00	8.30			
Trockene Probe m_t [g]	14.50	16.30	22.30			28.80	36.60	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	55.9	63.2	66.4			24.3	22.7	23.5		



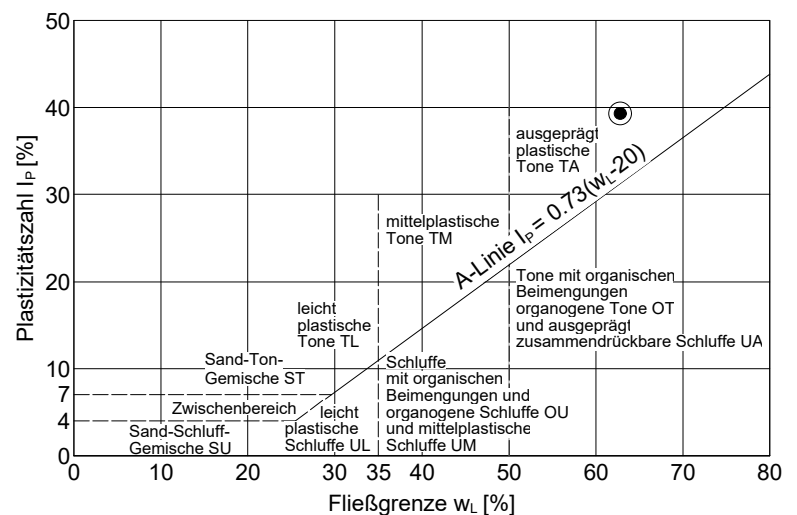
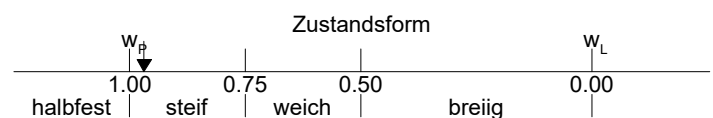
Wassergehalt $w_N = 24.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 62.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 23.5 \%$



Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_P = 39.3 \%$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_p} = 0.031$

Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w_N}{I_p} = 0.969$



	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.	11	144	135			29	17			
Zahl der Schläge	28	22	17							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	120.50	123.00	120.50			132.90	124.50			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	110.20	111.80	110.70			126.40	119.90			
Behälter m_B [g]	93.00	93.50	96.20			95.10	96.10			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.30	11.20	9.80			6.50	4.60			
Trockene Probe m_t [g]	17.20	18.30	14.50			31.30	23.80	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	59.9	61.2	67.6			20.8	19.3	20.0		

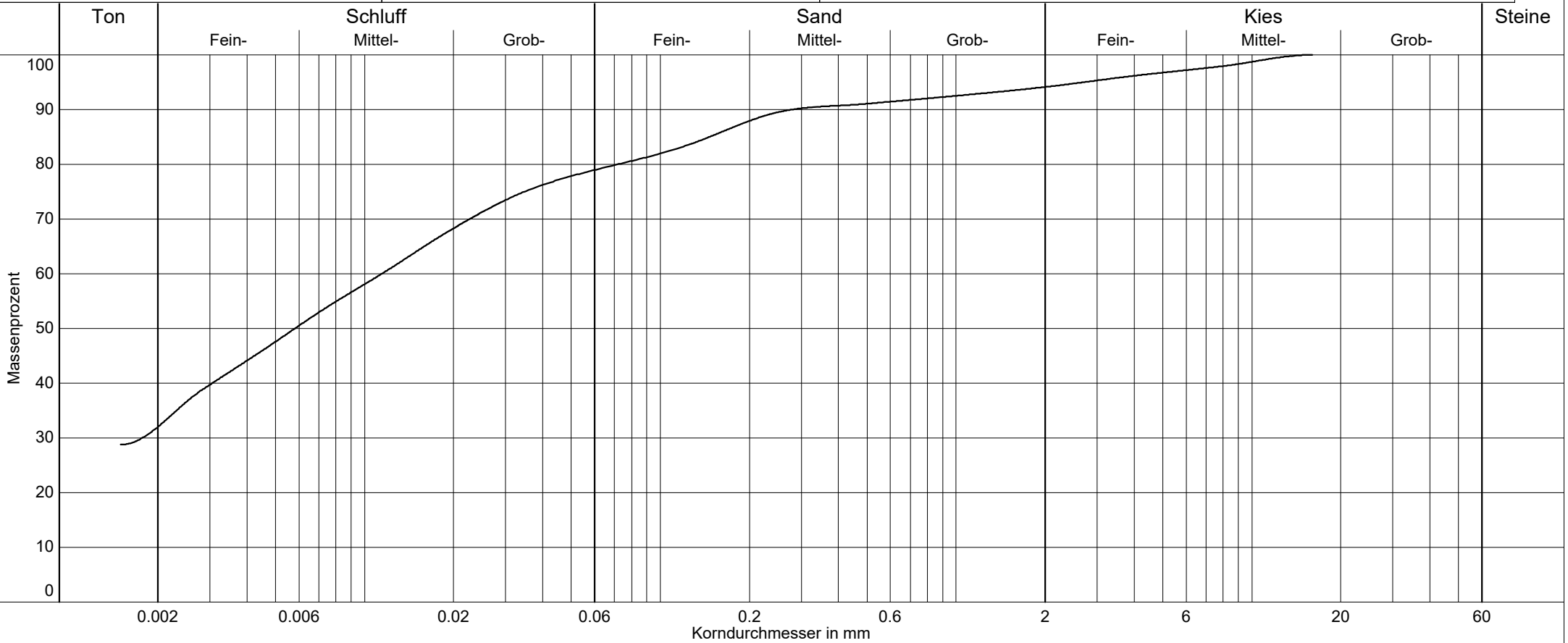


BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE
Mühlgraben 34
73479 Ellwangen
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
Projektnr.: 220712
Datum : 18.02.2010
Anlage : 4.1



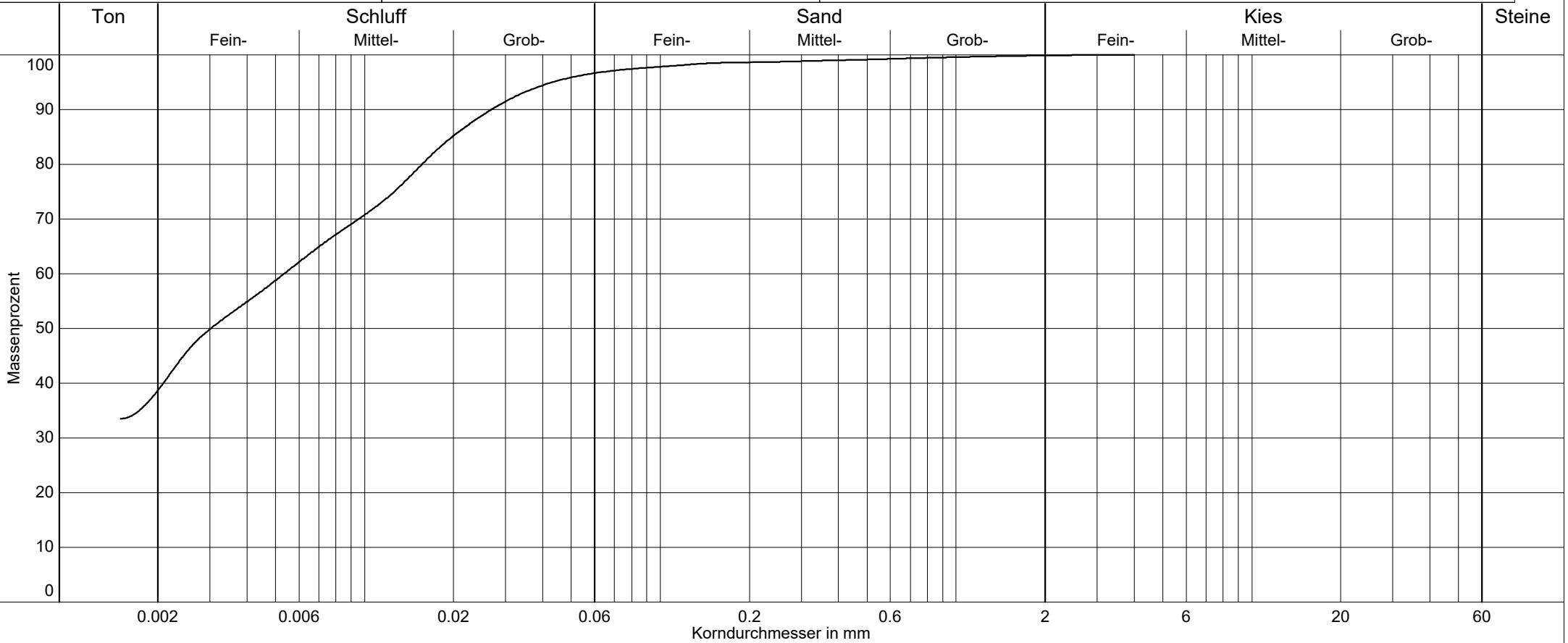
Siebung	—— P 7/3
Bodenart	U,fs',g'
Bodengruppe	U
Anteil < 0.063 mm	79.4 %
Kornfrakt. T/U/S/G/X	32.0/47.3/14.8/5.9 %
Frostempfindl.klasse	F3
kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)

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

Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
Projektnr.: 220712
Datum : 18.02.2010
Anlage : 4.2



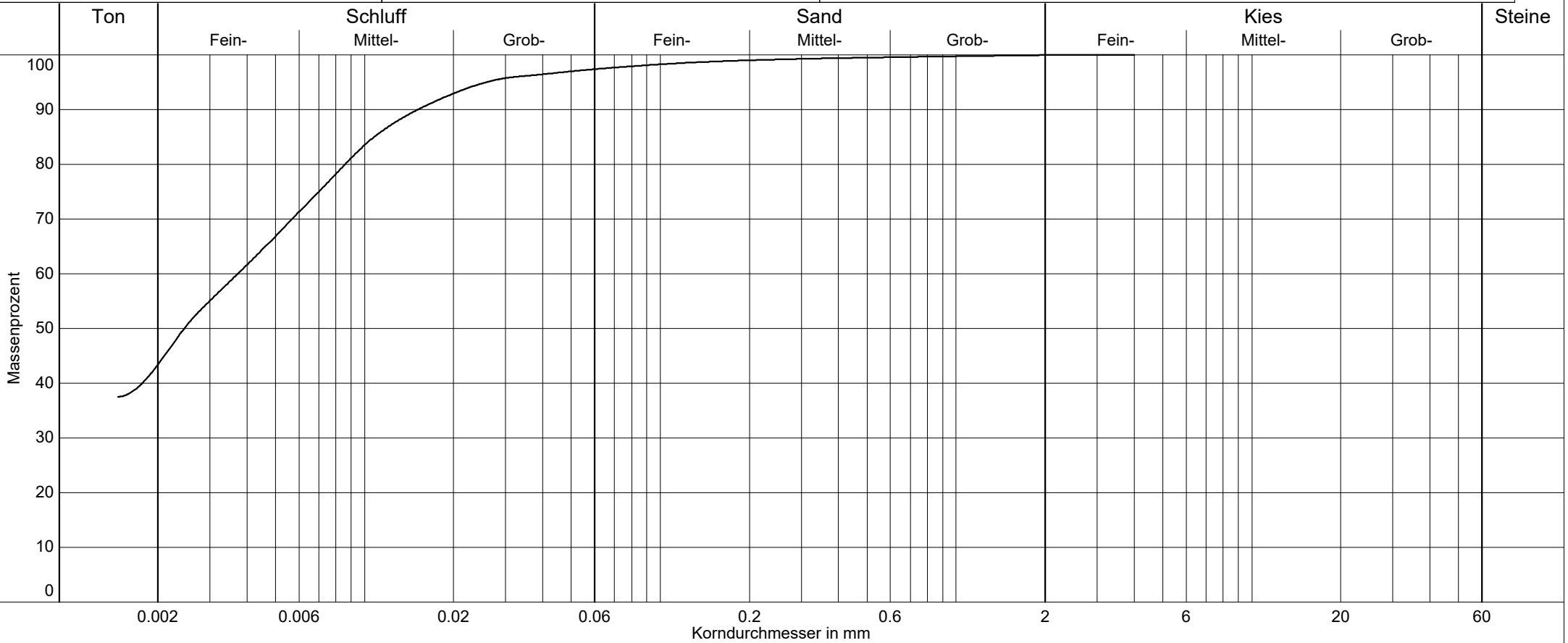
Siebung	—— P 12/2
Bodenart	U
Bodengruppe	U
Anteil < 0.063 mm	97.8 %
Kornfrakt. T/U/S/G/X	38.7/59.1/2.1/0.1 %
Frostempfindl.klasse	F3
kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)

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

Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Kerkingen, Holzwerke Ladenburger
Projektnr.: 220712
Datum : 19.04.2023
Anlage : 4.3



Siebung	—— P 19/2
Bodenart	U
Bodengruppe	U
Anteil < 0.063 mm	98.0 %
Kornfrakt. T/U/S/G/X	43.4/54.7/1.9/0.0 %
Frostempfindl.klasse	F3
kf nach Kaubisch	- (0.063 >= 60%)

Bezeichnung	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	Z0 Ton	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		Auff	Ton (B1-B 7)	Ton (B8-17)	Ton (B18-27)	Ton (B28-35)						
Anzuwendende Klasse(n):		Z0 Ton	Z1.2	über Z2	über Z2	über Z2						
Anionen aus der Originalsubstanz												
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				3	3	10
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657												
Arsen (As)	mg/kg TS	14,6	10,6	12,8	12,7	11,7	20	15	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	24	24	22	21	23	100	100	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	0,2	0,3	0,4	1,5	1	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	39	42	44	37	34	100	100	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	22	28	28	26	28	60	60	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	38	64	57	72	76	70	70	100	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	1	1	1	1,5	1,5	5
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,2	0,5	0,5	0,4	0,5	1	0,7	0,7	2,1	2,1	7
Zink (Zn)	mg/kg TS	99	110	133	129	216	200	200	300	450	450	1500
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz												
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40			200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	100	100	400	600	600	2000
BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz												
Summe BTEX	mg/kg TS	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(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.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1	1
PAK aus der Originalsubstanz												
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS	0,07	(n. b.)	(n. b.)	(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.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus dem 10:1-Schüttteleuat nach DIN EN 12457-4												
pH-Wert		8,5	8,2	7,9	8,1	7,8	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	166	325	578	441	1380	250	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schüttteleuat nach DIN EN 12457-4												
Chlorid (Cl)	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	30	30	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	6,8	100	240	160	780	50	50	50	50	100	150
Cyanide, gesamt	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schüttteleuat nach DIN EN 12457-4												
Arsen (As)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3		1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1		15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2		0,5	0,5	0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10		150	150	150	200	600
Organische Summenparameter aus dem 10:1-Schüttteleuat nach DIN EN 12457-4												
Phenolindex, wasserdampfflüchtig	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 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

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 220712-4
		Anlage: 5.1
Projekt: Kerkingen, Holzwerke Ladenburger, KWK		
Analysenergebnisse nach VwV Boden		
Auftraggeber: Ladenburger GmbH Zur Walmühle 1-5, 73441 Bopfingen		
Datum: 17.04.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm

Bezeichnung	Einheit	WP B7	nicht angreifend	schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
Probennummer		nicht angreifend				
Anzuwendende Klasse(n):						
Prüfungen auf Betonaggressivität von Wässern						
Färbung qualit.		ohne				
Trübung (qualitativ)		ohne				
Geruch (qualitativ)		ohne				
Geruch, angesäuert (qualitativ)		ohne				
pH-Wert		7,6	> 6,5	> 5,5	> 4,5	> 4
Ammonium	mg/l	< 0,12	< 15	30	60	100
Sulfat (SO4)	mg/l	110	< 200	600	3000	6000
Chlorid (Cl)	mg/l	22	< 500			
Magnesium (Mg)	mg/l	82,3	< 300	1000	3000	
Kalkaggressives Kohlendioxid	mg/l	< 5,0	< 15	40	100	
Gesamthärte	mmol/l	7,56				
Hydrogencarbonathärte	mg CaO/l	180				
Nichtcarbonathärte	mg CaO/l	250				
Permanganat-Verbrauch [KMnO4]	mg KMnO4/l	5,4				

-Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-,
Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 220712
		Anlage: 5.2
Projekt: Kerkingen, Holzwerke Ladenburger, Neubau KWK		
Analysenergebnisse nach DIN 4030		
Auftraggeber: Ladenburger GmbH Zur Walkmühle 1-5, 73441 Bopfingen		
Datum: 11.05.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm