

Deckblatt zu 2-A3 Geotechnisches und Umwelttechnisches Gutachten

Das bereits 2020 erstellte Gutachten umfasst einen größeren Untersuchungsbereich als der nunmehr ins Verfahren gegebene Geltungsbereich des vorhabenbezogenen Bebauungsplans. Basis der Untersuchung waren Konzepte von 2019, die damals auch noch das AVG-Gelände umfassten. Zudem war das vorgelegte Gutachten im Rahmen einer Gesamtkonzeption durch die Züblin AG erstellt.

Der Vorhabenträger hat sich nicht geändert und daher bildet das Gutachten von 2020 weiterhin die Grundlage für die Planungen.

Da sich das Baugebiet im Fortgang der Konzeption sogar reduziert hat, deckt das Gutachten nach wie vor den Planungsbereich ab.



**GHJ Ingenieurgesellschaft für Geo-
und Umwelttechnik mbH & Co. KG**

GEOTECHNISCHES UND UMWELTTECHNISCHES GUTACHTEN

BAUVORHABEN	Wohnbebauung „Im Woog 2“ 76744 Wörth – Maximiliansau
AUFTRAGGEBER	Ed. Züblin AG Direktion Karlsruhe Bereich Schlüsselfertiges Bauen An der Tagweide 18 76139 Karlsruhe
AUFTRAG-NR.	20-0036
DATUM	20.04.2020 Mai / Lm / cp

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag	5
2	Unterlagen	5
3	Projektstandort	6
3.1	Lage und aktuelle Geländesituation	6
3.2	Erdbeben	7
3.3	Wasserschutzgebiet / Hochwasserrisiko	7
3.4	Kampfmittel	8
4	Geplante Baumaßnahme und geotechnische Kategorie	8
5	Untersuchungsprogramm	8
5.1	Baugrundaufschlüsse	8
5.2	Geotechnische Laborversuche	9
5.3	Chemisch-analytische Laborversuche	9
6	Baugrund	10
6.1	Allgemeine Baugrundverhältnisse	10
6.2	Untergrundaufbau	10
6.3	Baugrundmodell, charakteristische Kennwerte	12
6.4	Grundwasser	15
7	Umwelttechnische Untersuchungen	16
7.1	Baugrundaufschlüsse aus umwelttechnischer Sicht	16
7.2	Probenahme und Untersuchungsumfang	17
7.3	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen	19
7.4	Umwelttechnische Bewertung	20
7.5	Baubetriebliche Hinweise aus umwelttechnischer Sicht	25
8	Bebaubarkeit des Geländes	26
8.1	Allgemeines	26
8.2	Flachgründung mit Rütteldruck- / Rüttelstopfverdichtung	27
8.3	Tiefgründung auf verrohrten Bohrpfählen nach DIN EN 1536	29
9	Hinweise und Empfehlungen	32
10	Zusammenfassung	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Baugrundmodell – Homogenbereiche und Bodenkennwerte (Teil 1)	13
Tabelle 2	Baugrundmodell – Homogenbereiche und Bodenkennwerte (Teil 2)	14
Tabelle 3	Zusammenstellung der chemisch analysierten Schwarzdeckeproben	17
Tabelle 4	Zusammenstellung der chemisch analysierten Bodenproben	18
Tabelle 5	Abfallrechtliche Einstufung der Schwarzdeckenproben	22
Tabelle 6	Abfallrechtliche Einstufung der untersuchten Bodenmischproben	24
Tabelle 7	Charakteristische Mantelreibung und Pfahlspitzenwiderstand (Bruchwerte) für verrohrte Bohrpfähle nach DIN EN 1536	30
Tabelle 8	Pfahltragfähigkeiten (Druckbelastung) für verrohrte Bohrpfähle nach DIN 1536, Durchmesser D = 0,60 m / D = 0,90 m	31

Verteiler: 3-fach: Ed. Züblin AG, Direktion Karlsruhe,
Bereich Schlüsselfertiges Bauen, Herrn Schürhuber,
An der Tagweide 18, 76139 Karlsruhe
sowie als PDF an: max@zueblin.de

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Topografische Karte mit Projektstandort, M 1 : 25.000

Anlage 1.2 Luftbild mit Projektstandort, M 1 : 1.000

Anlage 1.3 Lageplan Bestand mit Aufschlusspunkten, M 1 : 500

Anlage 2 Bohrprofile, Rammdiagramme

Anlage 3 Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 3.1 Körnungskurven

Anlage 3.2 Plastizitätsdiagramm, Konsistenzgrenzen

Anlage 3.3 Zusammenstellung Laborversuche

Anlage 4 Prüfbericht der SGS Institut Fresenius GmbH, Radolfzell

Anlage 5 Pfahlwiderstands-Setzungslinien

1 Auftrag

Die Ed. Züblin AG, Direktion Karlsruhe, plant die Neubebauung des Geländes des SBK-Marktes in der Straße „Im Woog“ in Wörth-Maximiliansau. Es sind Wohngebäude geplant.

Unser Büro wurde beauftragt, den Baugrund durch Sondierbohrungen und Rammsondierungen zu erkunden und zur Bebaubarkeit Stellung zu nehmen. Des Weiteren sollten der Baugrund und die vorhandenen Schwarzdecken hinsichtlich möglicher Schadstoffe untersucht werden.

2 Unterlagen

Dem Gutachten liegen folgende Unterlagen zu Grunde:

- [2.1] Planungsentwurf / Bebauungskonzept, Stand: 11.06.2019, Ed. Züblin AG, Direktion Karlsruhe
- [2.2] Baugrundgutachten „SBK-Markt in Maximiliansau“ vom 01.03.1979, Ingenieurbüro für Baugrunduntersuchungen, Auftrag-Nr. Wa-Pr/9019, Frankfurt / Main
- [2.3] Kanal- und Leitungspläne
- [2.4] Geologische Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Online-Karte, 2020
- [2.5] Karte der Erdbebenzonen für Rheinland-Pfalz, geoportal (online), Rheinland-Pfalz, 2020
- [2.6] Wasserschutzgebiete, geoportal-wasser (online), Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz, 2020
- [2.7] Hochwasserrisikomanagement-Anfrage über gda-wasser (online), Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz, 2020

- [2.8] Grundwassergleichen des Oberen Grundwassers und Grundwasserflurabstand, Zeitraum 29.09. – 01.10.2003, Raum-Karlsruhe-Speyer, Umweltministerium Baden-Württemberg / Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, 2006
- [2.9] Grundwasserdaten der Landesmessstellen 1122 „Wörth am Rhein, Maximiliansau“ (Messzeitraum: 1966 – 2018), 1125 „Wörth am Rhein, Maximiliansau“ (Messzeitraum: 1966 – 2011) und 1261 „I Wörth am Rhein, Kläranlage“ (Messzeitraum: 1979 – 2018), geoportal-wasser (online), Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz, 2020
- [2.10] Überprüfung von Aufschlusspunkten auf Kampfmittelfreiheit, fachtechnische Begleitung durch Feuerwerker, Hettmannsperger Spezialtiefbau GmbH, Karlsruhe, Bericht vom 20.02.2020
- [2.11] Ergebnisse von 8 Kleinrammbohrungen und 8 Rammsondierungen, ausgeführt durch unser Büro, Karlsruhe, 20.02.2020 – 04.03.2020
- [2.12] Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen, ausgeführt durch unser Büro
- [2.13] Ergebnisse von chemischen Laboruntersuchungen von Boden und Schwardecken, Prüfbericht Nr. 4739655, ausgeführt durch die SGS Institut Fresenius GmbH, Radolfzell, 30.03.2020

3 Projektstandort

3.1 Lage und aktuelle Geländesituation

Der Projektstandort befindet sich im Norden von Maximiliansau, in unmittelbarer Nähe zur Bahnstrecke Karlsruhe – Winden (Pfalz) sowie zur Bundesstraße B10. Die Lage ist in **Anlage 1.1** in einem Ausschnitt aus der topografischen Karte markiert.

Das Hauptbaufeld erstreckt sich über die Flurstücke Nr. 1126/33, 1076/58, 1016/59, 1016/58 und 1076/63. Eine zusätzliche Optionsfläche der AVG mit der Flurstück-Nr. 1073/24 liegt östlich der Kunzendorfer Straße.

Im Nordosten werden die Grundstücke durch die Bahnstrecke begrenzt. Im Süden und Südwesten grenzen die Straßen „Im Woog“ und „Pfortzer Straße“ an. Im Westen und Osten liegen mit Wohnhäusern bebaute Grundstücke.

Das Hauptbaufeld ist aktuell mit einem SBK-Markt bebaut. Auf der Optionsfläche der AVG befindet sich derzeit ein Park-and-Ride Parkplatz.

Das Gelände ist weitgehend eben und liegt im Bereich des SBK-Marktes auf einer Höhe von ca. 105,0 – 105,4 m NHN. Im Bereich der Optionsfläche liegt die Geländehöhe bei etwa 104,5 – 104,8 m NHN.

Ein Luftbild des aktuellen Zustands des Baufelds ist in der **Anlage 1.2** dargestellt. Ein Lageplan ist der **Anlage 1.3** zu entnehmen.

3.2 Erdbeben

Nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg [2.5] liegt der Standort in der Erdbebenzone 1 und im Bereich der Untergrundklasse S. Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 ist von der Baugrundklasse C auszugehen.

3.3 Wasserschutzgebiet / Hochwasserrisiko

Das Baufeld liegt nach [2.6] außerhalb rechtskräftig festgesetzter Wasserschutzgebiete.

Nach der aktuellen Hochwassergefahrenkarte [2.7] liegt der Projektstandort bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis (HQ₁₀₀) in einem geschützten Bereich.

Bei einem extremen Hochwasserereignis kann es jedoch zur Überflutung des Grundstückes durch den Rhein kommen. In diesem Fall ist das Grundstück nach [2.7] bei aktuellem Zustand um ca. 2 – 3 m eingestaut.

3.4 Kampfmittel

Für das Baufeld liegt nach unserer Kenntnis keine Freigabe im Hinblick auf mögliche Kampfmittel vor. Alle Aufschlusspunkte wurden vorab durch Kampfmittelbohrungen untersucht und freigegeben [2.10].

Weitere Hinweise zum Umgang mit Kampfmitteln sind im **Kapitel 9** enthalten.

4 Geplante Baumaßnahme und geotechnische Kategorie

Es liegen noch keine konkreten Pläne für die Bebauung vor. Nach dem aktuellen Planungsentwurf [2.1] sind Wohngebäude mit 4, 5 oder 6 Geschossen geplant.

Ob eine Unterkellerung für die Wohngebäude eingeplant wird, ist noch offen.

Das Bauvorhaben ist aufgrund seiner konventionellen Gründung und der einheitlich zu erfassenden Baugrund- und Belastungsverhältnisse in die Geotechnische Kategorie 2 einzuordnen.

5 Untersuchungsprogramm

5.1 Baugrundaufschlüsse

Zur Baugrunderkundung wurden durch die GHJ Ingenieurgesellschaft folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

- 8 Kleinrammbohrungen (BS 1 bis BS 8) bis in 6,0 m Tiefe
- 8 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 (DPH 1 bis DPH 8) bis in maximal 13,5 m Tiefe

Die Lage der Ansatzpunkte ist in **Anlage 1.2** und **Anlage 1.3** dargestellt.

Die Aufschlusspunkte wurden mittels GNSS im System m NHN (2016) eingemessen. Demnach liegen die Höhen der Aufschlüsse zwischen 104,5 m NHN und 105,4 m NHN.

In der **Anlage 2** sind die Ergebnisse der Aufschlüsse als Bohrprofile nach DIN 4023 bzw. als Rammdiagramme nach DIN EN ISO 22476-2 dargestellt. In den Rammdiagrammen ist die erforderliche Anzahl an Schlägen N_{10} für das Eindringen der Sonde um jeweils 10 cm über der Tiefe aufgetragen.

5.2 Geotechnische Laborversuche

Zur genaueren Ansprache und Klassifizierung der angetroffenen Böden wurden folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- 18 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 1 x Plastizitätsversuch (Konsistenzgrenzen nach ATTERBERG) nach DIN 18122
- 7 x Bestimmung des Glühverlusts (organischer Gehalt) nach DIN 18128 GL
- 7 x Bestimmung des Kalkgehalts nach DIN 18128
- 17 x Bestimmung des Wassergehalts (durch Ofentrocknung)

Die Ergebnisse der Korngrößenbestimmungen sind in **Anlage 3.1** als Körnungskurven dargestellt. Die Ergebnisse des Plastizitätsversuchs (Konsistenzgrenzen, Plastizitätsdiagramm) sind der **Anlage 3.2** zu entnehmen.

Eine Zusammenstellung der Laborversuche mit den ermittelten Wassergehalten, den Glühverlusten und den Kalkgehalten ist als **Anlage 3.3** beigelegt.

5.3 Chemisch-analytische Laborversuche

Zur Überprüfung des Baugrundes auf Schadstoffbelastungen wurden folgende chemisch-analytische Laboruntersuchungen durchgeführt:

- 2 Schwarzdeckenmischproben (MP SD 1 und MP SD 2) auf die Parameter PAK im Feststoff und Phenol-Index im Eluat
- 7 Bodenmischproben (MP 1 bis MP 7) auf die Parameter nach LAGA M20, TR Boden (Ausgabe 2004), Tab. II.1.2-2 und II.1.2-3
- 2 Einzelproben auf die Parameter KW-Index und PAK im Feststoff

Weitere Details zu den Untersuchungen sowie zur Probenzusammensetzung sind im **Kapitel 7** enthalten. Die Analyseergebnisse und die angewandten Analyseverfahren sind im Prüfbericht der SGS Institut Fresenius GmbH, Radolfzell, in der **Anlage 4** aufgeführt.

6 Baugrund

6.1 Allgemeine Baugrundverhältnisse

Die allgemeinen Baugrundverhältnisse an dem Standort sind durch die Lage im Tiefgestade des Rheins gekennzeichnet. Nach der geologischen Karte [2.4] sowie dem vorliegenden Baugrundgutachten für den SBK-Markt besteht der natürlich anstehende Baugrund unterhalb einer bindig durchsetzten Deckschicht bis in größere Tiefe aus Kiesen und Sanden.

6.2 Untergrundaufbau

Auffüllungen

Bei allen Bohrungen wurden unter der Schwarzdecke zunächst künstliche Auffüllungen angetroffen (Signatur „A“ in den Bohrprofilen).

Die künstlichen Auffüllungen reichen im Bereich des westlichen Geländes (Einkaufsmarkt; BS 1 – BS 5) bis in stark unterschiedliche Tiefen von 0,45 m (BS 2) bis 2,8 m (BS 3, BS 5).

Auf dem östlichen Gelände (BS 6 bis BS 8) haben die künstlichen Auffüllungen eine Mächtigkeit von 1,7 m bis 2,8 m.

Die künstlichen Auffüllungen bestehen größtenteils aus Kiesen und Sanden, die nach den Korngrößenverteilungen in **Anlage 3.1** meist schwach schluffige bis schluffige Anteile enthalten. Lagenweise wurden auch bindige Auffüllungen (Tone, Schluffe) angetroffen.

Die Auffüllungen enthalten zudem diverse anthropogene Fremdbestandteile wie Schwarzdeckenreste, Kohlereste, Keramikreste, Ziegelreste, Betonreste, Metallreste, Schlackenreste und Kunststoffreste.

Darüber hinaus wurde in der Bohrung BS 6 bei 1,2 – 1,6 m Tiefe sowie in der Bohrung BS 3 bei 2,8 – 6,0 m Tiefe ein starker bzw. ein schwacher Geruch nach Mineralölkohlenwasserstoffen festgestellt.

Bindige Deckschicht

Der natürlich anstehende Boden besteht aus einer bindigen Deckschicht in Form von feinsandigen Tonen und Schluffen mit weicher bis steifer Konsistenz. Bereichsweise wurden auch Schluff-Sand-Gemische (Schluff-Fein-/Mittelsand) angetroffen.

Die bindigen Böden reichen in unterschiedliche Tiefen von zumeist ca. 2,4 m bis 3,8 m.

Bei den Bohrungen BS 6 und BS 3 ist die Mächtigkeit der bindigen Deckschicht deutlich größer. Bei der Bohrung BS 3 wurde im Bohrtiefsten bei 6,0 m noch bindiger Boden angetroffen. Bei der Bohrung BS 6 reicht die bindige Deckschicht bis in ca. 5,2 m Tiefe.

Nach den Korngrößenverteilungen enthalten die bindigen Böden Rohtonanteile zwischen 9 % und 26 % und Sandanteile zwischen 3 % und 36 %. Die Schluff-Sand-Gemische weisen Sandanteile von ca. 45 % und 53 % auf.

Die ermittelten Glühverluste liegen größtenteils zwischen $V_{GI} = 2,0 - 6,0 \%$, wonach die bindigen Böden als schwach organisch einzustufen sind. Ein Glühverlust lag bei $V_{GI} = 6,14 \%$, was einer organischen Ausprägung entspricht.

Die untersuchten Kalkgehalte liegen bei $V_{Ca} = 20,0 - 35 \%$, wonach die bindigen Böden kalkhaltig bis sehr kalkhaltig sind. Dies spricht für einen lössartigen Boden.

Zur Beurteilung der Plastizität wurde an einer bindigen Bodenprobe (B 3, 4,7 – 6,0 m) die Fließ- und die Ausrollgrenze nach Atterberg bestimmt. Das Plastizitätsdiagramm ist als **Anlage 3.2** beigelegt. Die Plastizitätszahl liegt bei $I_p = 31,85 \%$, bei einer Fließgrenze von $w_L = 85,0 \%$ und einer Ausrollgrenze von $w_p = 53,15 \%$. Unter Berücksichtigung der organischen Anteile handelt es sich bei der untersuchten Bodenprobe um einen organischen Ton (Bodengruppe OT) mit steifer Konsistenz (Konsistenzzahl $I_c = 0,85$).

Die Wassergehalte der bindigen Böden liegen zwischen 18 % und 56 %.

Natürliche Sande und Kiese

Unterhalb der bindigen Deckschicht wurden größtenteils Sande mit teils schwach schluffigen bis schluffigen Anteilen erbohrt, bei BS 1 auch Kiese.

Das Grundwasser wurde in Tiefen von ca. 2,2 m bis 3,0 m angetroffen.

Rammsondierungen

Nach den Rammsondierungen haben die künstlichen Auffüllungen eine sehr unterschiedliche Lagerungsdichte.

Teils wurden zumindest im oberen Meter relativ hohe Schlagzahlen von $N_{10} = 10 - 20$ registriert (z. B. DPH 1, DPH 3, DPH 5, DPH 7), was eine mitteldichte bis dichte Lagerung anzeigt. Teils wurden jedoch auch sehr geringe Schlagzahlen von $N_{10} = 1 - 3$ verzeichnet (z. B. DPH 4, DPH 6, DPH 8), wonach die Auffüllungen sehr locker gelagert sind.

In den bindigen Böden wurden entsprechend der weichen bis steifen Konsistenzen geringe Schlagzahlen erreicht ($N_{10} = 1 - 3$).

In den natürlich anstehenden Sanden und Kiesen ergaben die Rammsondierungen zunächst geringe Schlagzahlen von zumeist ca. $N_{10} = 3$, teils auch $N_{10} = 1$. Dies zeigt eine überwiegend lockere, teils auch sehr lockere Lagerung an. Eine deutliche Zunahme der Schlagzahlen auf Werte von $N_{10} > 10$ ist erst ab Tiefen von ca. 10 m bis 11 m zu verzeichnen.

6.3 Baugrundmodell, charakteristische Kennwerte

Aus den durchgeführten Untersuchungen wurde das in **Tabelle 1** und **Tabelle 2** angegebene Baugrundmodell (ohne Oberflächenbefestigung) abgeleitet, in dem der Baugrund in Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten) und DIN 18301 (Bohrarbeiten), VOB Teil C, 2016, unterteilt ist.

Die angegebenen Bandbreiten der Kennwerte sind als Orientierungswerte zu verstehen. In den durchgeführten Nachweisen werden für den jeweiligen Fall zutreffende Rechenwerte ausgewählt und in den Berechnungen angesetzt.

Tabelle 1 Baugrundmodell – Homogenbereiche und Bodenkennwerte (Teil 1)

Homogenbereich		1	2
Bezeichnung nach DIN 4023		Auffüllung: meist Kies, sandig, Sand, kiesig; lokal Tone / Schluffe	Bindige Deckschicht: Schluff / Ton, meist organisch durchsetzt; lokal Schluff-Sand-Gemische
Bezeichnung nach DIN 14688 (nur Hauptbodenarten)		Mg (Gr, Sa, lokal Si, Cl)	Si, Cl
Bodengruppen nach DIN 18196		A [GW, GI, GU, GU*, SU, SU*, lokal UL, UM, TL, TM]	UL, UM, TL, TM, OU, OT
Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17		F1, F2, lokal F3	F3
Schichtunterkante	[m NHN]	$\approx 102,5 - 104,5^a$ $\approx 101,7 - 102,9^b$	$\approx 101,5 - 102,3^a$ $\approx 99,5 - 101,3^b$
Schichtmächtigkeit	[m]	$\approx 0,45 - 2,8$	$\approx 0,5 - 3,0$
Konsistenz / Lagerung	[-]	teils mitteldicht, teils locker, lokal dicht	weich, steif
Korngrößenverteilung obere Kornkennzahl:	[-]	-/40/60/0	40/60/0/0
untere Kornkennzahl	[-]	-/0/15/85	5/40/55/0
Steine d = 63 – 200 mm	[Gew.-%]	< 15	--
Blöcke d = 200 – 630 mm	[Gew.-%]	--	--
Dichte ρ	[t/m ³]	1,9 – 2,2	1,8 – 2,0
Wassergehalt w	[Gew.-%]	5 – 20	15 – 60
Plastizitätszahl I_p	[%]	--	4 – 40 lokal 3 – 10 (U-S)
Konsistenzzahl I_c	[-]	--	0,5 – 1,0
Lagerungsdichte I_D	[%]	15 – 65, lokal 65 – 85	--
undrÄnierte Scherfestigkeit c_u	[kN/m ²]	--	20 – 150
AbrasivitÄt nach NF P18-579 (LCPC)	[g/t]	500 – 1250 (stark abrasiv)	50 – 100 (kaum abrasiv)
organischer Anteil	[Gew.-%]	< 2	meist < 6, lokal < 20
Reibungswinkel φ	[°]	30 – 37,5	25 – 30
KohÄsion c	[kN/m ²]	0	0 – 10
Steifemodul E_s	[MN/m ²]	30 – 80	3 – 15
Wichte γ	[kN/m ³]	19 – 22	18 – 20
Wichte u. Auftrieb γ'	[kN/m ³]	9 – 13	8 – 10

Homogenbereich		1	2
Bezeichnung nach DIN 4023		Auffüllung: meist Kies, sandig, Sand, kiesig; lokal Tone / Schluffe	Bindige Deckschicht: Schluff / Ton, meist organisch durchsetzt; lokal Schluff-Sand-Gemische
Durchlässigkeit k	[m/s]	ca. 10^{-5} – 10^{-3}	ca. 10^{-9} – 10^{-7}

a = gilt für die Hauptfläche (BS 1 – BS 5)

b = gilt für die Optionsfläche (BS 6 – BS 8)

Tabelle 2 Baugrundmodell – Homogenbereiche und Bodenkennwerte (Teil 2)

Homogenbereich		3
Bezeichnung nach DIN 4023		natürliche Sande und Kiese, lokal schwach schluffig bis schluffig
Bezeichnung nach DIN 14688 (nur Hauptbodenarten)		Sa, Gr
Bodengruppen nach DIN 18196		SE, SW, SI, SU, SU*, GW, GI, GU
Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB 17		teils F1, teils F2
Schichtunterkante	[m NHN]	< 99,0
Schichtmächtigkeit	[m]	> 4,0
Konsistenz / Lagerung	[-]	locker, mitteldicht (ab ca. 93,0 – 94,0 m NHN)
Korngrößenverteilung obere Kornkennzahl:	[-]	-/40/60/0
untere Kornkennzahl	[-]	-/0/40/60
Steine d = 63 – 200 mm	[Gew.-%]	< 15
Blöcke d = 200 – 630 mm	[Gew.-%]	--
Dichte ρ	[t/m ³]	1,9 – 2,2
Wassergehalt w	[Gew.-%]	5 – 20
Plastizitätszahl I_p	[%]	--
Konsistenzzahl I_c	[-]	--
Lagerungsdichte I_D	[%]	15 – 35, 35 – 65 (ab ca. 93,0 – 94,0 m NHN)
undrained Scherfestigkeit c_u	[kN/m ²]	--
Abrasivität nach NF P18-579 (LCPC)	[g/t]	500 – 1250 (stark abrasiv)
organischer Anteil	[Gew.-%]	< 2

Homogenbereich		3
Bezeichnung nach DIN 4023		natürliche Sande und Kiese, lokal schwach schluffig bis schluffig
Reibungswinkel φ	[°]	32,5 – 37,5
Kohäsion c	[kN/m ²]	0
Steifemodul E_s	[MN/m ²]	25 – 50, 60 – 100 (ab ca. 93,0 – 94,0 m NHN)
Wichte γ	[kN/m ³]	19 – 22
Wichte u. Auftrieb γ'	[kN/m ³]	10 – 13
Durchlässigkeit k	[m/s]	ca. 10^{-5} – 10^{-3}

6.4 Grundwasser

Der Grundwasserspiegel wurde während der Erkundung am 21. – 24.02.2020 in ca. 2,2 m bis 3,0 m Tiefe angetroffen. Dies entspricht einer geodätischen Höhe von ca. 102,2 m NHN bis 103,2 m NHN.

Die Grundwasserstände am Projektstandort werden nach dem Grundwassergleichenplan [2.8] und unseren örtlichen Erfahrungen vom Wasserstand des Rheins beeinflusst und steigen bei langanhaltenden Rheinhochwässern an.

Das Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten, Rheinland-Pfalz, betreibt in ca. 700 m bis 900 m Entfernung zum Baufeld mehrere Grundwassermessstellen [2.9]. Aus den Daten der Grundwassermessstellen können folgende Grundwasserstände für das Baufeld interpoliert werden:

maximaler Grundwasserstand	maxGW	104,3 m NHN
mittlerer Grundwasserstand	MGW	102,6 m NHN
niedriger Grundwasserstand	minGW	101,8 m NHN

Nach Auswertung der Grundwasserganglinien an den umliegenden Grundwassermessstellen können die Grundwasserstände im Projektgebiet jahresszeitlichen Schwankungen von bis zu 2,7 m unterliegen.

Für die Bemessung der Gebäude empfehlen wir aufgrund der Nähe zum Rhein einen Sicherheitszuschlag von 1,0 m auf den maximalen Grundwasserstand vorzusehen. Daraus ergibt sich ein Bemessungsgrundwasserstand von

Bemessungswasserstand HGW 105,3 m NHN

Dieser Bemessungswasserstand liegt etwa auf der aktuellen Geländehöhe. Bei einer möglichen Unterkellerung der Gebäude sind diese entsprechend gegen Auftrieb zu bemessen und abzudichten (je nach Einbindung in den Baugrund Wassereinwirkungs-klasse W2.1-E oder W2.2-E nach DIN 18533-1).

7 Umwelttechnische Untersuchungen

7.1 Baugrundaufschlüsse aus umwelttechnischer Sicht

In Ergänzung zu den geotechnischen Untersuchungsmaßnahmen wurde das Bohrgut aus den durchgeführten Kleinrammbohrungen auch aus umwelttechnischer Sicht begutachtet.

Bei der umwelttechnischen Auswertung von Baugrundaufschlüssen sind im Allgemeinen folgende Punkte von Interesse:

- eventuell vorhandene organoleptische (d. h. geruchliche oder visuelle) Auffälligkeiten
- die Zusammensetzung und die Mächtigkeit von schadstoffverdächtigen Materialien
- die Lage von schadstoffverdächtigen Materialien im Hinblick auf eventuell gefährdete Schutzgüter (z. B. Expositionssituation im Hinblick auf eventuell gefährdete Menschen oder Abstand zur Grundwasseroberfläche)

Im vorliegenden Fall sind die organoleptischen Auffälligkeiten auf die festgestellten Gerüche nach Kohlenwasserstoffe in den Bohrungen BS 3 und BS 6 sowie auf die bodenfremden Bestandteile innerhalb der erbohrten Auffüllungen beschränkt.

Bei Auffüllungen mit bodenfremden Bestandteilen oder geruchlichen Auffälligkeiten besteht generell eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass diese umwelttechnisch relevante Schadstoffgehalte aufweisen.

Grundwasser wurde in den Kleinrammbohrungen in einer Tiefe zwischen 2,2 m und 3,0 m unter Geländeoberkante und damit zum Teil in den Auffüllungshorizonten

festgestellt. Auch in Anbetracht der vorliegenden Grundwasserstandsdaten (siehe Kapitel 6.4) kann eine temporäre Durchströmung der schadstoffverdächtigen Materialien mit Grundwasser nicht ausgeschlossen werden.

7.2 Probenahme und Untersuchungsumfang

Schwarzdecke

Zur Überprüfung der Schwarzdecken auf teerhaltige Bestandteile entsprechend den Anforderungen der „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ (RuVA-StB 01) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Fassung 2005 wurden die 2 nachfolgend aufgeführten Mischproben aus Schwarzdecken auf die Parameter PAK im Feststoff und Phenol-Index im Eluat untersucht

Tabelle 3 Zusammenstellung der chemisch analysierten Schwarzdeckeproben

Probe	Mischprobe aus	Entnahmebereich
MP SD 1	BS 1; 0,0 – 0,095 m 0,095 – 0,2 m BS 3; 0,0 – 0,11 m BS 5; 0,0 – 0,115	Hauptbaufeld
MP SD 2	BS 6; 0,0 – 0,17 m BS 7; 0,0 – 0,2 m BS 8; 0,0 – 0,085 m	Optionsfläche der AVG

Bodenproben

Zur Überprüfung des Baugrundes auf eventuelle Schadstoffbelastungen wurden aus dem gewonnenen Probenmaterial die nachfolgend aufgeführten, charakteristischen Bodenmischproben (MP1 – MP 7) gebildet und auf den Parameterumfang der LAGA Mitteilung M20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: TR Boden“, Tab. II.1.2-4 und II.1.2-5, vom 05.11.2004, untersucht.

Zusätzlich wurden zwei Einzelproben aufgrund der festgestellten auffälligen Gerüche auf Mineralölkohlenwasserstoffe (KW-Index) und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) hin analysiert.

Tabelle 4 Zusammenstellung der chemisch analysierten Bodenproben

Probe	Mischprobe aus	Material
Hauptbaufeld (West)		
MP1	BS 1; 0,2 – 0,35 m 0,35 – 1,0 m 1,0 – 1,3 m BS 2; 0,115 – 0,3 m 0,3 – 0,45 m	<u>fremdstoffarme Auffüllung:</u> Kies, sandig, sehr schwach schluffig, braungrau Fremdstoffe: Glasreste, Kohle, Keramik; insgesamt ca. 5%
MP2	BS 3; 0,11 – 0,25 m 0,25 – 0,6 m 0,6 – 1,2 m 1,2 – 2,2 m 2,2 – 2,8 m BS 4; 0,95 – 0,5 m 0,5 – 0,9 m 0,9 – 1,1 m BS 4; 1,1 – 1,3 m 1,3 – 2,4 m BS 5; 0,115 – 0,9 m 0,9 – 1,0 m 1,0 – 1,1 m 1,1 – 2,0 m 2,0 – 2,8 m	<u>fremdstoffreiche Auffüllung:</u> Sand, kiesig, schluffig, braun, dunkelgrau Fremdstoffe: Schlacken, Stoff, Ziegel- und Betonreste, Styropor, Schwarzdeckenreste, Metall, Plastik; insgesamt ca. 20%
MP3	BS 1; 1,3 – 3,0 m BS 2; 0,45 – 1,1 m 1,1 – 2,2 m BS 2; 2,2 – 2,8 m BS 5; 2,8 – 3,8 m	<u>bindige Deckschicht:</u> Schluff, feinsandig, schwach tonig, graubraun
MP4	BS 1; 3,0 – 3,5 m 3,5 – 4,7 m 4,7 – 6,0 m BS 2; 2,8 – 3,7 m 3,7 – 4,1 m BS 4; 3,0 – 6,0 m BS 5; 3,8 – 4,7 m 4,7 – 5,3 m 5,3 – 6,0 m	<u>Sande und Kiese:</u> Sand, schluffig, schwach kiesig, grau
BS 3: 2,8 – 6,0 m	--	Schluff, tonig, schwach sandig, schwach organisch leichter Geruch nach KW
Optionsfläche (Ost)		
MP5	BS 6; 0,17 – 0,35 m 0,35 – 1,2 m 1,6 – 2,4 m BS 7; 0,2 – 1,4 m 1,4 – 1,7 m BS 8; 0,085 – 0,8 m 0,8 – 1,5 m 1,5 – 1,7 m	<u>Auffüllung:</u> Sand, stark kiesig, schluffig, dunkelgrau Beton- und Ziegelreste, Schlacken, Schwarzdeckenreste; insgesamt ca. 10%
MP6	BS 6; 2,4 – 2,5 m 2,5 – 3,3 m 3,3 – 4,0 m 4,0 – 5,2 m BS 7; 1,7 – 3,2 m 3,2 – 3,5 m 3,5 – 3,7 m 3,7 – 4,7 m	<u>bindige Deckschicht:</u> Schluff, feinsandig, sehr schwach organisch, dunkelgrau
MP7	BS 6; 5,2 – 6,0 m BS 7; 4,7 – 5,4 m 5,4 – 6,0 m BS 8; 1,7 – 2,8 m 2,8 – 3,3 m BS 8; 3,3 – 4,0 m 4,0 – 5,4 m 5,4 – 6,0 m	<u>Sande und Kiese:</u> Sand, schluffig, kiesig, grau
BS 6. 1,2 – 1,6 m	--	<u>Auffüllung:</u> Kies, stark sandig, schluffig starker Geruch nach KW

7.3 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen

Die Analyseergebnisse und die angewandten Analyseverfahren sind im Prüfbericht der SGS Institut Fresenius GmbH, Radolfzell, in **Anlage 4** aufgeführt.

Wie dem Prüfbericht zu entnehmen ist, weisen die beiden Schwarzdeckenmischproben MP SD 1 und MP SD 2 aus Schwarzdecken nur geringe PAK-Gehalte von max. 3,79 mg/kg auf und sind demnach als teerfrei zu bezeichnen.

Die Ergebnisse der Bodenmischproben lassen sich wie folgt zusammenfassen und interpretieren:

- In den Mischproben aus der fremdstoffarmen Auffüllung im Hauptbaufeld MP 1 und aus der bindigen Deckschicht in der Optionsfläche MP 6 wurden erhöhte Sulfatkonzentrationen im Eluat festgestellt. Daneben erwies sich in der MP 6 die elektrische Leitfähigkeit im Eluat als leicht erhöht.
- In der Mischprobe aus der fremdstoffreichen Auffüllung im Hauptfeld MP 2 ergab sich ein erhöhter Gehalt an PAK.
- Die Mischprobe aus der Auffüllung in der Optionsfläche MP 5 weist einen erhöhten TOC-Gehalt auf.

Diese chemisch analytischen Auffälligkeiten in den Auffüllungen sind unseres Erachtens auf die vorhandenen Fremdstoffanteile bzw. auf eine eventuelle Verschleppung von leicht eluierbarem Sulfat in den natürlich anstehenden Böden zurückzuführen.

- In der Mischprobe MP 4 aus den natürlichen Sanden und Kiesen im Hauptbaufeld wurde ein leicht erhöhter TOC-Gehalt von 1,2 % festgestellt, der auf den natürlich vorhandenen organischen Anteil zurückzuführen ist.
- Die übrigen Mischproben aus den natürlichen Sanden und Kiesen in der Optionsfläche MP 7 sowie aus der bindigen Deckschicht im Hauptbaufeld MP 3 sind analytisch unauffällig.
- In den geruchlich auffälligen Einzelproben wurden leicht bis stark erhöhte KW-Indizes C10-C40 von 260 und 12.000 mg/kg und PAK-Gehalte von 12,91 mg/kg und 27,22 mg/kg festgestellt. Die organoleptischen Auffälligkeiten konnten hiermit durch die Befunde bestätigt werden. Allerdings ist bei den KW-Indizes zu beachten, dass diese zu großen Teilen aus langkettigen Kohlenwasserstoffverbindungen mit

Kohlenstoffkettenlängen > C22 resultieren. Dies deutet auf langkettige Öle oder Bitumen und damit tendenziell auf eher wenig mobile Verbindungen hin.

7.4 Umwelttechnische Bewertung

Die Bewertung der Untersuchungsbefunde erfolgt grundsätzlich unter zwei Gesichtspunkten. Zum einen ist das mit einer eventuellen Belastung einhergehende Gefährdungspotential abzuschätzen (schutzgutbezogene bzw. altlastenrechtliche Bewertung), zum anderen ist bei Baumaßnahmen gegebenenfalls anfallender Aushub im Hinblick auf dessen Entsorgung zu beurteilen (abfallrechtliche Bewertung).

Anhand der altlastenrechtlichen Bewertung ist zu entscheiden, ob weitere Erkundungsmaßnahmen oder eine Sanierung erforderlich sind. Die abfallrechtliche Bewertung erfolgt im Hinblick auf die ordnungsgemäße und wirtschaftliche Entsorgung von bei Baumaßnahmen anfallendem Aushub.

7.4.1 Altlastenrechtliche Bewertung

Bei der schutzgutbezogenen bzw. altlastenrechtlichen Bewertung eines mit Schadstoffen belasteten Bodens ist das mit der Kontamination über Aufnahmepfade bzw. Wirkungspfade einhergehende Gefährdungspotential für die betroffenen Schutzgüter (i. d. R. Mensch, Pflanzen, Grundwasser) abzuschätzen. Hierbei wird durch den Vergleich der festgestellten Schadstoffbefunde mit entsprechenden Prüfwerten geprüft, ob von einer Gefahr für die Schutzgüter Mensch, Pflanze und/oder Grundwasser auszugehen ist. Für die Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Grundwasser gelten die Prüfwerte der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Darüber hinaus wird in Rheinland-Pfalz das Merkblatt ALEX 02 „Orientierungswerte für die abfall- und wasserwirtschaftliche Beurteilung“ angewandt, wobei im vorliegenden Fall unter Berücksichtigung der geplanten Wohnbebauung die Zielebene 2 als maßgeblich angesetzt wird.

Schutzgut Mensch:

Im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch sind die KW-Indizes der geruchlich auffälligen Proben aus den Bohrungen BS 3 (2,8 – 6,0 m) und BS 6 (1,2 – 1,6 m) zu

beachten. Während in der erstgenannten Probe lediglich der Gehalt an PAK 11-16 mit 3,44 mg/kg oberhalb des oPW2-Wertes von 1 mg/kg liegt, ergaben sich in der zweitgenannten, geruchlich stark auffälligen Probe mehr oder weniger deutliche oPW2-Wert-Überschreitungen bei den Parametern KW-Index (12.000 mg/kg), PAK 1-16 (27,22 mg/kg) und PAK 11-16 (3,15 mg/kg). Allerdings sind die entsprechenden Materialien aufgrund ihrer Tiefenlage für Menschen nicht direkt zugänglich, so dass aus den Befunden unseres Erachtens keine direkte Gefährdung von Menschen abzuleiten ist.

Ansonsten wurden im vorliegenden Fall keine Überschreitungen von Prüfwerten festgestellt. Eine Gefährdung von Menschen ist somit insgesamt nicht zu erkennen.

Schutzgut Nutzpflanze

Für die Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze wurden keine Überschreitungen von Prüfwerten festgestellt. Eine Gefährdung von Nutzpflanzen ist somit ebenfalls nicht zu erkennen.

Schutzgut Grundwasser

Für die Bewertung im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser sind in erster Linie die oben bereits genannten, organoleptisch auffälligen Proben von Bedeutung. Aufgrund der festgestellten oPW 2-Wert-Überschreitungen und der zweitweise hohen Grundwasserstände kann insbesondere im Bereich der Bohrung BS 6 eine potenzielle Grundwassergefährdung nicht ausgeschlossen werden. Wir empfehlen, die festgestellte Verunreinigung durch weitere Erkundungsmaßnahmen auf ihre Mobilisierbarkeit/Eluierbarkeit zu überprüfen sowie ihre Verteilung einzugrenzen.

In den übrigen Proben ergaben sich nur in den Mischproben MP 1 und MP 2 für den Parameter Arsen im Eluat mit Werten von 11 µg/l geringfügige Überschreitungen des Prüfwertes der BBodSchV von 10 µg/l). Der oPW-Wert des Merkblatts ALEX 02 von 40 µg/l wird aber eingehalten. Die leicht erhöhten Arsen-Befunde im Eluat sind daher unseres Erachtens vernachlässigbar.

7.4.2 Abfallrechtliche Bewertung

Schwarzdecken

Auf Basis der Analyseergebnisse ergeben sich für die untersuchten Schwarzdeckenproben folgende abfallrechtliche Klassifizierungen.

Tabelle 5 Abfallrechtliche Einstufung der Schwarzdeckenproben

Probe	PAK [mg/kg]	Benzo- (a)pyren [mg/kg]	Phenol- Index [µg/l]	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01*	Einstufung nach LAGA**, Tab. II.1-4-5 und -6
MP SD 1	1,65	0,05	< 10	A	Z1.1
MP SD 2	3,79	0,25	< 10	A	Z1.1
Zuordnungswerte:				A: PAK ≤ 25 mg/kg Phenole ≤ 100 µg/l B: PAK > 25 mg/kg Phenole ≤ 100 µg/l C: PAK > 25 mg/kg Phenole > 100 µg/l	PAK: Z0 = 1 mg/kg Z1.1 = 5 (20) mg/kg Z1.2 = 15 (50) mg/kg Z2 = 75 (100) mg/kg Phenol-Index i. E.: Z0 = < 10 µg/l Z1.1 = 10 µg/l Z1.2 = 50 µg/l Z2 = 100 µg/l

*: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau

** : Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln -

n. n.: nicht nachweisbar / Einzelparameter unterhalb der Bestimmungsgrenze

Die untersuchten Schwarzdecken können demnach einem herkömmlichen Schwarzdeckenrecycling zugeführt werden.

Bodenproben

Die abfallrechtliche Bewertung von Böden und bodenähnlichen Auffüllungen erfolgt in Rheinland-Pfalz anhand der „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: TR Boden“ (LAGA Boden) vom 05.11.2004 und der Deponieverordnung (DepV) des Bundes vom 27.04.2009.

In der o. g. LAGA Boden sind folgende Einbauklassen definiert:

- Z0 uneingeschränkte Verwendung (in bodenähnlichen Anwendungen)
- Z0* uneingeschränkte Verwendung unter unbelasteter Oberbodenschicht und Z0-Schicht mit jeweils 1 m Dicke außerhalb behördlich festgelegter Schutzgebiete (Abstand Auffüllbasis zum Grundwasser > 1 m)
- Z1.1 Verwendung in technischen Bauwerken mit wasserdurchlässiger Oberfläche (Abstand Auffüllbasis zum Grundwasser > 1 m)
- Z1.2 Verwendung in technischen Bauwerken mit wasserdurchlässiger Oberfläche bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen (Abstand Auffüllbasis zum Grundwasser > 2 m)
- Z2 Verwendung in Erdbauwerken mit wasserundurchlässiger Deckschicht (Abstand Auffüllbasis zum Grundwasser > 1 m)

Material mit Schadstoffkonzentrationen oberhalb der Zuordnungswerte Z2 kann in der Regel nur noch einer Deponie zugeführt werden, wobei die unterschiedlichen Deponieklassen entsprechend den Zuordnungskriterien der DepV zu beachten sind (Deponien der Deponieklassen DK 0, DK I, DK II, DK III und DK IV).

Aus abfallrechtlicher Sicht sind die untersuchten Proben wie folgt einzustufen:

Tabelle 6 Abfallrechtliche Einstufung der untersuchten Bodenmischproben

Probe	Einstufung n. LAGA	maßgebliche(r) Parameter mit Analysewert	überschrittener Zuordnungswert
Hauptbaufeld (West)			
MP1	Z1.2	Sulfat = 32 mg/l	Z1.1 = 30 mg/kg
MP2	Z2	PAK = 7,82 mg/kg	Z1.2 = 3 mg/kg
MP3	Z0	--	--
MP4	Z1.1	TOC = 1,2 %	Z0 = 0,5 %
BS 3; 2,8 – 6,0	[Z2]	PAK = 12,91 mg/kg	Z1.2 = 3 mg/kg
Optionsfläche (Ost)			
MP5	Z1.1	TOC = 1,5 %	Z0 = 0,5 %
MP6	Z1.2	Sulfat = 43 mg/l el. Leitfähigkeit = 264 µS/cm	Z1.1 = 30 mg/kg Z1.1 = 250 µS/cm
MP7	Z0	--	--
BS 6; 1,2 – 1,6 m	[> Z2]	KW-Index C ₁₀ -C ₄₀ = 12.000 mg/kg KW-Index C ₁₀ -C ₂₂ = 1.200 mg/kg	Z2 = 2.000 mg/kg Z2 = 1.000 mg/kg

[...] unverbindliche Einstufung wegen eingeschränkten Untersuchungsumfangs

In den untersuchten Bodenproben aus den Auffüllungen (MP1, MP2 und MP5) schwankt der Belastungsgrad im Wesentlichen zwischen den Einbauklassen Z1.1 und Z2 nach LAGA Boden. Es ist somit davon auszugehen, dass die vorhandenen künstlichen Auffüllungen im abfallrechtlichen Sinne nicht frei verwertbar sind.

Die natürlich anstehenden Böden (MP3, MP4, MP6 und MP7) sind mit Belastungsgraden von Z0 bis Z1.2 ebenfalls teilweise nicht frei verwertbar.

Darüber hinaus wurden punktuell auch geruchlich auffällige Bereiche (BS 3, BS 6) mit vergleichsweise hohen Belastungen von Z2 bis > Z2 nach LAGA festgestellt.

Die unterschiedlichen Belastungsgrade sind bei der Planung, Ausschreibung und Ausführung der Erdarbeiten zu beachten.

7.5 Baubetriebliche Hinweise aus umwelttechnischer Sicht

Aus altlastenrechtlicher Sicht besteht nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen –im Bereich der Bohrungen BS 3 und BS 6 ein weiterer Erkundungsbedarf zur weitergehenden altlastenrechtlichen Bewertung der festgestellten Verunreinigungen mit MKW / KW-Index und PAK. Wir empfehlen hierbei zum einen, den belasteten Bereich mittels weiterer Bodenaufschlüsse räumlich einzugrenzen. Darüber hinaus sollten einzelne Bohrungen zu Grundwassermessstellen (DN 50) ausgebaut werden, um das Grundwasser auf eventuell vorhandene Verunreinigungen mit MKW und PAK zu überprüfen. Nach Vorlage der entsprechenden Ergebnisse kann über einen eventuell erforderlichen Sanierungsbedarf entschieden werden.

Der Umfang der eingrenzenden Untersuchungen sollte im Vorfeld mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.

Die sonstigen Erdstoffe können auf Grundlage der vorliegenden Analysebefunde zwar prinzipiell vor Ort belassen werden, doch ist bei einer Abfuhr von Bodenmaterialien mit abfallrechtlich relevanten Belastungsgraden zu rechnen (siehe auch **Kapitel 7.4.2**). Dies ist bei der Planung, Ausschreibung und Durchführung von Erdarbeiten zu beachten.

Generell sollte bei Erdarbeiten darauf geachtet werden, dass Auffüllungsmaterialien und organoleptisch auffällige Erdstoffe im Sinne einer Abfallminimierung sorgfältig von natürlich anstehenden, unauffälligen Böden separiert werden.

Bei einer Abfuhr von Bodenmaterialien ist davon auszugehen, dass dieses entsprechend der derzeitigen, von allen Entsorgungsstellen akzeptierten Vorgehensweise in Abhängigkeit der Materialzusammensetzung chargenweise innerhalb des Baugeländes in Haufwerken bereitgestellt werden muss. Die Haufwerke sind dann zur abschließenden, rechtlich verbindlichen Deklaration entsprechend den Richtlinien der LAGA PN98 zu beproben und chemisch-analytisch zu untersuchen. Die Entsorgung des Aushubmaterials erfolgt auf Basis der daraus resultierenden Klassifizierung.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass zwischen den Aufschlusspunkten auch Material mit bislang nicht festgestellten Belastungsklassen anstehen kann. Wir empfehlen daher, in die Ausschreibung von Erdarbeiten neben Positionen für die Separierung und Bereitstellung von Aushubmaterial auch Positionen für die Entsorgung von Aushubmaterial mit allen gängigen Belastungsklassen aufzunehmen (Einbauklassen Z0,

Z0*, Z1.1, Z1.2 und Z2 nach LAGA Boden, und auch Deponieklassen DK 0, DK I, DK II und ggf. DK III nach Deponieverordnung).

8 Bebaubarkeit des Geländes

8.1 Allgemeines

Bebauung ohne Unterkellerung

Bei einer Ausführungsplanung ohne Unterkellerung kommen weder die künstlichen Auffüllungen noch die unterlagernden bindigen Böden für eine Flachgründung in Frage.

Bodenaustauschmaßnahmen sind wegen des hoch anstehenden Grundwassers baubetrieblich schwierig. Da die künstlichen Auffüllungen aufgrund der Fremdbestandteile im Fall der Entsorgung nicht frei verwertbar sind (siehe **Kapitel 7.4.2**), hätten Bodenaustauschmaßnahmen zudem hohe Mehrkosten zur Folge.

Bebauung mit Unterkellerung

Bei einer Unterkellerung mit einer üblichen Gründungstiefe in ca. 3 m Tiefe würden bereichsweise (BS 3, BS 6) noch bindige Böden in der Gründungssohle anstehen. Zudem sind die überwiegend angetroffenen Sande unterhalb der bindigen Deckschichten eher locker gelagert. Eine Unterkellerung bietet hier demzufolge keine Vorteile hinsichtlich der Gründung in einem tragfähigen Untergrund. Im Gegenteil würden zusätzlich die Entsorgungskosten des Bodenaushubs anfallen. Darüber hinaus würden für die Bauausführung mit hoher Wahrscheinlichkeit aufwendige Wasserhaltungsmaßnahmen (Grundwasserabsenkung, soweit genehmigungsfähig) oder ein wasserdichter Verbau erforderlich werden.

Beurteilung / Empfehlung

Wir raten deshalb von der Ausführung einer Unterkellerung ab.

Denkbar ist eine Flachgründung nach Durchführung einer kombinierten Rütteldruck- / Rüttelstopfverdichtung, wobei die Stopfsäulen bis zu den mitteldicht gelagerten Böden in 10 m bis 11 m Tiefe ($\approx 93,0 - 94,0$ m NHN) abgeteuft werden müssten.

Wegen der Schadstoffverunreinigungen müssen die Stopfsäulen aus wasserrechtlicher Sicht vermutlich vermörtelt ausgeführt werden, um Verschleppungen / Wasserwegigkeiten zu vermeiden.

Wirtschaftlicher dürfte eine Tiefgründung auf Pfählen sein, die ebenfalls unterhalb von 10 m bis 11 m Tiefe abgesetzt werden. Hinsichtlich einer Pfahlgründung weisen wir darauf hin, dass die vorhandenen Aufschlüsse lediglich bis in eine Tiefe von maximal ca. 92,0 m NHN reichen. Um den Anforderungen der DIN EN 1997-2:2010-10 Anhang B.3 zu genügen (Aufschlüsse bis mindestens 5 m unter die Pfahlfußebene) sind die nachfolgend für die Bemessung der Pfähle angesetzten Baugrundverhältnisse durch ausreichend tiefe Aufschlussbohrungen zu überprüfen.

Zusätzlich ist zu beachten, dass für eine Pfahlgründung eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen ist.

Nachfolgend werden die beiden Gründungsvarianten rechnerisch untersucht und erste orientierende Angaben zur Bemessung ausgearbeitet.

8.2 Flachgründung mit Rütteldruck- / Rüttelstopfverdichtung

Bei der Rütteldruck- / Rüttelstopfverdichtung wird ein lanzenförmiger Rüttler bis in die erforderliche Tiefe in den Boden eingebracht. Dabei wird der Boden seitlich verdrängt und verdichtet. Beim Ziehen des Rüttlers wird der durch die Verdrängung erzeugte Hohlraum abschnittsweise mit grobkörnigen Materialien (Schotter, Kies) verfüllt. Durch das schrittweise Verdichten des Zugabematerials werden im Baugrund säulenförmige Körper (Schottersäulen, Rüttelstopfsäulen) mit gut definierten bodenmechanischen Eigenschaften und hoher Tragfähigkeit hergestellt.

Die Schottersäulen haben i. d. R. einen mittleren Durchmesser von ca. 60 cm. Durch die Anordnung der Säulen im Raster wird schließlich eine Vergütung des Baugrunds erzielt, mit dem die mittlere Tragfähigkeit erhöht und die Verformbarkeit reduziert wird. Die Gebäude können anschließend auf dem vergüteten Baugrund flach gegründet werden.

Die Schottersäulen sind in den mitteldicht gelagerten Kiesen / Sanden abzusetzen (UK Schottersäulen $\approx 93,0 - 94,0$ m NHN). Üblicherweise kann für die Säulen bei einer Gründung in den mitteldicht gelagerten Kiesen und Sanden eine rechnerische Tragfähigkeit (Gebrauchsniveau) von ca. zul. $V = 200$ kN angesetzt werden.

Wie bereits in **Kapitel 8.1** erwähnt, kann wegen der Schadstoffe im Boden seitens der Genehmigungsbehörde gefordert werden, dass die Schottersäulen vermörtelt ausgeführt werden, um Wasserwegigkeiten und Verschleppungen in die Tiefe zu vermeiden.

Das erforderliche Säulenraster bzw. der Säulenabstand ergibt sich dann je nach auftretenden Flächenlasten der Neubauten. Eine genaue Bemessung erfolgt in der fortgeschrittenen Planungsphase gemäß den bauaufsichtlichen Zulassungen der ausführenden Firmen.

Sofern Erschütterungen begrenzt werden müssen (z. B. durch angrenzende Bebauung, etc.), kann alternativ eine Baugrundverbesserung mittels Mörtelsäulen erfolgen, die mittels Bohrungen oder durch Verdrängen ohne Einsatz eines schweren Rüttlers und somit erschütterungsarm hergestellt werden.

Die Stabilisierungssäulen haben einen Durchmesser von ca. 15 cm und werden ebenfalls im Raster angeordnet. Es wird empfohlen, die Säulen verrohrt herzustellen und beim Ziehen mit einem Fertigmörtel zu verfüllen (z. B. System STS der Keller Grundbau GmbH, Renchen).

Die Mörtelsäulen binden i. d. R. ca. 1 m in den tragfähigen Baugrund ein (UK Mörtelsäulen $\approx 92,0 - 93,0$ m NHN). Die rechnerische Tragfähigkeit der Mörtelsäulen beträgt ca. zul. $V = 100$ kN. Die Bemessung erfolgt gemäß den bauaufsichtlichen Zulassungen der ausführenden Firmen bzw. dem „Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung von Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung, DGGT“.

Durch die Baugrundvergütung wird die Steifigkeit des Bodens um ca. den Faktor 2 erhöht, sodass eine Flachgründung erfolgen kann.

Für die Vordimensionierung von Flachgründungen auf dem vergüteten Baugrund darf vorab von einem Bemessungswert des Sohlwiderstands (Bemessungssituation BS-P, Abminderung des Bruchwerts mit $\gamma_{R,V} = 1,40$) von $\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$ ausgegangen

werden. Die zulässige Bodenpressung für charakteristische Lasten (Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1,0$, globale Sicherheit $\eta \geq 2,0$) beträgt $\sigma_{E,k} = 250 \text{ kN/m}^2$.

Die Angaben gelten für Einzel- und Streifenfundamente mit einer Einbindetiefe von $t \geq 0,8 \text{ m}$ sowie Breiten $b \geq 0,5 \text{ m}$ bzw. $a = b \geq 0,75 \text{ m}$ unter mittiger Beanspruchung.

8.3 Tiefgründung auf verrohrten Bohrpfählen nach DIN EN 1536

Die in ca. 10 m bis 11 m Tiefe ($\approx 93,0 - 94,0 \text{ m NHN}$) anstehenden Sande und Kiese sind nach den Ergebnissen der Rammsondierungen aufgrund ihrer mitteldichten Lagerung ausreichend tragfähig für eine Gründung auf Pfählen.

Empfohlen wird eine Gründung auf verrohrten Bohrpfählen nach DIN EN 1536, für die in der Region ausreichende Erfahrungswerte vorliegen. Soll Aushub vermieden werden, können prinzipiell auch Schraubpfähle (Verdrängungspfähle) nach DIN EN 12699 zum Einsatz kommen. In diesem Fall empfehlen wir die Durchführung von statischen Probelastungen.

Die Pfähle sollten mindestens 2,5 m in den tragfähigen Untergrund einbinden. Demnach wird nachfolgend von einer Pfahlfußebene von $< 90,5 \text{ m NHN}$ ausgegangen.

Die bindigen Böden und die locker gelagerten Sande über 98,0 m NHN können nicht zum Lastabtrag herangezogen werden.

Für eine Vordimensionierung können zur Ermittlung der äußeren Tragfähigkeit von Einzelpfählen die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 7 Charakteristische Mantelreibung und Pfahlsitzenwiderstand (Bruchwerte) für verrohrte Bohrpfähle nach DIN EN 1536

		Sande / Kiese locker 98,0 – 93,0 m NHN	Sande / Kiese mitteldicht < 93,0 m NHN
charakt. Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]		0,040	0,105
charakt. Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²] infolge bezogener Pfahlkopfsetzung s/D	s/D		
	0,02	--	1,05
	0,03	--	1,35
	0,1	--	3,00

Die angegebenen Werte sind durch ergänzende Baugrundaufschlüsse zu überprüfen. Ggf. ergeben die im Fall einer Pfahlgründung erforderlichen Aufschlussbohrungen unterhalb der o. g. Tiefen deutlich tragfähigere Böden, so dass für die Pfahlbemessung der Ansatz höherer Spitzendrücke möglich ist.

Die äußere Tragfähigkeit (charakteristische axiale Pfahlwiderstandskraft) der Pfähle wird nach der Gleichung

$$R_k = q_{b,k} \cdot A_b + \sum_i q_{s,k,i} \cdot A_{s,i}$$

ermittelt, mit

- $q_{b,k}$ charakteristischer Wert des Pfahlsitzendrucks
- A_b Nennwert der Pfahlfußfläche
- $q_{s,k,i}$ char. Wert der Pfahlmantelreibung in der Schicht i
- $A_{s,i}$ Nennwert der Pfahlmantelfläche in der Schicht i

In der **Anlage 5** werden für Pfähle mit einem Durchmesser von 60 cm sowie 90 cm für verschiedene Längen die äußeren Tragfähigkeiten ermittelt und die Pfahlwiderstands-Setzungslinien dargestellt.

Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Darin sind neben der jeweiligen charakteristischen axialen Pfahlwiderstandskraft (Bruchzustand) der mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_t = 1,40$ nach EC7 abgeminderte Bemessungswert R_d sowie die zulässige Gebrauchskraft aufgeführt, die sich durch Abminderung des Bruchwerts mit einem globalen Sicherheitsbeiwert von $\eta = 2,0$ ergibt.

Tabelle 8 Pfahltragfähigkeiten (Druckbelastung) für verrohrte Bohrpfähle nach DIN 1536, Durchmesser $D = 0,60 \text{ m}$ / $D = 0,90 \text{ m}$

Pfahldurchmesser D	[m]	0,60	0,60	0,90	0,90
Pfahllänge L	[m]	14,5	15,5	14,5	15,5
Pfahlfußebene	[m NHN]	90,5	89,5	90,5	89,5
R_k	[kN]	1.720	1.918	3.216	3.513
R_d ($\gamma_t = 1,4$ / EC7)	[kN]	1.229	1.370	2.297	2.509
zul. V_k ($\eta = 2,0$ / global)	[kN]	860	959	1.608	1.757
Setzung s bei zul. V_k	[mm]	$\approx 7,3$	$\approx 7,5$	$\approx 10,7$	≈ 11

Sofern der Achsabstand der Pfähle mindestens das 3-fache des Pfahldurchmessers beträgt, dürfen die o. g. Tragfähigkeiten ohne Abminderung angesetzt werden.

Für die in der obigen Tabelle angegebenen Gebrauchslasten ergeben sich rechnerisch Setzungsbeträge von ca. 7 bis 11 mm. Genauere Angaben werden gemacht, wenn die Ergebnisse der ergänzenden Erkundung vorliegen. Die Setzungen werden rasch nach der Lastaufbringung eintreten.

Für die Bemessung von biegebeanspruchten Pfählen nach dem Bettungsmodulverfahren dürfen die horizontalen Bettungsmoduln in der Zone zwischen Pfahlkopf und dem Übergang zu den Sanden und Kiesen entsprechend der Beziehung

$$k_{sj} = E_{sj} / D$$

mit: E_{sj} = Steifemodul je Bodenschicht

D = Pfahldurchmesser

angesetzt werden.

Dabei wird folgende Steifemodulverteilung empfohlen:

OK Pfahl bis 98,0 m NHN	$E_s = 7 \text{ MN/m}^2$
98,0 m NHN bis 93,0 m NHN	$E_s = 25 \text{ MN/m}^2$
unterhalb 93,0 m NHN	$E_s = 80 \text{ MN/m}^2$

Ergänzend ist zu überprüfen, ob die Bettungsspannungen mindestens um den Faktor 2 unterhalb des mobilisierbaren Erdwiderstands liegen. Dabei dürfen folgende charakteristische Kennwerte angesetzt werden:

	Wichten γ_k / γ'_k	Reibungswinkel φ'_k	Kohäsion c'_k
OK Pfahl bis 98,0 m NHN	19 / 9 kN/m ³	27,5°	5
98,0 m NHN bis 93,0 m NHN	19 / 10 kN/m ³	32,5	0
unterhalb 93,0 m NHN	20 / 10 kN/m ³	35°	0

9 Hinweise und Empfehlungen

Vorbereiten der Gründungssohlen bzw. des Arbeitsplanums

Im Fall einer Baugrundvergütung durch Schottersäulen oder Mörtelsäulen ist eine 50 cm starke Tragschicht zur Lastverteilung vorzusehen. Hierfür werden Tragschichtmaterialien nach den TL SoB-StB 04 empfohlen. Die Verdichtungsanforderung beträgt $D_{Pr} = 100\%$.

Für die Herstellung von Schottersäulen oder Bohrpfählen ist ein tragfähiges Arbeitsplanum erforderlich (ca. 40 cm Tragschicht). Die Anforderungen an das Arbeitsplanum richten sich nach Größe, Gewicht und Fahrwerk der eingesetzten Maschinen und ist mit der ausführenden Firma abzustimmen bzw. von dieser eigenverantwortlich festzulegen.

Bohrpfähle

Bei der Herstellung der Pfähle sind die Angaben der DIN EN 1536 zu beachten. Die Pfähle müssen insbesondere mit Wasserballastierung hergestellt werden.

Kampfmittel

Sofern keine Freigabe hinsichtlich möglicher Kampfmittel vorliegt, sind Positionen für Kampfmittelsondierungen (Freimessen der Bohrachsen) und ggf. eine Begleitung der Baumaßnahme durch einen Feuerwerker mit Befähigungsschein vorzusehen.

10 Zusammenfassung

Die Ed. Züblin AG, Direktion Karlsruhe, plant die Neubebauung des Geländes des SBK-Marktes in der Straße „Im Woog“ in Wörth-Maximiliansau. Es sind Wohngebäude geplant. Ob die Gebäude unterkellert werden, steht noch nicht fest.

Auf dem Hauptgrundstück (BS – BS 5) ist derzeit noch der aktuelle SBK-Markt vorhanden, der abgebrochen wird. Zusätzlich wurde eine Optionsfläche der AVG (BS 6 – BS 8) erkundet. Die Gelände sind weitestgehend eben.

Die Baugrunderkundung ergab zunächst künstliche Auffüllungen bis in stark unterschiedliche Tiefen von ca. 0,45 m bis 2,8 m. Diese bestehen größtenteils aus Sanden und Kiesen mit bindigen Beimengungen und lokal aus Tonen und Schluffen. Zudem enthalten sie diverse Fremdbestandteile (Schwarzdeckenreste, Kohlereste, Keramikreste, Ziegelreste, Betonreste, Metallreste, Schlackenreste und Kunststoffreste) und weisen lokal Geruch nach Mineralölkohlenwasserstoffen auf.

Der natürlich anstehende Boden besteht aus einer bindigen Deckschicht aus feinsandigen Tonen und Schluffen mit weicher bis steifer Konsistenz. Bereichsweise wurden auch Schluff-Sand-Gemische (Schluff-Fein-/Mittelsand) angetroffen. Die bindigen Böden sind meist schwach organisch und lokal organisch ausgeprägt und sind zudem kalkhaltig bis sehr kalkhaltig. Unterhalb der bindigen Deckschicht folgen größtenteils Sande, die schwach schluffig bis schluffig ausgeprägt sind. Lokal wurden auch Kiese erbohrt.

Die Ergebnisse der Rammsondierungen zeigen in den Auffüllungen im oberen Meter teils eine mitteldichte bis dichte Lagerung und teils eine sehr lockere Lagerung an. Die natürlichen Sande und Kiese unterhalb der bindigen Deckschicht sind überwiegend locker gelagert. Erst ab ca. 10 m bis 11 m Tiefe ist von einer mitteldichten Lagerung der Sande und Kiese auszugehen.

Der Grundwasserspiegel wurde während der Erkundung in ca. 2,2 m bis 3,0 m Tiefe angetroffen (ca. 102,2 m NHN bis 103,2 m NHN). Am Projektstandort wird ein Bemessungswasserstand von $HGW = 105,3 \text{ m NHN}$ empfohlen. Bei einer möglichen Unterkellerung der Gebäude sind diese entsprechend gegen Auftrieb zu bemessen und abzudichten.

Zwei Schwarzdeckenmischproben wurden auf die Parameter PAK im Feststoff und Phenolindex im Eluat untersucht. Beide Proben sind den Analyseergebnissen zufolge teerfrei.

Zur Überprüfung des Baugrunds auf Schadstoffbelastungen wurden 7 Mischproben auf die Parameter nach LAGA M20, Tab. II.1.2-2 und II.1.2-3, und 2 geruchlich auffällige Einzelproben auf die Parameter KW-Index und PAK untersucht. In den 3 Mischproben aus den Auffüllungen ergaben sich lediglich abfallrechtlich relevante Belastungen mit Einstufungen zwischen Z1.1 und Z2. Die 4 Mischproben aus den natürlich anstehenden Böden erwiesen sich als weniger belastet mit Belastungsgraden von Z0 bis Z1.2 nach LAGA. Ein weiterer Handlungsbedarf ist aus diesen Analyseergebnissen aber nicht abzuleiten.

In den Einzelproben wurde dagegen Verunreinigungen mit MKW / KW-Index und PAK festgestellt, bei denen eine Grundwassergefährdung nicht ausgeschlossen werden kann. Die Höhe der Schadstoffgehalte macht weitere Untersuchungen zur Eingrenzung der Belastungen und zur Einschätzung einer eventuellen Grundwassergefährdung erforderlich.

Bei der Durchführung von Aushubarbeiten sollte im Sinne einer Abfallminimierung sowie zur Gewährleistung einer möglichst hochwertigen Verwertung zwischen schadstoffverdächtigem und nicht verdächtigem Material sowie zwischen Auffüllungen und natürlich anstehendem Boden separiert werden. Für extern zu entsorgendes Aushubmaterial sind voraussichtlich baubegleitende Beprobungen an Haufwerken und dazugehörige Deklarationsanalysen erforderlich.

Der Standort liegt in der Erdbebenzone 1.

Aufgrund der nicht frei verwertbaren künstlichen Auffüllungen und den dadurch bedingten Mehrkosten für eine Entsorgung und aufgrund des hoch anstehenden Grundwassers wird von einer Unterkellerung der Gebäude abgeraten.

Bei einer Ausführungsplanung ohne Unterkellerung kommen weder die künstlichen Auffüllungen noch die unterlagernden bindigen Böden für eine Flachgründung in Frage.

Denkbar ist eine Gründung über kombinierte Rütteldruck- / Rüttelstopfverdichtung (vermörtelt) oder eine Pfahlgründung mittels Bohrpfählen. Die Pfähle bzw. die

pfahlähnlichen Gründungselemente werden in den tragfähigen Sanden und Kiesen ab ca. 10 – 11 m Tiefe abgesetzt.

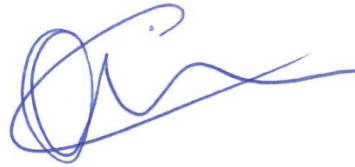
Eventuell auftretende Fragen können in einer Fortschreibung zum Gutachten oder im Rahmen von Besprechungen geklärt werden.



Dr.-Ing. K. Maisch
(Geschäftsführer)



M.Sc. D. Ledermann
(Sachbearbeiterin Geotechnik)



M.Sc. C. Pain
(Sachbearbeiterin Umwelttechnik)

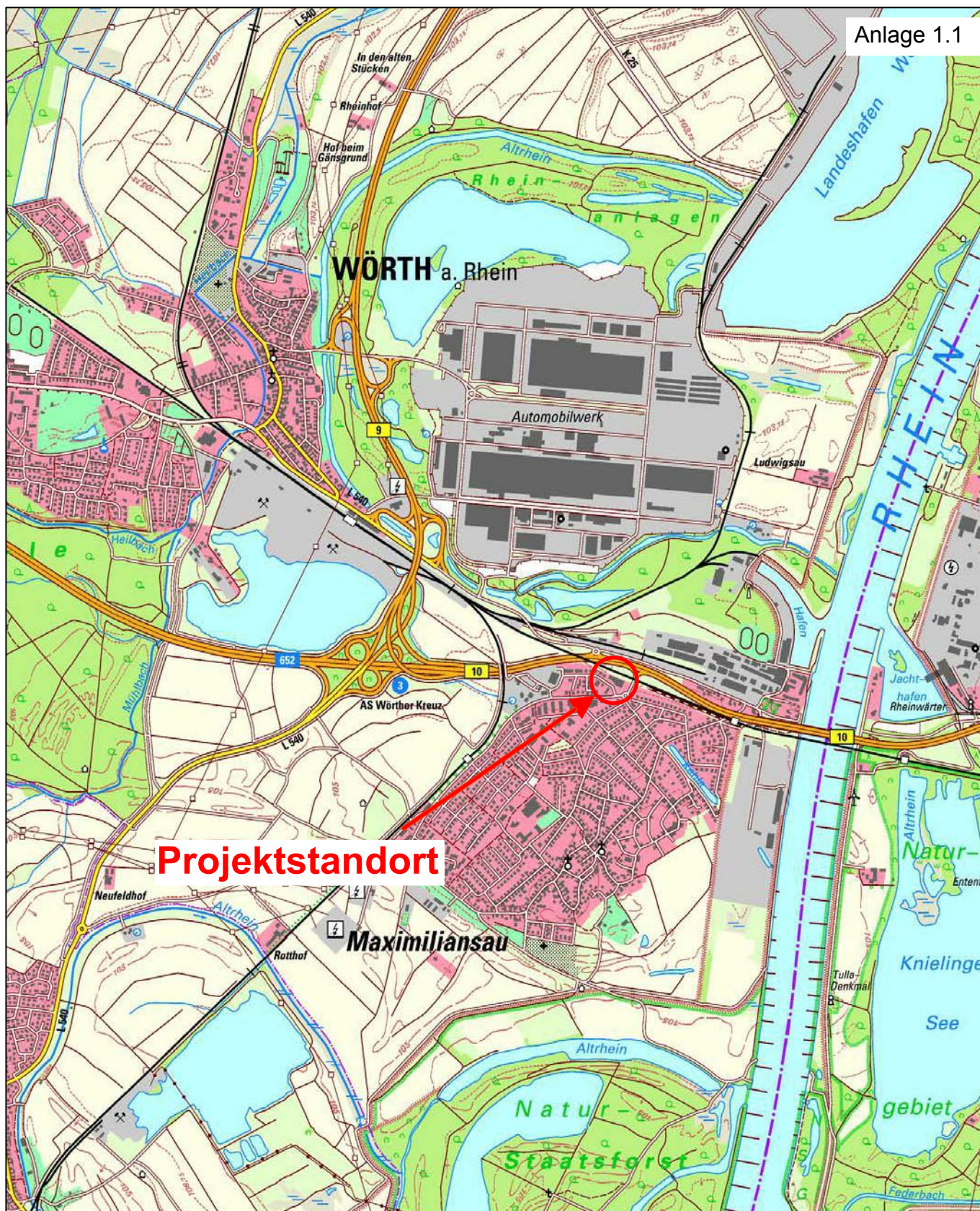
**GHJ INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEO-
UND UMWELTTECHNIK mbH & Co. KG**

Wohnbebauung „Im Woog 2“
76744 Würth – Maximiliansau

Anlage 1

Lagepläne

- Anlage 1.1 Topografische Karte mit Projektstandort, M 1 : 25.000
- Anlage 1.2 Luftbild mit Projektstandort, M 1 : 1.000
- Anlage 1.3 Lageplan Bestand mit Aufschlusspunkten, M 1 : 500



Projektstandort



Kartengrundlage:
TopMaps25 - Amtliche Topografische Karten 1:25 000, digital
(Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Wü.; 2012)

Bauvorhaben: Wohnbebauung Im Woog 2
in Würth-Maximiliansau

Planbezeichnung: Topografische Karte
mit Projektstandort

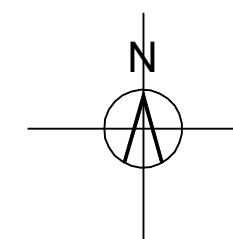


Maßstab: 1:25.000

Auftrag-Nr.: 20-0036

Bearbeiter: mai.

Datum: 20.04.20



Bauvorhaben:
Wohnbebauung Im Woog2
in Wörth-Maximiliansau

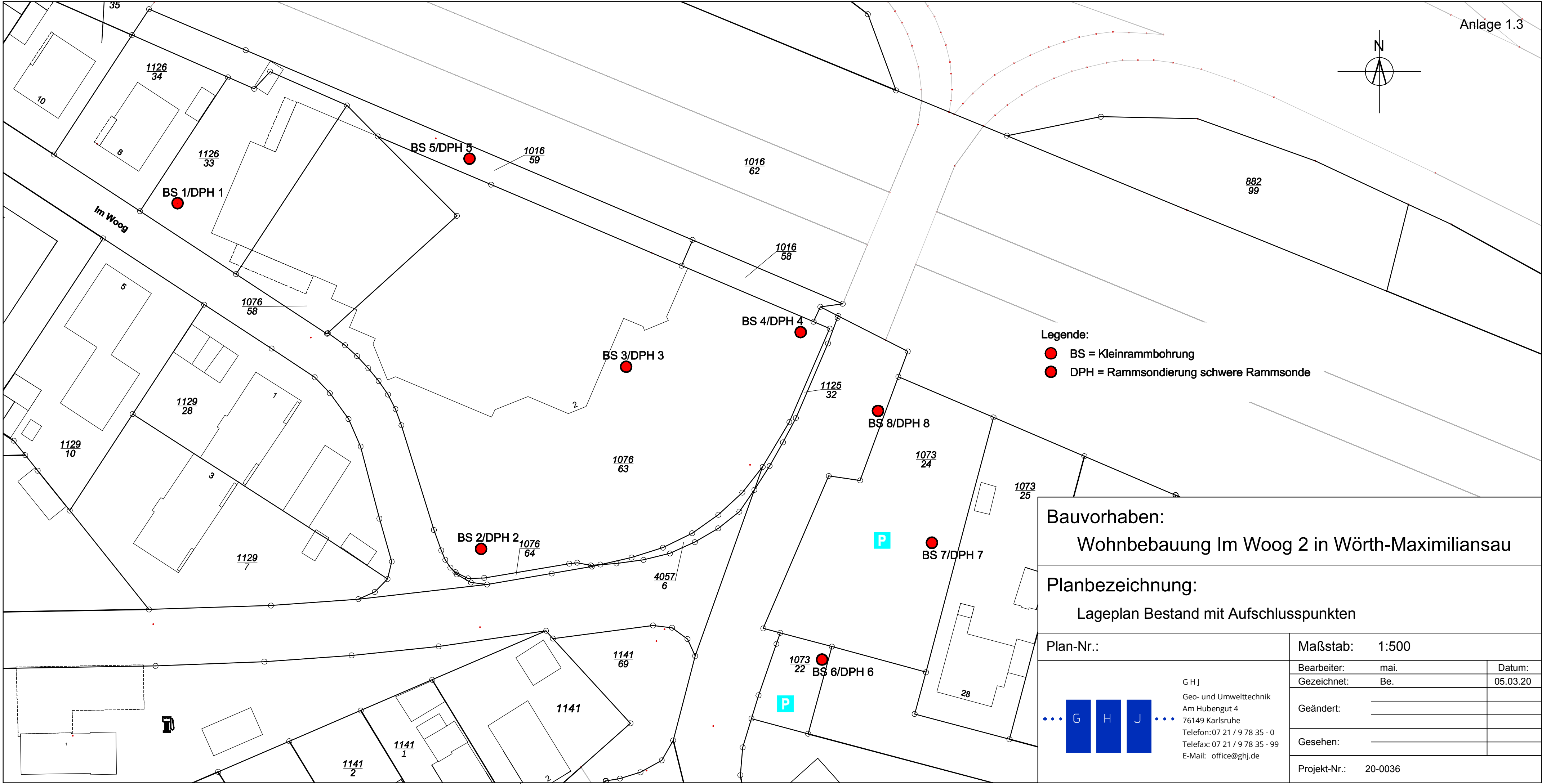
Planbezeichnung:
Luftbild mit Projektstandort

Plan-Nr.:

Maßstab: 1:1.000

... G H J ...
G H J
Geo- und Umwelttechnik
Am Hubengut 4
76149 Karlsruhe
Telefon: 07 21 / 9 78 35 - 0
Telefax: 07 21 / 9 78 35 - 99
E-Mail: office@ghj.de

Bearbeiter: mai.	Datum:
Gezeichnet: Be.	20.04.20
Geändert:	
Gesehen:	
Projekt-Nr.: 20-0036	



**GHJ INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEO-
UND UMWELTECHNIK mbH & Co. KG**

Wohnbebauung „Im Woog 2“
76744 Würth – Maximiliansau

Anlage 2

Bohrprofile, Rammprogramme

Hauptfeld/Grundvariante

BS 1

DPH 1

BS 2

DPH 2

BS 3

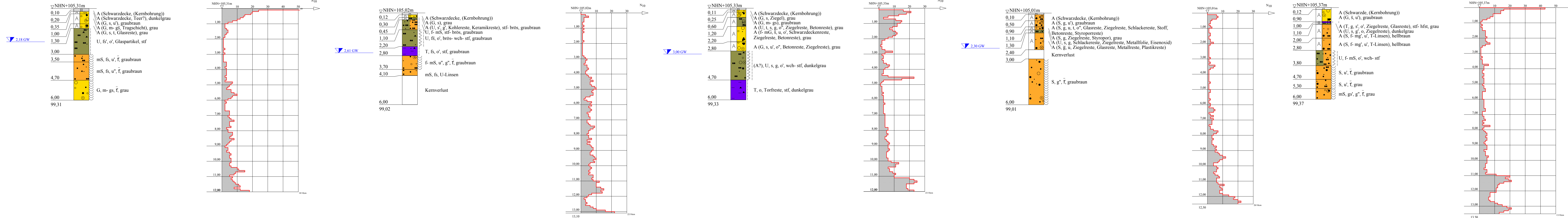
DPH 3

BS 4

DPH 4

BS 5

DPH 5



Optionsfläche AVG

BS 6

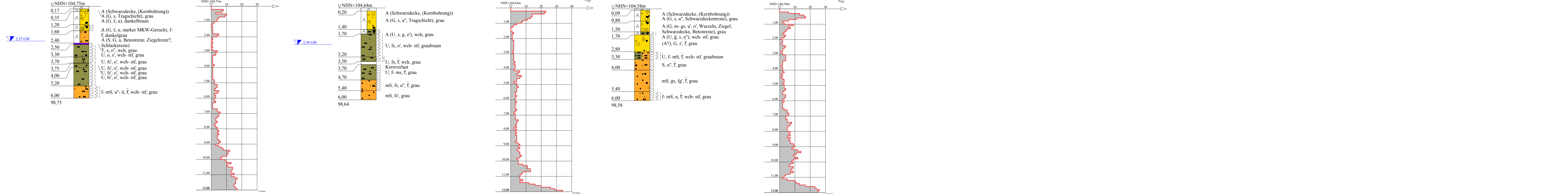
DPH 6

BS 7

DPH 7

BS 8

DPH 8



ZEICHENERKLÄRUNG (S. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN
○ DPH Rammsondierung Schwere Sonde ISO 22476-2
⊕ BS Sondierbohrung

BODENARTEN	
Auffüllung	A
Kies	G g
Mudde	F o
Sand	S s
Schluff	U u
Ton	T t

KORNGRÖßENBEREICH	
f	fein
m	mittel
g	grob

KONSISTENZ	
wch	weich
hst	halbfest
stf	stif
brs	bröselig

FEUCHTIGKEIT	
f	feucht
f	naß

RAMMSONDIERUNG NACH EN ISO 22476-2 / DIN 4094-3	
Schlagarten für 10 cm Eindringtiefe	
leicht	mittel
schwer	

BOHRLOCHRAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094-2	
Bohrlochspläne	
offene Spitze	
geschlossene Spitze	

Bauvorhaben:
Wohnbebauung Im Woog 2
in Wörth-Maximiliansau

Planbezeichnung:
Bohrprofile
Rammddiagramme

Plan-Nr:	Maßstab: 1 : 100
Bearbeiter: mai.	Datum: 05.03.20
Gezeichnet: Be.	20.04.20
Geändert: Be.	
Gesehen: Be.	
Projekt-Nr: 20-0036	



**GHJ INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEO-
UND UMWELTTECHNIK mbH & Co. KG**

Wohnbebauung „Im Woog 2“
76744 Würth – Maximiliansau

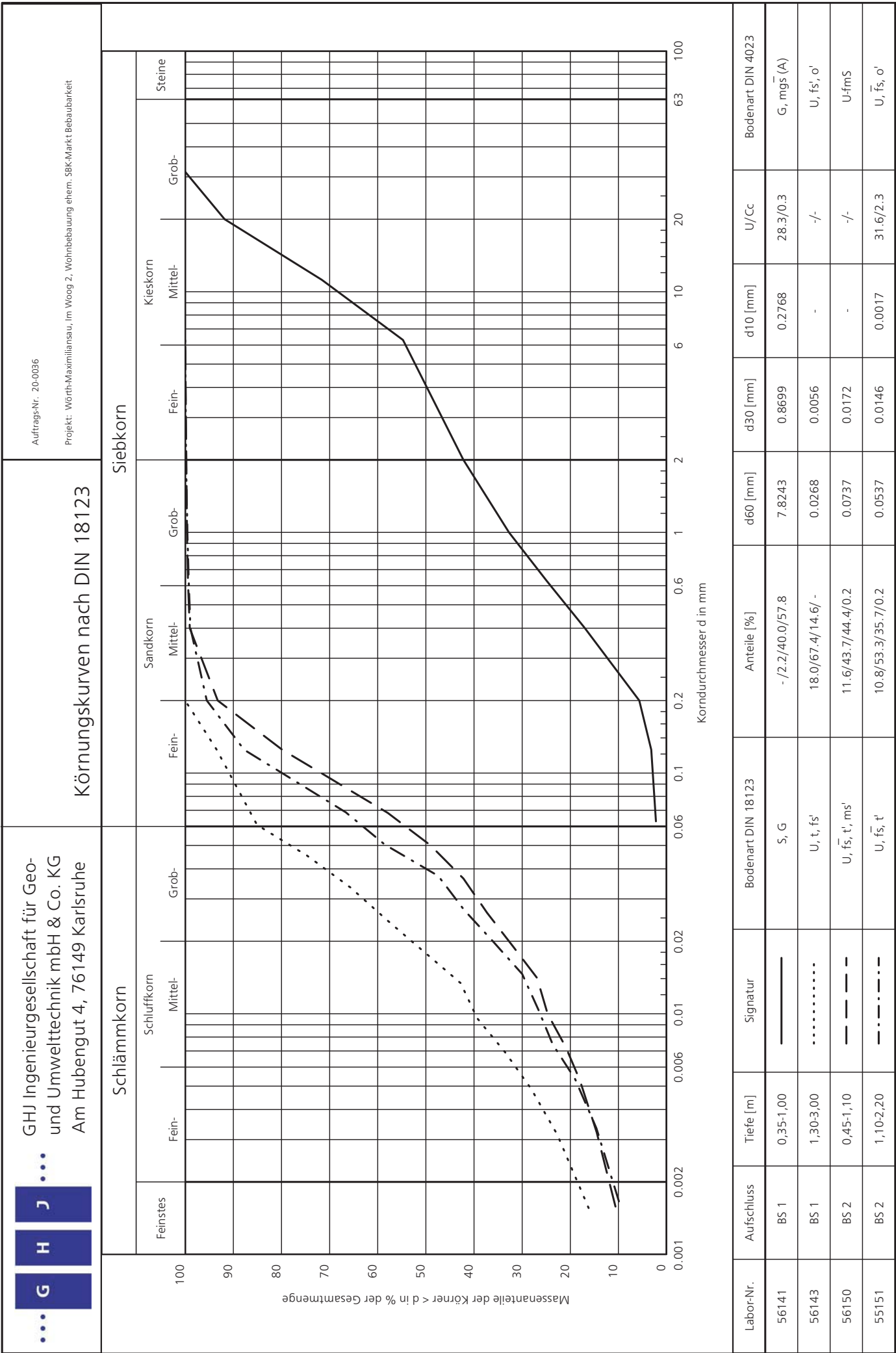
Anlage 3

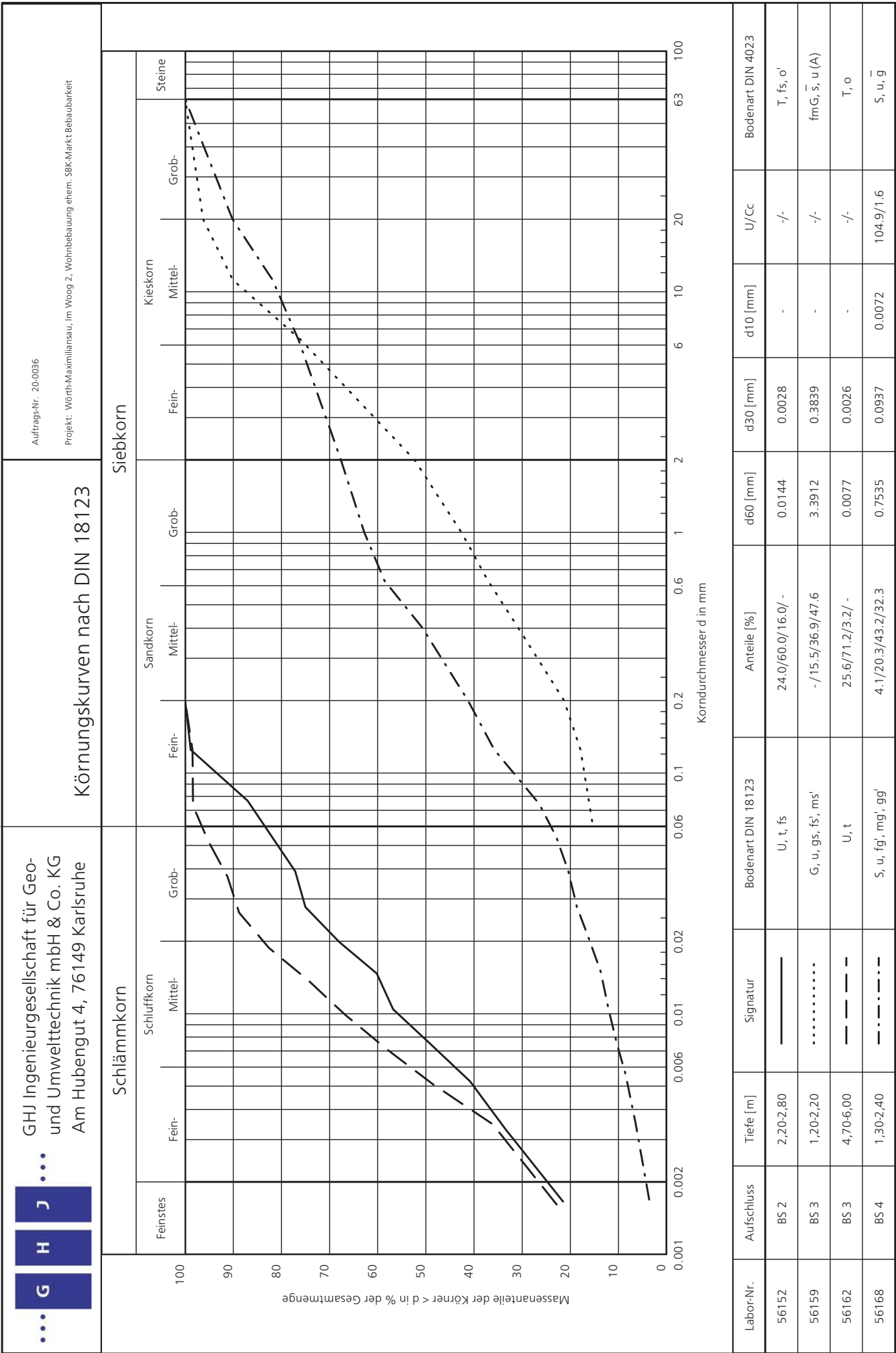
Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 3.1 Körnungskurven

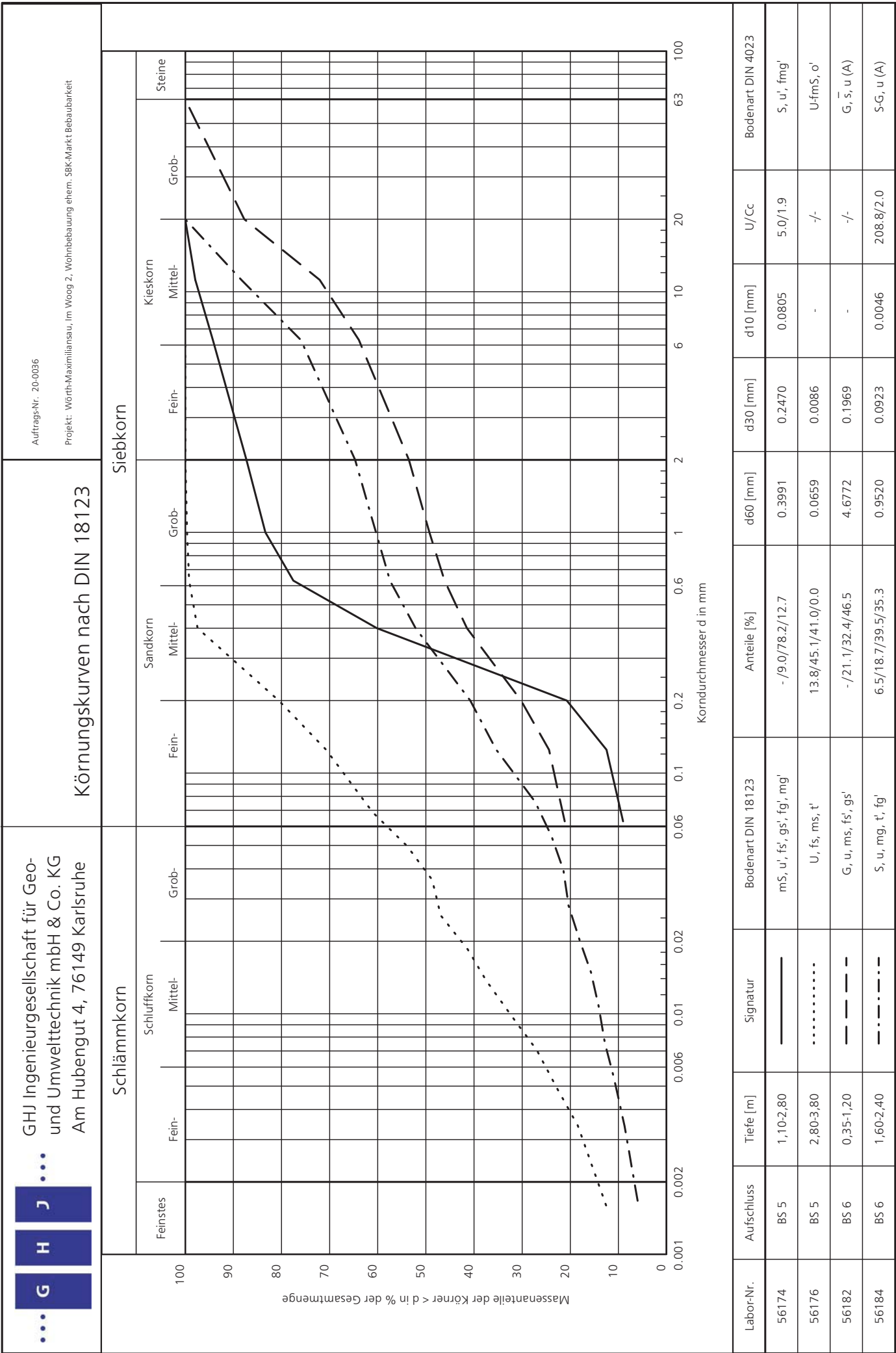
Anlage 3.2 Plastizitätsdiagramm, Konsistenzgrenzen

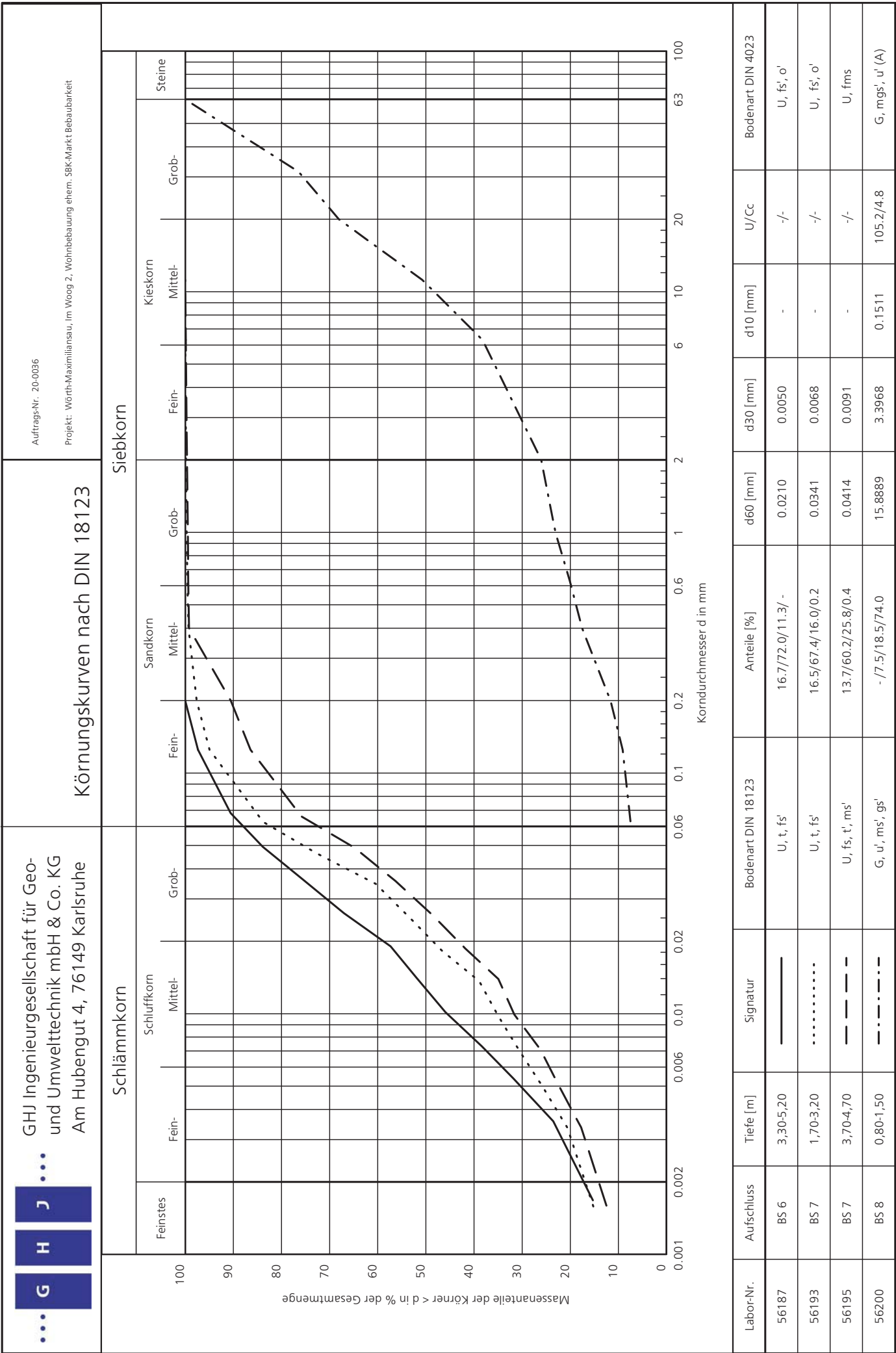
Anlage 3.3 Zusammenstellung Laborversuche

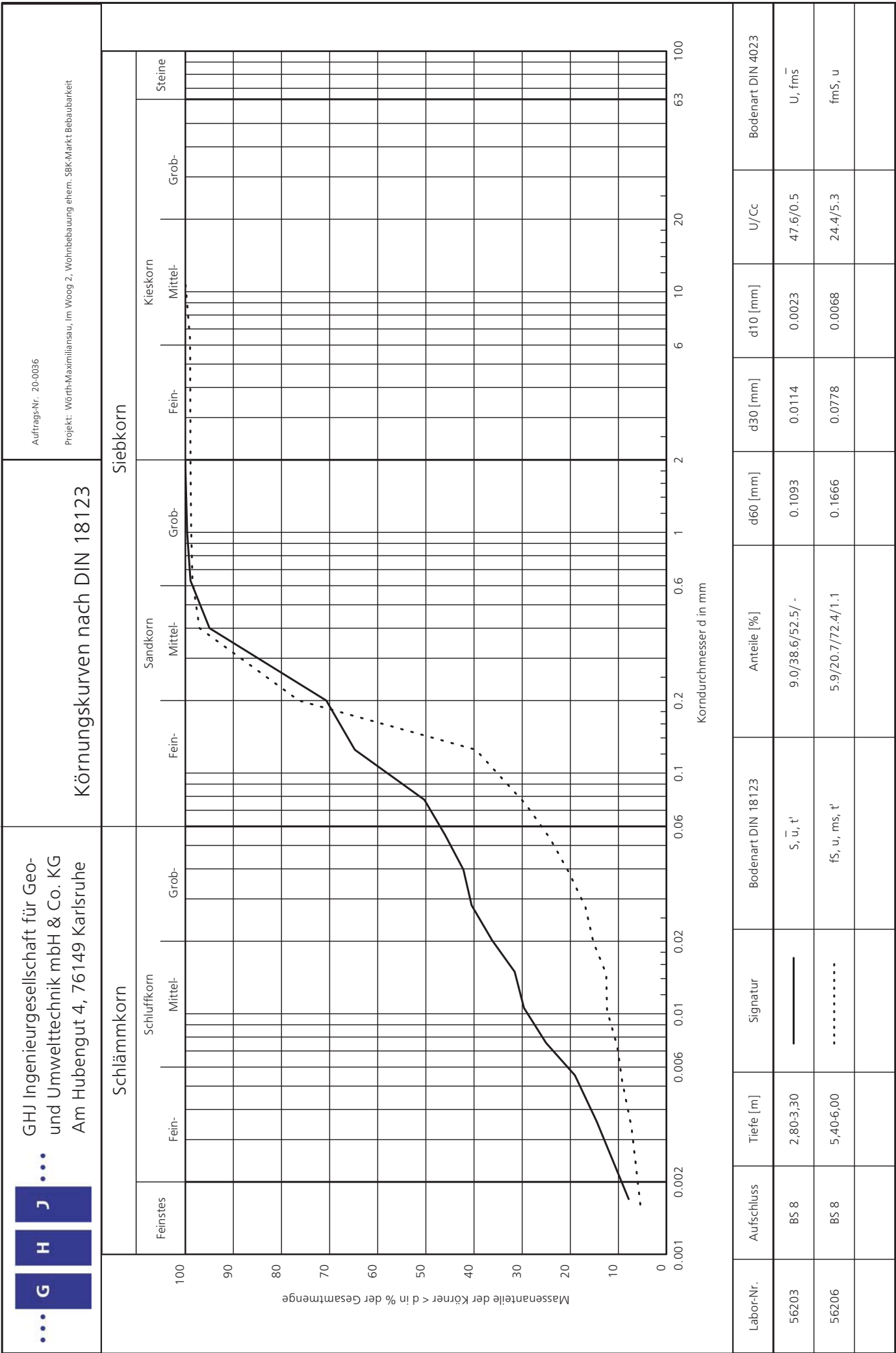




3.1.2







Projekt: Wörth-Maximiliansau, Im Woog 2

Auftrag-Nr.: 20-0036

Labornummer: 56162A

ausgeführt durch: AP

Datum: 17.03.2020

Entnahmestelle: BS 3

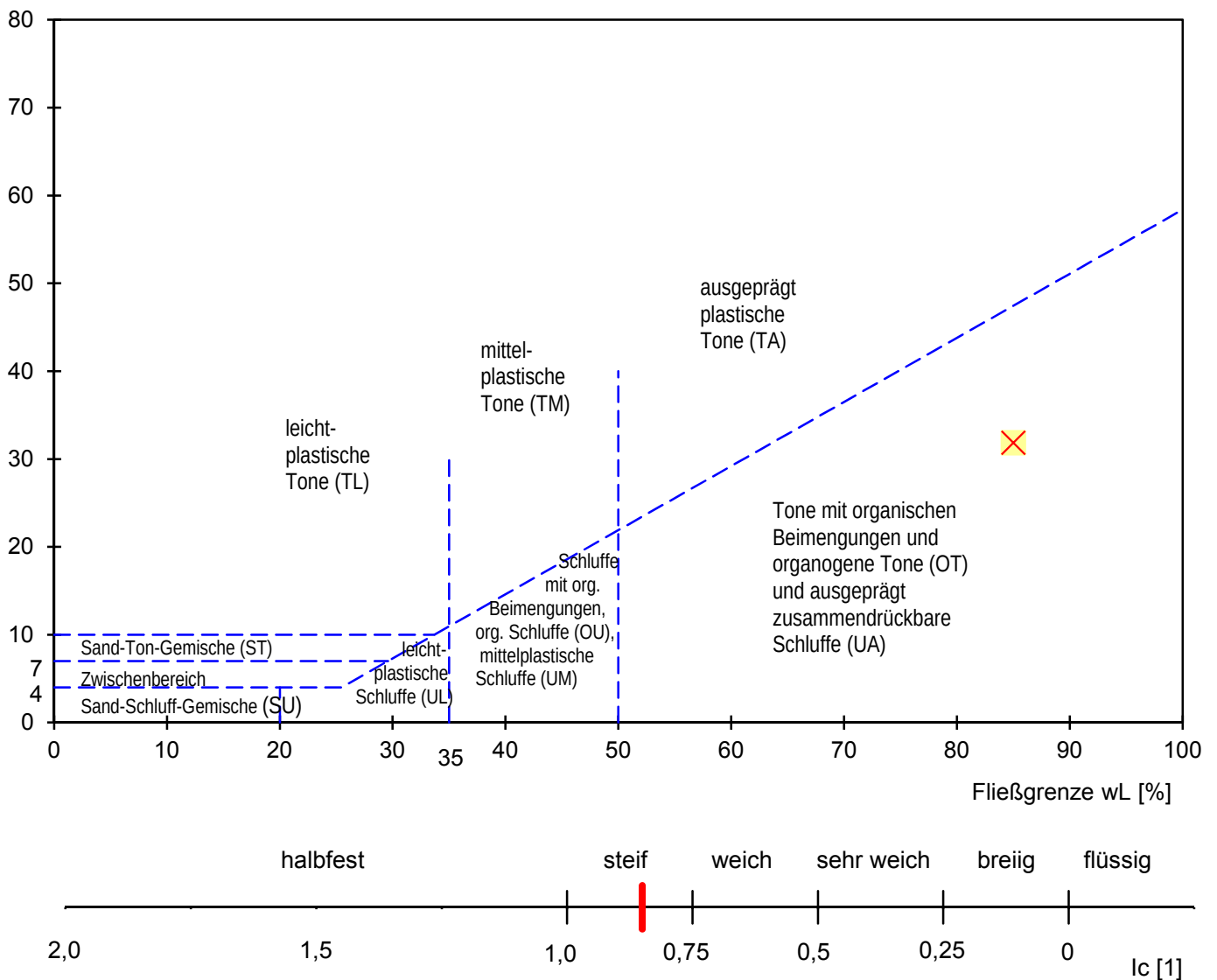
Entnahmetiefe: 4,7 - 6,0 m

Entnahmeart: GP

entnommen am: 20.02.2020

entnommen durch: Pio

Ip [%]

Plastizitätsdiagramm / Atterbergsche Grenzen nach DIN 18122**Die Bodenart ist: organogener Ton (OT)****Die Konsistenz ist: steif**

Wassergehalt 57,72 [%]

Kornanteil > 0,4mm 0,53 [%]

Wassergehalt (Anteil >0,4mm) 5,00 [%]

Wassergehalt (Anteil <0,4mm) 58,00 [%]

Fließgrenze w_L 85,00 [%]Ausrollgrenze w_p 53,15 [%]Plastizitätszahl I_p 31,85 [%]Konsistenzzahl I_c 0,85 [1]

Zusammenstellung der Laboratoriumsuntersuchungen

Bauvorhaben: Wohnbebauung Im Woog 2 in Wörth-Maximiliansau

(20-0036)

Labor- nummer	Bohrung Schürfe	Tiefe (m)	Bodenart	Wichte des feuchten Bodens $\gamma_{\text{kN/m}^3}$	Wasser- gehalt w %	Trocken- wichte $\gamma_{\text{d kN/m}^3}$	Poren- anteil n %	Sättigungs- zahl S_r %	Fließ- grenze w_L %	Ausroll- grenze w_p %	Plastizitäts- zahl I_p %	Konsistenz- zahl I_c	Glüh- verlust V_{gl} %	Kalk- gehalt V_{Ca} %
56141	BS 1	0,35-1,00	Kies, $\overline{mgs}$ (A)		2,8									
56143	BS 1	1,30-3,00	Schluff, fs', o'		29,4								3,5	27,3
56150	BS 2	0,45-1,10	Schluff-fmSand		18,3									
56151	BS 2	1,10-2,20	Schluff, $\overline{fs}, o'$		22,8								2,3	21,8
56152	BS 2	2,20-2,80	Ton, fs, o'		32,7								5,2	20,1
56159	BS 3	1,20-2,20	fmKies, $\overline{s}, u$ (A)		10,7									
56162	BS 3	4,70-6,00	Ton, o		55,3				85,0	53,2	31,9	0,85	6,1	34,7
56168	BS 4	1,30-2,40	Sand, u, $\overline{g}$		29,1									
56174	BS 5	1,10-2,80	Sand, $u', fmg'(A)$		6,8									
56176	BS 5	2,80-3,80	Schluff-fmSand, o'										2,0	23,1
56182	BS 6	0,35-1,20	Kie, $\overline{s}, u$ (A)		11,3									
56184	BS 6	1,60-2,40	Sand-Kies, u (A)		15,5									

**GHJ INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEO-
UND UMWELTTECHNIK mbH & Co. KG**

Wohnbebauung „Im Woog 2“
76744 Würth – Maximiliansau

Anlage 4

Prüfbericht der SGS Institut Fresenius GmbH, Radolfzell



INSTITUT FRESENIUS

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Güttinger Straße 37 D-78315 Radolfzell

GHJ Ingenieurgesellschaft für
Geo- u. Umwelttechnik mbH & Co. KG
Am Hubengut 4
76149 Karlsruhe

Prüfbericht 4739655

Auftrags Nr. 5308696

Kunden Nr. 10032817

Herr Peter Breig
Telefon +49 7732/94162-30
Fax +49 89/125040640-90
peter.breig@sgs.com

Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Güttinger Straße 37
D-78315 Radolfzell



Radolfzell, den 30.03.2020

Ihr Auftrag/Projekt: Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
Ihr Bestellzeichen: 20-0036 -cp
Ihr Bestelldatum: 09.03.2020

Prüfzeitraum von 11.03.2020 bis 16.03.2020
erste laufende Probenummer 200268673
Probeneingang am 11.03.2020

Dieser (e)Prüfbericht annulliert und ersetzt den von SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH ausgefertigten
(e)Prüfbericht Nr. 4721119 vom 16.03.2020.

Änderung Ergebnis nach Überprüfung

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Peter Breig
Projektleiter

i.A. Melanie Heidenberger
Customer Service

Seite 1 von 13

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

Im Maisel 14 D-65232 Taunusstein t +49 6128 744-0 f +49 6128 744-130 www.institut-fresenius.sgs-group.de

Member of the SGS Group (Société Générale de Surveillance)

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände und den Zeitpunkt der Durchführung der Prüfung im Rahmen der Prüfvorgaben. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte und Gutachten zu Werbezwecken sowie deren auszugsweise Verwendung in sonstigen Fällen bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung.
Geschäftsführer: Stefan Steinhardt, Aufsichtsratsvorsitzender: Dirk Hellemans, Sitz der Gesellschaft: Taunusstein, HRB 21543 Amtsgericht Wiesbaden

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 2 von 13
30.03.2020

Proben durch IF-Kurier abgeholt		Matrix: Boden					
Probennummer		200268673	200268674	200268675			
Bezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3			
Eingangsdatum:		11.03.2020	11.03.2020	11.03.2020			
Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode	Lab	
					-grenze		
Feststoffuntersuchungen :							
Trockensubstanz	Masse-%	93,3	89,6	82,3	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	0,3	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	0,2	0,8	0,3	0,1	DIN EN 13137	HE
Metalle im Feststoff :							
Königswasseraufschluß						DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	10	25	7	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	16	65	22	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	< 0,2	0,6	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	17	24	25	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	16	35	16	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	14	22	21	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 12846	HE
Thallium	mg/kg TR	< 0,2	0,2	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2	HE
Zink	mg/kg TR	31	250	42	1	DIN EN ISO 11885	HE
KW-Index C10-C40	mg/kg TR	35	88	< 10	10	DIN EN 14039	HE
KW-Index C10-C22	mg/kg TR	< 10	< 10	< 10	10	DIN EN 14039	HE
EOX	mg/kg TR	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN 38414-17	HE
LHKW Headspace :							
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Dichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlormethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlorethen	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener LHKW	mg/kg TR	-	-	-			HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 3 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268673	200268674	200268675
Bezeichnung	MP 1	MP 2	MP 3

BTEX Headspace :

Benzol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
Toluol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
Ethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
1,2-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
1,3+1,4-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	DIN 38407-9	HE
Summe Xylole	mg/kg TR	-	-	-		DIN 38407-9	HE
Summe BTEX	mg/kg TR	-	-	-			HE

PAK (EPA) :

Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	< 0,05	0,42	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,13	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	1,4	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	< 0,05	1,1	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,69	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	< 0,05	0,74	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	1,1	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,53	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	< 0,05	0,67	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,14	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	< 0,05	0,50	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	< 0,05	0,40	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK nach EPA	mg/kg TR	-	7,82	-		DIN ISO 18287	HE

PCB :

PCB 28	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
Summe 6 PCB (DIN)	mg/kg TR	-	-	-		DIN EN 15308	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 4 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268673	200268674	200268675
Bezeichnung	MP 1	MP 2	MP 3

Eluatuntersuchungen :

Eluatansatz					DIN EN 12457-4	HE
pH-Wert	8,5	7,7	8,3		DIN 38404-5	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C) µS/cm	124	116	141	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid mg/l	2,0	2,6	22	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat mg/l	32	17	5	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Cyanide, ges. mg/l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	DIN EN ISO 14403-2	HE
Phenol-Index, wdf. mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 14402	HE

Metalle im Eluat :

Arsen mg/l	0,011	0,011	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Blei mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846	HE
Zink mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 11885	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 5 von 13
30.03.2020

Proben durch IF-Kurier abgeholt		Matrix: Boden					
Probennummer		200268676	200268677	200268678			
Bezeichnung		MP 4	MP 5	MP 6			
Eingangsdatum:		11.03.2020	11.03.2020	11.03.2020			
Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode	Lab	
					-grenze		
Feststoffuntersuchungen :							
Trockensubstanz	Masse-%	83,4	90,4	72,4	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	1,2	1,5	0,1	0,1	DIN EN 13137	HE
Metalle im Feststoff :							
Königswasseraufschluß						DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	5	6	5	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	5	34	23	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	< 0,2	< 0,2	0,3	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	14	40	33	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	10	20	25	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	11	18	26	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 12846	HE
Thallium	mg/kg TR	< 0,2	< 0,2	0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2	HE
Zink	mg/kg TR	36	51	140	1	DIN EN ISO 11885	HE
KW-Index C10-C40	mg/kg TR	< 10	200	< 10	10	DIN EN 14039	HE
KW-Index C10-C22	mg/kg TR	< 10	24	< 10	10	DIN EN 14039	HE
EOX	mg/kg TR	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN 38414-17	HE
LHKW Headspace :							
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Dichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlormethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlorethen	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener LHKW	mg/kg TR	-	-	-			HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 6 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268676	200268677	200268678
Bezeichnung	MP 4	MP 5	MP 6

BTEX Headspace :

Benzol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
Toluol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
Ethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
1,2-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38407-9	HE
1,3+1,4-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	DIN 38407-9	HE
Summe Xylole	mg/kg TR	-	-	-		DIN 38407-9	HE
Summe BTEX	mg/kg TR	-	-	-			HE

PAK (EPA) :

Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	< 0,05	0,08	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,19	0,12	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	< 0,05	0,15	0,09	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,07	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	< 0,05	0,08	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,14	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,07	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	< 0,05	0,08	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	< 0,05	0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK nach EPA	mg/kg TR	-	0,91	0,21		DIN ISO 18287	HE

PCB :

PCB 28	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,003	DIN EN 15308	HE
Summe 6 PCB (DIN)	mg/kg TR	-	-	-		DIN EN 15308	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 7 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268676	200268677	200268678
Bezeichnung	MP 4	MP 5	MP 6

Eluatuntersuchungen :

Eluatansatz					DIN EN 12457-4	HE
pH-Wert	8,1	8,3	8,0		DIN 38404-5	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C) µS/cm	97	88	264	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid mg/l	6,7	1,4	10	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat mg/l	9	7	43	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Cyanide, ges. mg/l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	DIN EN ISO 14403-2	HE
Phenol-Index, wdf. mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 14402	HE

Metalle im Eluat :

Arsen mg/l	< 0,005	0,007	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Blei mg/l	0,008	< 0,005	0,007	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel mg/l	0,009	< 0,005	0,009	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846	HE
Zink mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 11885	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 8 von 13
30.03.2020

Proben durch IF-Kurier abgeholt		Matrix: Boden					
Probennummer		200268679	200268680	200268681			
Bezeichnung		MP 7	MP SD 1	MP SD 2			
Eingangsdatum:		11.03.2020	11.03.2020	11.03.2020			
Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode	Lab	
					-grenze		
Feststoffuntersuchungen :							
Trockensubstanz	Masse-%	82,0	99,6	99,7	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	-	-	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	0,3	-	-	0,1	DIN EN 13137	HE
Metalle im Feststoff :							
Königswasseraufschluß			-	-		DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	4	-	-	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	7	-	-	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	< 0,2	-	-	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	17	-	-	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	10	-	-	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	14	-	-	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	-	-	0,1	DIN EN ISO 12846	HE
Thallium	mg/kg TR	< 0,2	-	-	0,2	DIN EN ISO 17294-2	HE
Zink	mg/kg TR	30	-	-	1	DIN EN ISO 11885	HE
KW-Index C10-C40	mg/kg TR	< 10	-	-	10	DIN EN 14039	HE
KW-Index C10-C22	mg/kg TR	< 10	-	-	10	DIN EN 14039	HE
EOX	mg/kg TR	< 0,5	-	-	0,5	DIN 38414-17	HE
LHKW Headspace :							
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Dichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlormethan	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlorethen	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener LHKW	mg/kg TR	-	-	-			HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 9 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268679	200268680	200268681
Bezeichnung	MP 7	MP SD 1	MP SD 2

BTEX Headspace :

Substanz	Einheit	MP 7	MP SD 1	MP SD 2	Limit	Norm	HE
Benzol	mg/kg TR	< 0,01	-	-	0,01	DIN 38407-9	HE
Toluol	mg/kg TR	< 0,01	-	-	0,01	DIN 38407-9	HE
Ethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	-	-	0,01	DIN 38407-9	HE
1,2-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	-	-	0,01	DIN 38407-9	HE
1,3+1,4-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,02	-	-	0,02	DIN 38407-9	HE
Summe Xylole	mg/kg TR	-	-	-		DIN 38407-9	HE
Summe BTEX	mg/kg TR	-	-	-			HE

PAK (EPA) :

Substanz	Einheit	MP 7	MP SD 1	MP SD 2	Limit	Norm	HE
Naphthalin	mg/kg TR	-	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	-	< 0,10	< 0,10	0,1	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	-	0,18	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	-	0,07	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	-	0,72	0,42	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	-	0,17	0,11	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	-	0,14	0,74	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	-	0,09	0,63	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	-	< 0,05	0,34	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	-	0,06	0,39	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	-	< 0,05	0,39	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	-	< 0,05	0,16	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	-	0,05	0,25	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	-	< 0,05	0,06	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	-	0,17	0,18	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	-	< 0,05	0,12	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK gesamt	mg/kg TR	-	1,65	3,79		DIN ISO 18287	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 10 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268679	200268680	200268681
Bezeichnung	MP 7	MP SD 1	MP SD 2

PAK (EPA) :

Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	< 0,05	-	-	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK nach EPA	mg/kg TR	-	-	-		DIN ISO 18287	HE

PCB :

PCB 28	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	-	-	0,003	DIN EN 15308	HE
Summe 6 PCB (DIN)	mg/kg TR	-	-	-		DIN EN 15308	HE

Eluatuntersuchungen :

Eluatansatz						DIN EN 12457-4	HE
pH-Wert		8,1	-	-		DIN 38404-5	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C) µS/cm		90	-	-	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid	mg/l	3,0	-	-	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Sulfat	mg/l	8	-	-	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Cyanide, ges.	mg/l	< 0,002	-	-	0,002	DIN EN ISO 14403-2	HE
Phenol-Index, wdf.	mg/l	-	< 0,01	< 0,01	0,01	DIN 38409-16-2	HE
Phenol-Index, wdf.	mg/l	< 0,01	-	-	0,01	DIN EN ISO 14402	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 11 von 13
30.03.2020

Probennummer	200268679	200268680	200268681
Bezeichnung	MP 7	MP SD 1	MP SD 2

Metalle im Eluat :

Arsen	mg/l	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/l	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/l	< 0,001	-	-	0,001	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/l	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/l	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/l	< 0,005	-	-	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	-	-	0,0002	DIN EN ISO 12846	HE
Zink	mg/l	< 0,01	-	-	0,01	DIN EN ISO 11885	HE

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 12 von 13
30.03.2020

Proben durch IF-Kurier abgeholt		Matrix: Bauschutt				
Probennummer		200268682	200268683			
Bezeichnung		BS 3 2,8-6,0	BS 6 1,2-1,6			
Eingangsdatum:		11.03.2020	11.03.2020			
Parameter	Einheit			Bestimmungs -grenze	Methode	Lab
Feststoffuntersuchungen :						
Trockensubstanz	Masse-%	75,4	93,8	0,1	DIN EN 14346	HE
KW-Index C10-C40	mg/kg TR	260	12000	10	DIN EN 14039	HE
KW-Index C10-C22	mg/kg TR	53	1200	10	DIN EN 14039	HE
PAK (EPA) :						
Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	0,17	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	0,08	0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	0,13	1,1	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	0,24	1,6	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	1,7	5,5	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	0,34	0,95	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	3,0	7,6	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	2,1	4,9	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	0,78	1,1	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	1,1	1,1	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	1,2	1,1	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	0,59	0,43	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	0,70	0,63	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	0,10	0,14	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	0,45	0,43	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	0,40	0,42	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK nach EPA	mg/kg TR	12,91	27,22		DIN ISO 18287	HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38404-5	2009-07
DIN 38407-9	1991-05
DIN 38409-16-2	1984-06
DIN 38414-17	1981-05
DIN EN 12457-4	2003-01
DIN EN 13137	2001-12
DIN EN 13657	2003-01
DIN EN 14039	2005-01
DIN EN 14346	2007-03

Wörth-Maximiliansau Im Woog 2
20-0036 -cp

Prüfbericht Nr. 4739655
Auftrag Nr. 5308696

Seite 13 von 13
30.03.2020

DIN EN 15308	2008-05
DIN EN 27888	1993-11
DIN EN ISO 10304-1	2009-07
DIN EN ISO 11885	2009-09
DIN EN ISO 12846	2012-08, Einsatz des Verfahrens ohne Verwendung des für Wasserproben eingesetzten Konservierungsmittels Bromat.
DIN EN ISO 12846	2012-08
DIN EN ISO 14402	1999-12
DIN EN ISO 14403-2	2012-02
DIN EN ISO 17294-2	2014-12
DIN EN ISO 17380	2013-10
DIN EN ISO 22155	2016-07
DIN ISO 18287	2006-05

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter
<http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrag handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle, aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

**GHJ INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEO-
UND UMWELTTECHNIK mbH & Co. KG**

Wohnbebauung „Im Woog 2“
76744 Würth – Maximiliansau

Anlage 5

Pfahlwiderstands-Setzungslinien

Bohrpfahl			
D _s (Schaft - Ø):	0,60 m	D _b (Fuß - Ø):	0,60 m
Länge:	14,50 m		
Pfahloberkante:	105,00 mNHN	Pfahlunterkante:	90,50 mNHN

Schichtmodell / Bodenkennwerte

mittlerer Sondierspitzenwiderstand q _c / Pfahlspitzenwiderstand q _{b,k} unter Pfahlfuß	N ₁₀ ≈ q _c	15	[MN/m²]
	q _{b,k}	3,00	[MN/m²]

Schicht	z _i [m]	H _i [mNN]	L _i [m]	q _{s,k,i} [MN/m²]	R _{s,k,i} (s) [MN]
1	7,00	98,00	7,00	0,00	0,00
2	12,00	93,00	5,00	0,04	0,38
3	14,50	90,50	2,50	0,11	0,49
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Σ =			14,50		0,87

Pfahlwiderstandskräfte

setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlmantelwiderstand R _{s,k} (s)	setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlfußwiderstand R _{b,k} (s)
R _{s,k} (s) = D _s · π · Σ L _i · q _{s,k,i} = s _{sg} = 0,5 [cm] x R _{s,k} (s _{sg}) [MN] + 0,5 [cm]	R _{b,k} (s) = D _b ² · π / 4 · q _{b,k} (s) [MN]
0,87 [MN]	
0,9 [cm]	

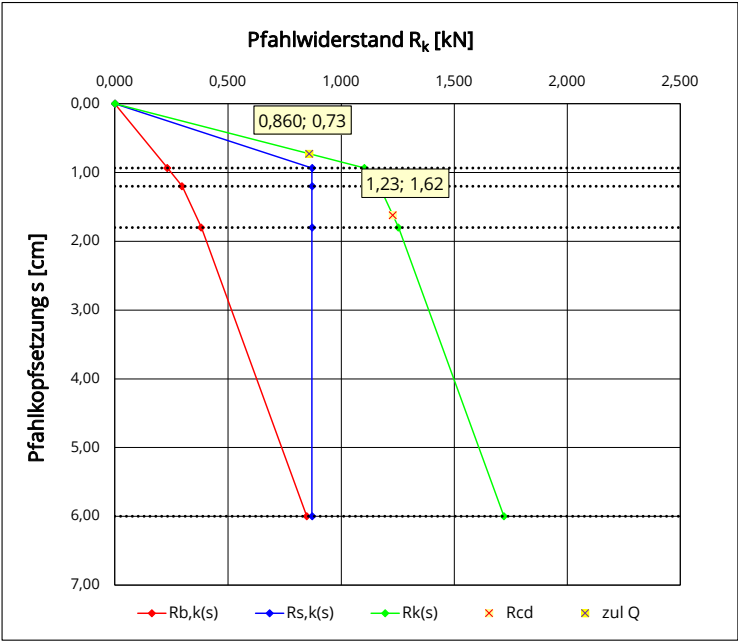
Widerstands-Setzungs-Linie (WSL)

	q _{b,k} [kN/m²]	s [cm]	R _{b,k} (s) [MN]	R _{s,k} (s) [MN]	R _k (s) [MN]
Setzung	0	0,00	0,000	0,000	0,000
s = s _{sg}	0	0,94	0,232	0,872	1,103
s = 0,02 · D _b	1050	1,20	0,297	0,872	1,169
s = 0,03 · D _b	1350	1,80	0,382	0,872	1,253
s = s _g = 0,10 · D _b	3000	6,00	0,848	0,872	1,720

Ergebnis

ALT nach DIN 1054-1976		[]
Sicherheitsbeiwert η	2,00	[-]
charakt. Pfahlbelastung Q	1,720	[MN]
Bemessungswiderstand bzw. zul. Gebrauchslast Q _d = Q(s = 0,1·D _b)/η	0,860	[MN]
Setzung s	0,73	[cm]
Pfahlfedersteifigkeit	117,9	[MN/m]

NEU nach DIN EN 1997 (EC7)		[]
γ _{Dr} , γ _{Sr} , γ _t	1,40	[-]
charakt. Pfahlwiderstandskraft R _{c,k}	1,720	[MN]
Bemessungswiderstand R _{c,d} = R _{c,k} (s = 0,1·D _b) / γ _t	1,229	[MN]
Setzung s	1,62	[cm]
Pfahlfedersteifigkeit	75,7	[MN/m]



mit

- R_{b,k} (s) setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlfußwiderstand
- R_{s,k} (s) setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlmantelwiderstand
- q_{b,k} charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand
- q_{s,k} charakteristische Pfahlmantelreibung
- s_{sg} Grenzsetzung für setzungsabhängigen charakteristischen Pfahlmantelwiderstand
- s_g s_{ult}; Pfahlgrenzsetzung

Bohrpfahl			
D _s (Schaft - Ø):	0,90 m	D _b (Fuß - Ø):	0,90 m
Länge:	14,50 m		
Pfahloberkante:	105,00 mNHN	Pfahlunderkante:	90,50 mNHN

Schichtmodell / Bodenkennwerte

mittlerer Sondierspitzenwiderstand q _c /	N ₁₀ ≈ q _c	15	[MN/m²]
Pfahlspitzenwiderstand q _{b,k} unter Pfahlfuß	q _{b,k}	3,00	[MN/m²]

Schicht	z _i [m]	H _i [mN]	L _i [m]	q _{s,k,i} [MN/m²]	R _{s,k,i} (s) [MN]
1	7,00	98,00	7,00	0,00	0,00
2	12,00	93,00	5,00	0,04	0,57
3	14,50	90,50	2,50	0,11	0,74
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Σ =			14,50		1,31

Pfahlwiderstandskräfte

setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlmantelwiderstand R _{s,k} (s)	setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlfußwiderstand R _{b,k} (s)
R _{s,k} (s) = D _s · π · Σ L _i · q _{s,k,i} =	R _{b,k} (s) = D _b ² · π / 4 · q _{b,k} (s) [MN]
s _{sg} = 0,5 [cm] x R _{s,k} (s _{sg}) [MN] + 0,5 [cm]	

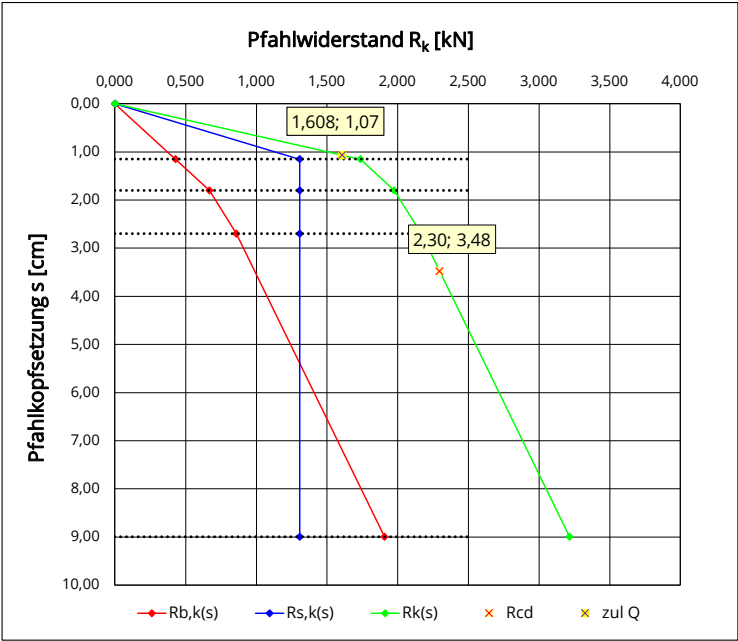
Widerstands-Setzungs-Linie (WSL)

	q _{b,k} [kN/m²]	s [cm]	R _{b,k} (s) [MN]	R _{s,k} (s) [MN]	R _k (s) [MN]
Setzung	0	0,00	0,000	0,000	0,000
s = s _{sg}	0	1,15	0,428	1,308	1,736
s = 0,02 · D _b	1050	1,80	0,668	1,308	1,976
s = 0,03 · D _b	1350	2,70	0,859	1,308	2,167
s = s _g = 0,10 · D _b	3000	9,00	1,909	1,308	3,216

Ergebnis

ALT nach DIN 1054-1976		[]
Sicherheitsbeiwert η	2,00	[-]
charakt. Pfahlbelastung Q	3,216	[MN]
Bemessungswiderstand bzw. zul. Gebrauchslast Q _d = Q(s = 0,1 · D _b) / η	1,608	[MN]
Setzung s	1,07	[cm]
Pfahlfedersteifigkeit	150,4	[MN/m]

NEU nach DIN EN 1997 (EC7)		[]
γ _{Dr} , γ _{Sr} , γ _t	1,40	[-]
charakt. Pfahlwiderstandskraft R _{c,k}	3,216	[MN]
Bemessungswiderstand R _{c,d} = R _{c,k} (s = 0,1 · D _b) / γ _t	2,297	[MN]
Setzung s	3,48	[cm]
Pfahlfedersteifigkeit	65,9	[MN/m]



mit

R _{b,k} (s)	setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlfußwiderstand
R _{s,k} (s)	setzungsabhängiger charakteristischer Pfahlmantelwiderstand
q _{b,k}	charakteristischer Pfahlspitzenwiderstand
q _{s,k}	charakteristischer Pfahlmantelwiderstand
s _{sg}	Grenzsetzung für setzungsabhängigen charakteristischen Pfahlmantelwiderstand
s _g	s _g = s _{ult} ; Pfahlgrenzsetzung