

ICP – Am Tränkwald 27 – 67688 Rodenbach
Verbandsgemeindeverwaltung Wöllstein
Fachbereich II – Bauabteilung
z.Hd. Hr. Marius Kapp
St. Florianweg 8

55599 Gau-Bickelheim



Geschäftsführer
Frank Neumann
Diplom-Geologe
(Ingénieur-Conseil
OAI Luxembourg)

Amtsgericht
Kaiserslautern
HRB 2687

USt-Id-Nr. DE 152749803
USt-Id-Nr. LU 18399128

Geotechnischer Bericht

Projekt-Nr.: B20175
Projekt: OG Gumbsheim
B-Plan „Südl. d. Wöllsteiner Straße“
Betreff: Baugrunderkundung mit geotechnischem Bericht
Bearbeiter: Daniel Müller / mm
Datum: 17.11.2020
Verteiler: vorab per e-mail an m.kapp@vg-woellstein.org

ICP, Zentrale

Am Tränkwald 27 - 67688 Rodenbach
Telefon 06374-80507-0 - Telefax 06374-80507-7
e-mail info@icp-geologen.de

www.icp-geologen.de

ICP, Büro Eifel

Johannes-Kepler-Straße 7 - 54634 Bitburg
Telefon 06561-18824 - Telefax 06561-942558
e-mail bitburg@icp-geologen.de

Kreissparkasse Kaiserslautern
Volksbank Kaiserslautern-Nordwestpfalz eG

IBAN DE89 5405 0220 0000 971531
IBAN DE60 5409 0000 0001 555600

BIC MALA DE 51 KLK
BIC GENO DE 61 KL1

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	3
1 Vorgang und Leistungsumfang.....	5
2 Aufschlussergebnisse und Kenngrößen	8
2.1 Untergrund	8
3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung.....	12
3.1 Allgemein	12
3.2 Allgemeines zur Gründung von Gebäuden	15
3.3 Leitungsgräben.....	21
4 Erdbautechnische Hinweise	22
4.1 Baugruben und Gräben, Wasserhaltung.....	22
4.2 Wiedereinbaubarkeit von Aushubböden	24
4.3 Grabenverfüllung.....	27
4.4 Rohr- und Schachtgründung.....	29
4.5 Anordnung von Sperrriegeln.....	30
5 Gebäudeabdichtung	30
6 Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung	31
6.1 Aushub.....	32
7 Versickerungseignung der anstehenden Böden	34
7.1 Allgemeines.....	34
7.2 Ermittlung des k_f -Wertes im Feld.....	35
7.3 Ermittlung des k_f -Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 18123	36
7.4 Interpretation der Ergebnisse	37
8 Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen.....	37
8.1 Erdplanum.....	38
8.2 Straßenoberbau	41
8.2.1 Oberbau in Verbindung mit Bodenaustausch und Geogitter.....	42
8.2.2 Oberbau in Verbindung mit Unterbau durch Bodenaustausch.....	43
8.2.3 Oberbau in Verbindung mit qualifizierter Bodenverbesserung.....	43
8.3 Gehwege.....	44
8.3.1 Bauweise für Rad- und Gehwege gem. Tafel 6, RStO 12, Oberbau in Bauweise mit Pflasterdecke.....	44
9 Qualitätssicherung.....	45
10 Schlussbemerkung	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht Baugrundaufschlüsse	8
Tabelle 2:	Charakteristische Kenngrößen und Parameter	9
Tabelle 3:	Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche	10
Tabelle 4:	Gemessene Wasserspiegelhöhen	10
Tabelle 5:	Glühverlust	13
Tabelle 6:	Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig ausreichender Festigkeit	16
Tabelle 7:	Orientierende Berechnungsergebnisse für lotrecht mittig belastete Streifenfundamente, Einbindetiefe $t= 0,80$ m; Annahme: Gründungssohle in bindigen, steifen Böden.....	17
Tabelle 8:	Ergebnisse des Proctorversuchs	25
Tabelle 9:	Einbauklassen nach LAGA	31
Tabelle 10:	Untersuchungsergebnisse und orientierende Einstufung Boden, Analytik nach LAGA.....	32
Tabelle 11:	Ergebnisse der k_r -Wert-Bestimmung durch Auffüllversuch.....	35
Tabelle 12:	Gültigkeitsgrenzen.....	36
Tabelle 13:	Ergebnis der k_r -Wert-Bestimmung anhand der Korngrößenverteilung.....	36

Anlagenverzeichnis

1	Schichtenverzeichnisse nach DIN	9 Seiten
2	Bohrprofile nach DIN 4023 und Rammdiagramme in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2	
2.1	Schnitt RB 1 / DPH 1 – VS 1 – RB 2 / DPH 2 Höhenmaßstab 1:50 (bei Ausdruck 297 mm x 594 mm)	1 Seite
2.2	Schnitt HS 1 – RB 4 – RB 3 / DPH 3 Höhenmaßstab 1:50 (bei Ausdruck 297 mm x 594 mm)	1 Seite
3	Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4 mittels kombinierter Sieb-/ Schlämmanalyse	2 Seiten
4	Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12	1 Seite
5	Bestimmung des Glühverlusts nach DIN 18128 - GL	1 Seite
6	Proctorversuch nach DIN 18127	1 Seite
7	Versickerungsversuch / Auffüllversuch im verrohrten Bohrloch Nach USBR Earth Manual (Open-End-Test)	1 Seite
8	Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und 4019	1 Seite
9	Analysebericht Prüfbericht Nr. 4949413 Der SGS Institut Fresenius GmbH vom 09.09.2020, Untersuchungsumfang LAGA Boden 2004 Tab.II.1.2-4/1.2-5	5 Seiten
10	Plan Übersichtslageplan, Maßstab 1:1000 (bei Ausdruck DIN A3)	1 Seite

1 Vorgang und Leistungsumfang

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP), Am Tränkwald 27, 67688 Rodenbach wurde von der Verbandsgemeindeverwaltung Wöllstein, St. Floriansweg 8, 55599 Gau-Bickelheim mit der Erkundung des Baugrundes sowie der Erstellung eines geotechnischen Berichts für das o. g. Bauvorhaben beauftragt.

Die Ortsgemeinde Gumbsheim plant die Erschließung des Neubaugebietes „Südlich der Wöllsteiner Straße“.



Bild 1: Luftbild Projektgebiet, Google Maps-Auszug

Das Erschließungsgebiet befindet sich am südöstlichen Rand der Ortsgemeinde Gumbsheim.

Für die Durchführung der geotechnischen Untersuchungen sowie zur Ausarbeitung des Berichts standen folgende Entwurfsunterlage auftraggeberseitig zur Verfügung:

- [1] Plan, B-Plan „Südl. d. Wöllsteiner Straße“, Auszug aus den Geobasisinformationen, Maßstab ca. 1:1200 (bei Ausdruck DIN A4), Stand Nov. 2019, aufgestellt VGW Wöllstein, pdf-Datei

Es wird darauf hingewiesen, dass sich der Umfang der durchgeführten Untersuchungen auftragsgemäß im Wesentlichen auf die Erschließung des Baugebietes (Straßenbau und Kanalbau) beschränkte. Die Angaben zur Gebäudegründung haben lediglich orientierenden Charakter und sollen zu einer Ersteinschätzung der Baugrundsituation dienen.

Detailangaben bezüglich der Wohnbebauung (Grundstücksgrößen, Gebäudeabmessungen, Gründungstiefen, Bauwerkslasten, etc.) liegen im derzeitigen Projektstadium nicht vor, so dass zu Gründungsfragen bzw. zur baugelologischen und hydrogelologischen Beurteilung nachfolgend nur in allgemeiner Form Stellung genommen werden kann.

In diesem Zusammenhang wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die beauftragten punktuellen Erkundungsarbeiten lediglich eine Voruntersuchung im Sinne der DIN 4020 darstellen. Sie können keinesfalls weitergehende, im Zuge der Bebauung der Einzelgrundstücke objektspezifisch erforderlich werdende Hauptuntersuchungen und Standsicherheitsberechnungen als Grundlage für den Entwurf der Bauwerksgründungen ersetzen.

Die im vorliegenden Bericht getroffenen Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die punktuellen Aufschlussergebnisse und Geländehöhen zum Zeitpunkt der Untersuchung.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am 03.09.2020 im Projektgebiet insgesamt **-4-** Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 4 mit durchgehendem Gewinn gekerter Bodenproben nach DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft.

Die Bohrungen RB 1 bis RB 3 wurden planmäßig in der Zieltiefe von 4,00 m unter Ansatzpunkt (m uAP) beendet. Die Bohrung RB 4 endete in der Tiefe von 3,20 m unter Ansatzpunkt (uAP), da kein weiterer Bohrfortschritt zu erzielen war.

Zusätzlich wurde **-1-** Handschurf HS 1 bis in die Tiefe von 0,80 m uAP angelegt.

Weiterhin kamen zur Beurteilung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der im Bereich des Baufeldes anstehenden Lockergesteinsböden **-3-** schwere Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 3 nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung. Die Sondierung DPH 1 wurden in Tiefen von ca. 5,80 m uGOK (unter Geländeoberkante) bis 6,90 m uGOK beendet, sie waren nicht ausgerammt.

Zudem wurde **-1-** Versickerungsversuch / Auffüllversuch VS 1 im verrohrten Bohrloch nach USBR Earth Manual (Open-End-Test) durchgeführt. Hierzu wurde am Versuchspunkt VS 1 eine Kleinrammbohrung bis in die Tiefe von 1,00 m uAP abgeteuft. Das Versuchsprotokoll ist als Anlage 7 beigelegt.

Die Aufschlussergebnisse wurden in Schichtenverzeichnissen und Bohrprofilen nach DIN 4022 und DIN 4023 sowie in Messwertdiagrammen für Rammsondierungen in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2 dargestellt (Anlagen 1 und 2).

Sämtliche Aufschlusspunkte wurden nach ihrer Lage und Höhe mittels GNSS-Vermessung eingemessen. Die Lage der Aufschlüsse geht aus dem Übersichtslageplan in Anlage 10 hervor.

Zur Bodenklassifikation nach DIN 18196 wurden im bodenmechanischen Labor an **-2-** charakteristischen Bodenproben die Körnungslinien durch kombinierte Sieb-/Schlämmanalysen gemäß DIN EN ISO 17992-4 bestimmt (Anlage 3).

Zusätzlich wurden zur Bodenklassifikation nach DIN 18196 im bodenmechanischen Labor an **-1-** charakteristischen Bodenprobe die Zustandsgrenzen nach ATTERBERG gemäß DIN EN ISO 17892-12 bestimmt (Anlage 4).

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an **-1-** charakteristischen Bodenprobe der Glühverlust nach DIN 18128-GL bestimmt (Anlage 5).

Zur Beurteilung der Verdichtbarkeit der im Zuge der Erdarbeiten zu lösenden Böden in Abhängigkeit ihres Wassergehaltes wurde **-1-** Proctorversuch nach DIN 18127 an einer Mischprobeprobe „B20175 / HS1_ MP 1“ der im Zuge der Baugrunderkundung an dem eigens zur Probengewinnung angelegten Handschurf HS 1 aufgeschlossenen Erdstoffe durchgeführt (Anlage 6).

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des bei der Baumaßnahme potentiell anfallenden Aushubs wurde **-1-** Mischprobe des aufgeschlossenen Erdreichs zur orientierenden abfallrechtlichen Voruntersuchung nach LAGA¹ (2004) Tab.II.1.2-4 (Feststoff) der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein übergeben. Der Prüfbericht Nr. 4949413 vom 09.09.2020 ist als Anlage 9 beigefügt.

Für die erkundeten Bodenschichten wurden die charakteristischen Bodenkenngrößen nach DIN 1055, die Bodengruppen nach DIN 18196, die Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09 sowie die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 ermittelt. Weiterhin wurden Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 gebildet.

Der vorliegende geotechnische Bericht fasst die Ergebnisse der voran genannten Untersuchungen zusammen und gibt Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung.

2 Aufschlussergebnisse und Kenngrößen

Die Ansatzhöhen und Endteufen der niedergebrachten Aufschlüsse gehen aus nachfolgender Tabelle 1 hervor. Die Lage der Aufschlusspunkte ist dem beigefügten Lageplan zu entnehmen (Anlage 10).

Tabelle 1: Übersicht Baugrundaufschlüsse

Höhen- und Koordinatenangaben						
Projekt:	OG Gumbenheim B-Plan „Südl. d. Wöllsteiner Straße“					
Datum:	03.09.2020					
Beobachter:	Schnell					
Koordinatensystem:	UTM (WGS 84) - Koordinatensystem					
Aufschluss	UTM – Koordinaten (Zone 32 U)		Ansatz- punkt (AP) [m ü NN]	Endteufe		Wasser [m u AP]
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]		[m u AP]	[m ü NN]	
RB 1	426540,703	5518252,654	135,795	4,0	131,795	--
DPH 1				5,80	129,995	--
RB 2	426664,385	5518228,128	135,278	4,00	131,278	--
DPH 2				6,40	128,878	--
RB 3	426619,487	5518187,662	136,286	4,00	132,286	--
DPH 3				6,90	129,386	5,00
RB 4	426571,861	5518198,996	136,469	3,20	133,269	--
VS 1	426608,649	5518242,379	135,557	1,00	134,557	--
HS 1	426515,434	5518245,061	136,694	0,80	135,894	--

2.1 Untergrund

Basierend auf den Ergebnissen der durchgeführten Aufschlussarbeiten lässt sich hinsichtlich der Baugrundsichtung unterhalb der aufgeschlossenen Oberbodenschichten das nachfolgende Grundsatzprofil ableiten:

SG II: bindige Böden

Schluff, ± tonig, ± sandig, ± kiesig, ± kalkhaltig

Ton, schluffig, ± sandig,

Sand, schluffig, schwach kiesig

Farbe: braun, hellbraun, dunkelbraun, beigebraun, beige, grau, olivgrau, hellgrau

Konsistenz: weich bis halbfest-fest

Bodengruppe: TL, TM, TL-TM, UL, SU* nach DIN 18196

Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten kann von den in Tabelle 3 angegebenen Bodenkennwerten (Rechenwerte) und den dort tabellarisch nach DIN 18196, ATV-A127, DIN 18300:2012-09 dokumentierten Bodengruppen/-klassen ausgegangen werden. Die Festlegung der Frostschutzklassen erfolgte auf der Grundlage der ZTV E-StB 17-Klassifizierung.

Die charakteristischen Kenngrößen und Parameter der aufgeschlossenen Schichtglieder sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Charakteristische Kenngrößen und Parameter

	SG I Bindige Böden
Bodengruppe (DIN 18196)	TL, TM, GU*
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)	4 ⁺⁾
Homogenbereich ¹⁾ (DIN 18300:2019-09)	B1 (B-01)
Bodengruppe (ATV-DVWK-A 127)	SU*, UL: G3 TL, TM: G4
Verdichtbarkeitsklasse (DWA-A 139)	SU*: V2 TL, TM, UL V3
Konsistenz Lagerungsdichte	weich bis halbfest-fest --
Plastizität	gering plastisch bis mittelplastisch
Wichte (DIN 1055) cal γ [kN/m ³] cal γ' [kN/m ³]	19,0 – 21,0 9,0 - 11,0
Reibungswinkel cal ϕ' [Grad] (DIN 1055)	SU*, TL, UL: 27,5 TM: 22,5
Kohäsion (DIN 1055) cal c_u [kN/m ²] cal c' [kN/m ²]	0 - 60 0 - 10
Steifemodul cal E_s [MN/m ²]	5 – 50
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F3
Durchlässigkeitsbeiwert cal k_r [m/s] (Literaturangaben)	SU*, TL, UL: $10^{-6} - 10^{-9}$ TM: $10^{-9} - 10^{-11}$
Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] nach DIN 1054:2010-12	GU*, UL: 250 ²⁾ TL, TM: 200 ¹⁾
Massenanteil (M.-%) Steine Blöcke große Blöcke	0 – 30 0 0
Zuordnungsklasse nach LAGA (siehe Kapitel 6)	B1: Z0

⁺⁾ Fein- und gemischtkörnige Böden verändern ihre Konsistenz bereits bei geringer Veränderung des Wassergehaltes. Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr und dynamische Belastung lässt sie in die Bodenklasse 2 nach DIN 18300:2012-09 nach DIN 18300:2016-09 übergehen.

- *) Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgte nicht nur entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen, sondern aufgrund der ausgeführten LAGA-Analytik auch in Bezug auf die umweltrelevanten Inhaltsstoffe, siehe Kapitel 6. Die für Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 2 nach DIN 4020 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite (sofern eine Ermittlung der Bandbreite möglich war) sind in obiger Tabelle enthalten.
Für die Einteilung der Böden in Homogenbereiche wurden die Empfehlungen aus „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau – ZTV E-StB 17“ herangezogen.
- 1) Dieser Wert gilt nur für Streifenfundamente mit b bzw. $b' = 0,5$ bis $2,0$ m und kleinster Fundamenteinbindetiefe von $1,0$ m bei Einhaltung sämtlicher Anwendungsvoraussetzungen der DIN 1054:2010-12, die vor Anwendung der Tabellenwerte zu prüfen sind. Insbesondere wird auf die erforderliche ausreichende Festigkeit des Baugrunds nochmals hingewiesen. Der angegebene Tabellenwert gilt für eine mindestens steife Konsistenz. Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A. 6.7. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden.
Die Anwendung der Werte der Tabelle A 6.7 kann zu Setzungen in einer Größenordnung von 2 cm bis 4 cm führen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.
- 2) Dieser Wert gilt nur für Streifenfundamente mit b bzw. $b' = 0,5$ bis $2,0$ m und kleinster Fundamenteinbindetiefe von $1,0$ m bei Einhaltung sämtlicher Anwendungsvoraussetzungen der DIN 1054:2010-12, die vor Anwendung der Tabellenwerte zu prüfen sind. Insbesondere wird auf die erforderliche ausreichende Festigkeit des Baugrunds nochmals hingewiesen. Der angegebene Tabellenwert gilt für eine mindestens steife Konsistenz. Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A6.5 und A 6.6. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden. Die Anwendung der Werte der Tabellen A 6.5 und A 6.6 kann zu Setzungen in einer Größenordnung von 2 cm bis 4 cm führen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.

Tabelle 3: Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche

Homogenbereich	Kennwerte	Zuordnungs-klasse nach LAGA
O	Oberboden	--
B1	Böden der Bodengruppen TL, TM, UL, SU* in weicher bis halbfester Konsistenz, gering plastisch bis mittelpastisch, Steinanteil 0-30 % Analytik: ohne Analytik	Z0
(B0-1)	Böden der Homogenbereiche B1 und B2 nach aufweichen (in flüssiger bis breiiger Konsistenz)	--

Bei den in nachfolgend aufgeführter Tabelle 4 angegebenen Aufschlüssen konnte zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (03.09.2020) Grund-, Schicht- oder Stauwasser nachgewiesen werden. Die gemessenen Wasserspiegellhöhen in m uAP (GOK) und m üNN sind ebenfalls der Tabelle 5 zu entnehmen:

Tabelle 4: Gemessene Wasserspiegellhöhen

Aufschluss	Datum	Gemessene Wasserspiegellhöhe nach Bohrende	
		[m uAP]	[m üNN]
DPH 3	03.09.2020	5,00	131,29

Bei den übrigen Aufschlüssen konnte auf Grund teils zugefallener Bohr- bzw. Sondierlöcher kein Wasser nachgewiesen werden.

Generell ist mit einer zeitweiligen, jahreszeitlichen Schwankungen unterliegenden Schichtwasserführung bzw. Grundwasserhöhe zu rechnen.

Des Weiteren ist zu beachten, dass der Grundwasserspiegel Schwankungen unterliegt. Innerhalb eines Jahres ist in der Regel ein jahreszeitlicher Wechsel von hohen Grundwasserständen (Maximum meistens im Frühjahr) und niedrigen Grundwasserständen (Minimum meistens im Herbst) gegeben. Ursache ist die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Winterhalbjahr und die fehlende bzw. nur eine geringe Grundwasserneubildung im Sommerhalbjahr.

In mehreren Trockenjahren hintereinander kommt es in der Regel zu einem insgesamt über mehrere Jahre fallenden Trend, in mehreren Nassjahren hintereinander zu einem insgesamt über mehrere Jahre steigenden Trend der Grundwasserstände. Dabei wird dieser längerzeitige Trend vom jahreszeitlichen Wechsel der Grundwasserstände innerhalb eines Jahres überlagert.

In diesem Zusammenhang weisen wir ferner darauf hin, dass auch die zeitweilige Ausbildung lokaler Staunässehorizonte auf Schichtlagen oberhalb eines geschlossenen Grundwasserspiegels, insbesondere nach andauernden Niederschlagsperioden, im gesamten Baufeld nicht generell auszuschließen ist.

Bodengruppen nach ATV-A127

Im Bereich der Rohrgrabensohlen, der Bettungsschicht, der Seitenverfüllung und Abdeckung nach DIN EN 1610 stehen überwiegend schlecht verdichtbare bindige Bodenarten an. Diese bindigen Deckschichten sind nach ATV-A127 überwiegend den Bodengruppen G3 und G4 zuzuordnen und nur bedingt für den Wiedereinbau geeignet.

Bindige Böden der Bodengruppen G3 und G4 können bei zu hohem Wassergehalt durch ungünstige Witterungseinflüsse (Regen, Frost, Austrocknung) für den Einbau unbrauchbar werden. Sie sind vor entsprechenden Einflüssen zu schützen.

Durch die im bodenmechanischen Labor an den charakteristischen Bodenproben ausgeführten Laborversuche wurden die Kenngrößen nach Tabelle 2 verifiziert.

3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

3.1 Allgemein

Bezüglich der Erdbebeneinwirkung gehört das Untersuchungsgebiet gemäß DIN 4149 (Fassung April 2005) zur Erdbebenzone 0 und zu der Untergrundklasse S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung).

Konstruktiv ist beim Bauen in erdbebengefährdeten Gebieten der Zusammenhalt des Bauwerks bzw. der jeweils dynamisch unabhängigen Teile eines Bauwerks im Gründungsbereich sicherzustellen.

Dies gilt als gewährleistet, wenn alle Gründungselemente (Fundamente) in einer Ebene angeordnet und durch eine mit den Fundamenten verbundene Sohlplatte verbunden sind. Ist keine Sohlplatte vorhanden oder durch Fugen von den Fundamenten abgetrennt, werden zur Kopplung Zerrbalken vorgeschlagen, die für alle Lastrichtungen zug- und druckfest mit den Fundamenten zu verbinden sind.

Der im Untersuchungsgebiet aufgeschlossene Untergrund setzt sich im Wesentlichen aus natürlich anstehenden Lockergesteinsböden des Schichtgliedes SG I zusammen.

Im Zuge der Erdarbeiten sind nach den vorliegenden Aufschlussergebnissen überwiegend Böden der Bodenklasse 4 nach DIN 18300:2012-09 zu bearbeiten. Die Böden der Bodenklasse 4 nach DIN 18300:2012-09 sind allgemein als stark wasserempfindlich zu beurteilen. Feinkörnige Böden und gemischtkörnige Böden mit erhöhtem Feinkornanteil gehen bei Durchfeuchtung schnell in die Bodenklasse 2 über.

Den bindigen Böden des Schichtgliedes SG I sind die Bodengruppen TL, TM, UL und SU* nach DIN 18196 zuzuordnen, welche gemäß Bodenansprache in weicher bis halbfest-fester Konsistenz aufgeschlossen wurden.

Die aufgeschlossenen feinkörnigen Böden und gemischtkörnigen Böden mit höherem Feinkornanteil des Schichtgliedes SG I sind in Anhängigkeit ihres Feinkornanteils als stark wasserempfindlich einzustufen, d. h., Schichten mit erhöhtem Feinkornanteil (Bodengruppen TL, TM, UL und SU*) weichen bei Wasserzutritten bzw. Durchfeuchtung rasch auf und verlieren so ihre in ungestörtem Zustand ab mindestens steifer Konsistenz befriedigenden bodenmechanischen Eigenschaften.

Ab mindestens steifer Konsistenz stellen bindige Böden allgemein einen mäßig tragfähigen, zu Setzungen neigenden Baugrund dar, für Straßenbaumaßnahmen hingegen stellen sie erfahrungsgemäß erst ab mindestens halbfester Konsistenz einen gut tragfähigen Untergrund/Unterbau dar. Aufgeweichte bindige Böden sind aufgrund ihrer ausgeprägten Setzungswilligkeit hingegen kaum belastbar und als ungeeignet für bautechnische Zwecke zu beurteilen.

Zur Vermeidung von geologisch bedingtem Mehraushub ist auszuhebendes Festgestein grundsätzlich schonend zu lösen, da sonst die Gefahr besteht, dass über die planmäßigen Aushubgrenzen reichende Felsplatten/-blöcke gelockert bzw. gelöst werden. Besondere Vorsicht ist aus diesem Grund insbesondere beim Aushub von Fels im Einflussbereich angrenzender Bauwerke und Verkehrsflächen geboten!

Organische Bestandteile bedingen eine ungünstige Beeinflussung der bodenphysikalischen Eigenschaften durch Volumenverlust infolge Verrottung, verringerte Verdichtbarkeit und Wasserdurchlässigkeit sowie Zunahme der Kompressibilität infolge von erhöhtem Porenanteil mit entsprechend verringerter Tragfähigkeit.

Die Einflussnahme organischer Bestandteile wirkt sich bei nichtbindigen Böden erfahrungsgemäß ab einem Glühverlust von 3 M.-% maßgeblich aus (vgl. DIN 1054). Vor diesem Hintergrund wurde an zwei Bodenproben im bodenmechanischen Labor der Glühverlust nach DIN 18128-GL bestimmt (Anlage 5). Der Glühverlust entspricht dem Masseverlust des bei 105°C getrockneten Bodens bei einer Glühtemperatur von 550°C. Das Ergebnis stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 5: Glühverlust

Probe	Tiefe [m unter GOK]	Bodenart	Glühverlust [Masse-%]
RB 2 / P2	0,50 – 1,00	Schluff, feinsandig (UL)	2,36

Die untersuchte Bodenprobe unterschreitet den in DIN 1054 angegebenen Grenzwert des Glühverlusts von 5 M.-% für bindige Böden.

Es wird empfohlen, im Gründungsbereich von Bauwerken ein besonderes Augenmerk auf etwaige organische Bestandteile zu haben und im Zweifelsfall den Glühverlust bestimmen zu lassen.

Die im Projektgebiet aufgeschlossenen Böden sind zum Teil als kalkhaltig zu beurteilen (Löß, Lößlehm).

Wichtiger Hinweis

Die Gründungssohlen von unterkellerten Gebäuden und damit auch die umlaufende Ringdränage können gegebenenfalls in mäßig bis stark kalkhaltigen Böden zu liegen kommen. Das im verfüllten Arbeitsraum versickernde, erfahrungsgemäß saure Niederschlagswasser (pH-Wert ≤ 7) kommt daher mit den kalkhaltigen Erdstoffen unmittelbar in Kontakt und kann den freien Kalkanteil im Laufe der Zeit herauslösen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass unter Umständen im angrenzenden Gründungsrandbereich das stützende Korngerüst aufgelöst bzw. zumindest stark geschwächt wird.

Als Gegenmaßnahme ist das Herstellen einer Abdichtung im Sohlbereich des Arbeitsraums, d. h. unter der umlaufenden Drainage, mittels einer 5 bis 10 cm dünnen Magerbetonschicht zu empfehlen (s. Abb. 1).

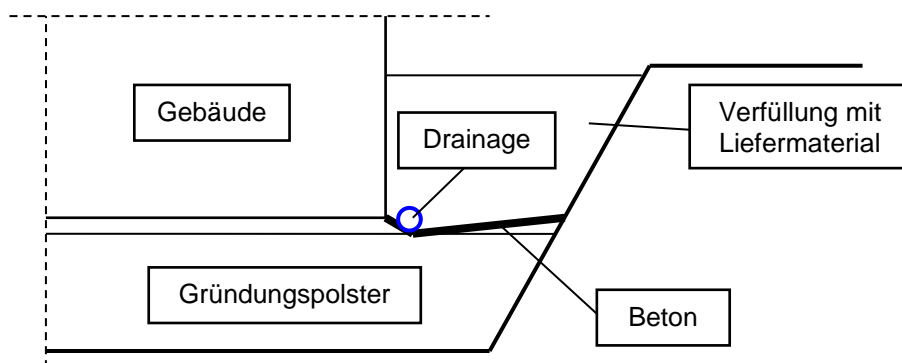


Abb. 1: Systemschnitt

Bindige Böden von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz sind aufgrund ihrer ausgeprägten Setzungswilligkeit hingegen nicht bzw. kaum belastbar und als ungeeignet bzw. wenig geeignet für Gründungszwecke zu beurteilen.

In Teilbereiche wurden im Projektgebiet Lößböden aufgeschlossen. Bedingt durch seine Entstehung (Staubablagerung) besitzt Löß eine poröse Struktur und ist durch seine Gleichkörnigkeit nur bedingt verdichtbar. In der Regel ist Löß zwar gut standfest, aber in Zusammenhang mit Durchfeuchtung/Austrocknung empfindlich gegen ober- und unterirdische Erosion. Hohe Belastungen und Durchfeuchtungen können zum Zusammenbruch des kalkverkitteten Lößkorngerüsts führen. Dadurch kann es zu plötzlichen, bauwerksschädlichen Sackungen kommen.

Löß bildet damit ebenso wie der durch physikalisch-chemische Verwitterungsprozesse aus ihm entstehende Lößlehm einen nur bedingt tragfähigen Untergrund. Aus diesem Grund wird empfohlen, die in obiger Tabelle 2 angegebenen Werte (Bemessungswert des Sohlwiderstands nach DIN 1054:2010-12) nicht voll auszunutzen. Gründungssohlen im Löß/Lößlehm sind aufgrund dessen starker Wasserempfindlichkeit sofort nach Freilegung mit einer Magerbetonschutzschicht (Stärke 5 cm - 10 cm) oder durch sofortiges Einbringen des Fundamentbetons gegen Aufweichen zu schützen.

Ferner sollten Arbeitsraumverfüllungen von Bauwerken zur Geländeoberkante hin mit einer ca. 0,5 m starken Abdichtungsschicht aus stark bindigem Material (z.B. Ton) versiegelt werden, um dem konzentrierten Eintritt von Oberflächenwässern in den Gründungsbereich entgegenzuwirken.

In diesem Zusammenhang sei allgemein auf die Gefahr der Lößsubrosion hingewiesen (vgl. PRINZ, H. 1969, KARREBERG, H. & H.W. QUITZOW 1956). Sie ist bevorzugt an eine lineare Wasserbewegung gebunden. Tritt durch unkontrollierte Wasserzutritte (undichte Leitungen, Kanäle oder Versickerungsanlagen) eine bevorzugt lineare Wasserbewegung auf, und wird damit die Fließgeschwindigkeit so groß, dass die Schleppkraft ausreicht, um das vorwiegend mittel- bis grobschluffige Material mitzunehmen und in Schwebelage zu halten, werden im Löß leicht Hohlräume ausgespült. Das weggeführte Lößmaterial wird meist in besser wasserwegsamem Untergrund eingespült.

Unabhängig davon sollte generell auf einen konzentrierten, punktuellen Eintrag von Wasser in den Baugrund in Form von Versickerungsmulden oder -becken wegen der damit einhergehenden potentiellen Verringerung der Stabilität verzichtet werden (Gefahr der Schwächung des Korngerüsts der kalkhaltigen Böden durch langfristige Lösung des freien Kalkanteils)!

3.2 Allgemeines zur Gründung von Gebäuden

Bei sämtlichen Gründungselementen ist zur Gewährleistung der Frostsicherheit eine Mindesteindeptiefe von 80 cm zu gewährleisten. Generell ist auf ein einheitliches, ggf. zu homogenisierendes Gründungssubstrat zu achten.

Für typische Gründungsarten, häufig vorkommende Bodenarten und Fundamentabmessungen – sogenannte Regelfälle – enthält DIN 1054:2010 Tabellenwerte für Bemessungswerte des Sohlwiderstands (Tabellen A 6.1 – A 6.8).

Die aufgeführten Werte gehen zurück auf Grundbruch- und Setzungsberechnungen, so dass für Regelfälle auf die Nachweise für die Grenzzustände Grundbruch (GEO-2), Gleiten (GEO-2) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS) verzichtet werden kann. Da das Regelfallverfahren ein vereinfachter Nachweis ist, muss vor jeder Bemessung sorgfältig geprüft werden, ob die in der DIN 1054:2010 angeführten Anwendungsgrenzen eingehalten sind. Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, oder werden die Bemessungswerte des Sohlwiderstands überschritten, sind die o.g. Nachweise alle zu führen.

Als eine wesentliche Anwendungsvoraussetzung der Tabellenwerte gilt eine ausreichende Festigkeit des Baugrunds in einer Tiefe unter der Gründungssohle, die der zweifachen Fundamentbreite, mindestens aber 2,0 m entspricht. Bei nichtbindigen Böden wird dies durch die in Tabelle A 6.3 von DIN 1054 angegebenen Werte für die Lagerungsdichte, den Verdichtungsgrad und den Spitzenwiderstand der Drucksonde nachgewiesen. Bei bindigen Böden muss eine mindestens steife Konsistenz bzw. eine einaxiale Druckfestigkeit von mindestens 120 kN/m² ermittelt worden sein.

Die auf der Grundlage der Tabelle A 6.1 für nichtbindige Böden bemessenen Fundamente können sich bei Fundamentbreiten bis 1,50 m um etwa 2 cm, bei breiteren Fundamenten ungefähr proportional zur Fundamentbreite stärker setzen. Die Anwendung der Werte der Tabellen A 6.5 bis A 6.8 für bindigen Boden kann zu Setzungen in einer Größenordnung von 2 cm bis 4 cm führen.

Liegt ein Regelfall nicht vor, oder sollen die in DIN 1054:2010 angegebenen Werte überschritten werden, so ist der Nachweis zu führen, dass die zu erwartenden Setzungen für das Gebäude unschädlich sind und die Grundbruchsicherheit gewährleistet ist.

Als Hilfskriterium zur Beurteilung einer durchgängig ausreichenden Festigkeit des Baugrunds wurde der Sondierwiderstand N_{10} (Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe) mit der schweren Rammsonde bestimmt. Hierbei ist bodenspezifisch in Anlehnung an PLACZEK (1985) erfahrungsgemäß folgende Mindestanforderung an die Schlagzahlen zu stellen:

Schwere Rammsonde: steife Konsistenz: Schlagzahlen $N_{10} \geq 5 \pm 1$
mitteldichte Lagerung Schlagzahlen $N_{10} \geq 4 \pm 1$

Eine Auswertung nach PLACZEK würde die Konsistenz für die ermittelten Bodenschichten hier jedoch verfälschen. Die Konsistenz nach PLACZEK entspricht nach den ausgeführten Kleinrammbohrungen nicht den Tatsachen, d.h., hier wird eine ungünstigere Konsistenz vorgetäuscht als sie tatsächlich vorhanden ist. Ein direkter Vergleich zwischen Schlagzahlen und tatsächlicher Konsistenz ist somit nicht möglich, bzw. führt zur Fehlinterpretation.

Diese Differenz kann unter anderem auf eine sehr geringe Mantelreibung der Sondiergestänge in den hier aufgeschlossenen bindigen Böden zurückgeführt werden.

Aufgrund dieser Tatsache wurde durch Korrelation mit den ausgeführten Kleinrammbohrungen zur weiteren Beurteilung eine Schlagzahl $N_{10} \geq 3$ für eine mindestens steife Konsistenz zu Grunde gelegt.

Bodengruppen UL, TL, TM: steife Konsistenz: Schlagzahlen $N_{10} \geq 3 \pm 1$

Nach Auswertung der Ergebnisse der niedergebrachten Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 3) ergeben sich die in nachfolgender Tabelle 6 dargestellten Sachverhalte hinsichtlich der Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung (bis zur Endteufe der ausgeführten Sondierungen).

Tabelle 6: Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig ausreichender Festigkeit

Schwere Rammsondierung (DPH)	Baugrund mit durchgängig ausreichender Festigkeit [m unter Ansatzpunkt]	Baugrund mit durchgängig ausreichender Festigkeit [m ü NN]
DPH 1	ca. 3,00	132,80
DPH 2	ca. 4,20	131,08
DPH 3	ca. 3,00	133,29

Eine Gründung von Gebäuden ist jedoch selbstverständlich auch in Böden möglich, die nicht den Vorgaben der DIN 1054 entsprechen. Allerdings sind bei einer Gründung in Erdstoffen von weicher bis weich-steifer Konsistenz bzw. lockerer Lagerung die Bauwerksverträglichkeit der zu erwartenden Setzungen und die Sicherheit gegen Grundbruch gesondert nachzuweisen.

Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse sind Gebäudegründungen sowohl mittels Streifenfundamenten als auch Gründungen mittels elastisch gebetteter, tragender Stahlbetonbodenplatten auf entsprechend ausreichend dimensionierten Gründungspolstern (Bodenaustausch) aus gut verdichtbaren, nicht bindigen Erdstoffen möglich.

Gründung mittels Streifenfundamenten:

Sollten bei Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten in Höhe der Fundamentsohlen Böden von nicht ausreichender Tragfähigkeit anstehen (bindige Böden von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz oder nichtbindige Böden von lockerer Lagerungsdichte), sind die Fundamente bis zum Erreichen der Böden von mindestens ausreichender Tragfähigkeit (Böden mit mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung) tieferzuführen, oder unterhalb der Fundamente ist ein Gründungspolster einzubauen.

Für die Gründung mittels Streifenfundamenten wurden orientierend Grundbruch- und Setzungsberechnungen für nicht unterkellerte Gebäude durchgeführt.

Betrachtet werden Streifenfundamente mit einer Länge von 10 m und Breiten im Bereich zwischen 0,4 und 1,0 m. Sie werden lotrecht mittig belastet. Horizontalkräfte und Momente bleiben unberücksichtigt. Die Fundamenteinbindetiefe wird mit $t= 0,80$ m angenommen. Das als Berechnungsgrundlage dienende Baugrundmodell ergibt sich unter der Annahme, dass die Fundamentsohlen in Baugrund von mindestens steifer Konsistenz gründen.

Die durchgeführten Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und 4019 dienen zur Abschätzung der aufnehmbaren Streifenlast bei Streifenfundamenten in Abhängigkeit von den Fundamentabmessungen unter Berücksichtigung des Setzungsverhaltens.

In Tabelle 7 sind aus den Berechnungen ausgewählte Fundamente exemplarisch aufgeführt. Für andere Fundamentabmessungen können die zu erwartenden Setzungen in Abhängigkeit von der Sohlspannung (bzw. die aufnehmbare Sohlspannung in Abhängigkeit von den tolerierbaren Setzungen) anhand des orientierenden Fundamentdiagramms in Anlage 8 abgeschätzt werden.

Tabelle 7: Orientierende Berechnungsergebnisse für lotrecht mittig belastete Streifenfundamente, Einbindetiefe $t= 0,80$ m; Annahme: Gründungssohle in bindigen, steifen Böden

Fundamentbreite [m]	Aufnehmbare Bemessungslast ^{*)} $R_{n,d}$ ca. [kN/m]	Bemessungswert des Sohlwiderstands ca. [kN/m ²]	Rechnerische Setzung ca. [cm]
0,50	100	200 ⁺⁾	1,51
0,70	140	200 ⁺⁾	1,94

^{*)} in der Fundamentsohle

⁺⁾ angenommene Begrenzung

Ein Fundamentdiagramm ist als Anlage 8 beigelegt. Für andere Fundamentabmessungen und Belastungen können die zu erwartenden Setzungen dem Fundamentdiagramm entnommen werden.

Hinweis:

Die Fundamentberechnungen gelten nur für die angegebene Einbindetiefe. Sofern andere Einbindetiefen gewählt werden, sind prinzipiell Neuberechnungen erforderlich.

In Bereichen, in denen sich größere Einbindetiefen der Fundamente ergeben (Füllbetonhöhen), können die o. g. Werte auf der sicheren Seite liegend näherungsweise zur orientierenden Abschätzung der Bemessungswerte des Sohlwiderstands in Abhängigkeit von den Fundamentabmessungen bzw. der Fundamentbreite auch für diese Fundamente herangezogen werden, vorausgesetzt, sie gründen in entsprechenden Böden.

Gründung mittels tragender elastischer gebetteter Stahlbetonplatte:

Sollten bei Gründung mittels tragender Stahlbetonbodenplatte in Höhe der Gründungssohle Lockergesteinsböden von nicht ausreichender Tragfähigkeit anstehen, empfehlen wir unterhalb der Bodenplatte den Einbau eines Gründungspolsters aus gut verdichtbaren grob- bzw. gemischtkörnigen, gut kornabgestuften Erdstoffen der Bodengruppen SW, GW (z. B. Sandsteinbruch, Kies-Sand oder Hartsteinmaterial der Lieferkörnung 0/45, 0/56, 0/100 oder vergleichbares).

Die genaue Dimensionierung der erforderlichen Gründungspolster bei Plattengründung (abhängig nach Größe der auftretenden Lasten und der zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen) kann jedoch nur auf Grundlage ergänzender objektbezogener Baugrundaufschlüsse und detaillierter Setzungsberechnungen erfolgen.

Beim Einbau eines Gründungspolsters werden die oberflächennah kaum tragfähigen bindigen Böden zum Teil durch Fremdmaterial ausgetauscht. Dies führt zur Reduzierung der Absolutbeträge der Setzungen und zur Vergleichmäßigung der Differenzsetzungen. Das Gründungspolster ist lagenweise (**Schüttstärke maximal 30 cm**) herzustellen und zu verdichten. Dabei ist ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} \geq 98 \%$ zu gewährleisten. Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren und nachzuweisen (mittels Plattendruckversuch nach DIN 18134).

Bei Verwendung des o. g. Materials und lagenweise verdichtetem Einbau ist basierend auf Erfahrungswerten ein Steifemodul in der Größenordnung **$E_s = 35 \text{ MN/m}^2$** für den Polster-/Verfüllkörper ansetzbar. Bei einem in der Höhe gestaffelten Gründungspolster ist dieses abgetrept einzubauen.

Das Gründungspolster ist über den Fundamentrand bzw. Plattenrand hinaus im **Lastausbreitungswinkel** von **45°** herzustellen.

Die Austauschsohle ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) vom anschließend herzustellenden Bodenaustauschkörper zu trennen. Das anstehende Planum ist vor Einbau des Geotextils grundsätzlich nachzuverdichten.

Es sollte nur statisch wirkendes Verdichtungsgerät eingesetzt werden, um die Tragfähigkeit des Untergrundes nicht zu verschlechtern.

Die Gründungssohlen bzw. die Austauschsohlen sind durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

Bei Wahl einer Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatte und Gründungspolster können basierend auf Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bauvorhaben bei ähnlicher Baugrundsichtung unter der Platte ansetzbare Bettungsmoduln von **etwa 2 – 5 MN/m³ für bindige Böden und 6 – 10 MN/m³ für nichtbindige Böden** abgeschätzt werden, die jedoch abhängig von den Belastungen der Platte und den zu erwartenden Setzungen sind. Bei genauer Berechnung ergeben sich die ansetzbaren Bettungsmoduln aus der rechnerischen Sohlspannungsverteilung nach der Beziehung $k_s = \sigma/s$.

Hinweis

Die in der Literatur angegebenen Tabellenwerte der Bettungsmoduln (z. B. Schneider, Bautabellen für Ingenieure, 20. Auflage) basieren auf einer Bestimmung der Bettungsmoduln im Verkehrswegebau mittels Plattendruckversuch (762 mm Plattendurchmesser) und sind i. d. R. für die Bemessung von Fundamentplatten nicht zutreffend und durch Setzungsberechnungen mit realer Geometrie und Belastung zu ermitteln. Bettungsmoduln für Fundamentbemessungen dürfen ohnehin nur dann auf Grundlage der Ergebnisse von Plattendruckversuchen ermittelt werden, wenn der durch das Bauwerk beanspruchte Teil des Baugrunds nur von einer homogenen Schicht gebildet wird.

Bei Wahl dieser Gründungsmethode sind nach einer objektbezogenen Baugrunderkundung sowie bei entsprechender Planungsreife und nach Vorlage der tatsächlichen Wand- und Stützenlasten ergänzende Setzungsberechnungen zu beauftragen. Auf Grundlage dieser Berechnungen kann ein optimierter Gründungsvorschlag erarbeitet werden und die genau ansetzbaren Bettungsmoduln ermittelt werden.

Schlussbemerkungen zur Gebäudegründung

Bei jeder Art von Gründung sind die Gründungsaufstandsflächen vor dem Einbringen der kapillarbrechenden Schicht bzw. des Fundamentbetons nachzuverdichten. Aufgeweichte bzw. durchnässte Partien von breiig-weicher Konsistenz im Bereich der Gründungssohlen sind gegen gut verdichtbaren Kiessand oder vergleichbares Material (Magerbeton, Schotter) auszutauschen.

Zur Vermeidung einer Verschlechterung der bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes durch Witterungseinflüsse empfehlen wir das Einbringen einer Sauberkeitsschicht aus rolligem Material (z. B. Körnung 0/32) bzw. besser Magerbeton (Stärke ca. 5 cm).

Die dauerhafte Entwässerung des jeweiligen Arbeitsplanums ist während der gesamten Bauphase sicherzustellen.

Um das Aufweichen der Gründungssohle und ein Aufstauen von Niederschlagswasser innerhalb des Gebäudegrundrisses zu vermeiden, ist die Baugrube bei der Herstellung der Fundamente durch geeignete Mittel zu entwässern.

Da nur punktuelle Untergrundaufschlüsse erfolgten, können die erforderlichen Mächtigkeiten eines ggf. erforderlichen Gründungspolsters und der ggf. erforderlichen Füllbetonhöhen variieren. Die endgültigen Austauschmächtigkeiten und Füllbetonhöhen sind vom Gutachter im Rahmen der Aushubarbeiten hinsichtlich ihrer bodenmechanischen Eignung grundsätzlich mittels geeigneter Verfahren nochmals zu prüfen.

Für herzustellende Langzeitböschungen ohne zusätzliche Last

Sofern im Zuge der Baumaßnahme Langzeitböschungen entstehen oder angeschüttet werden, können in Abhängigkeit von der Bodenart und der Böschungshöhe hinsichtlich der Böschungseigung die nachfolgenden Anhaltswerte in Anlehnung an den FLOSS-Kommentar zur ZTVE-StB 17 zugrunde gelegt werden. Diese gelten nur für unbelastete Langzeitböschungen ohne Strömungsdruck.

Grobkörnige Böden:

Kiese, Sande: 1 : 1,5

Feinsande: 1 : 2,0

Gemischtkörnige Böden:

Schluffig-tonige Böden (GU): 1 : 1,5

Bindige, feinkörnige Böden (UL, TL, TM) und gemischtkörnige Böden (GU*, SU, SU*):

h < 3 m: 1 : 1,25

für 3 m < h < 10 m: 1 : 1,5

für 10 m < h < 15 m: 1 : 1,8 bis 2,0

Die Standsicherheit steilerer Böschungen, von Böschungen mit Strömungsdruck bzw. von belasteten Langzeitböschungen ist im Einzelfall gemäß DIN 4084 nachzuweisen. Ggf. sind die Böschungen durch geeignete Maßnahmen, z. B. Stützwände, Gabionen, usw. zu sichern, wobei diese Sicherungsmaßnahmen nachzuweisen sind.

Die Böschungen sind durch Ausrundung ihrer Übergangsbereiche gut in das Gelände einzupassen. Neben dem gestalterischen Element wirken ausgerundete Übergänge der Erosion und den Spreizspannungen im Böschungsbereich entgegen.

Zum Schutz vor Erosion durch Witterungseinflüsse sind Langzeitböschungen umgehend zu begrünen.

Der Abstand eines Gebäudes von der Böschungskante muss so groß sein, dass die Böschung keine Belastung durch das Gebäude erfährt. Bei einer Böschungshöhe von ca. 1,00 m wäre das je nach Böschungsmaterial ein Abstand von ca. 1,60 m bis ca. 2,40 m. Für größere Böschungshöhen sind die Abstände entsprechend zu vergrößern.

Sollten die Platzverhältnisse dafür nicht ausreichend sein, sind die Böschungen durch geeignete Maßnahmen, z. B. Stützwände, zu sichern, wobei diese Sicherungsmaßnahmen nachzuweisen sind (s. oben).

3.3 Leitungsgräben

Angaben zu den zu erwartenden Kanalsohltiefen lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor. Bei Kanalsohltiefen $\leq 4,00$ m uGOK (bezogen auf die ursprüngliche Geländehöhe) befinden sich mögliche Leitungstrassen nicht im Grund- oder Schichtwassereinflussbereich.

Die Gräben können demnach abgeböscht oder verbaut hergestellt werden. Wird ein verformungsarmer Verbau hergestellt, ist dieser unter Berücksichtigung der erdstatischen Parameter der Tabelle 2 für den Erdruchdruck zu bemessen und dementsprechend konstruktiv auszubilden (siehe auch Abschnitt 4.1).

Es können z. B. gleitschienengeführte Verbauplatten oder großformatige Verbaufeln Verwendung finden. Verschiedene Herstellerfirmen bieten für unterschiedliche Grabentiefen und Anwendungsbereiche entsprechende Gleitschienensysteme an, so dass eine Vielzahl von Kombinationen der Einzelelemente möglich ist.

In der verbauten Baugrube gegebenenfalls anfallendes Grund-, Schicht- bzw. Stauwasser ist zusammen mit Niederschlagswasser mittels **offener Wasserhaltung** (z.B. einem Draingraben mit Pumpensumpf) ordnungsgemäß zu fassen und aus dem Kanalgraben abzuleiten. Die entsprechende Ausrüstung ist vorzuhalten. Bei einem stärkeren Wasserzufluss ist der Grabenverbau so zu wählen, dass sichergestellt ist, dass kein Erdreich mit dem zulaufenden Wasser ausgeschwemmt wird, da dies zu Sackungen und Setzungen führen kann.

Lücken im Verbau (z. B. im Bereich von Hausanschlüssen) sind mittels geeigneter Maßnahmen zu sichern. Es ist davon auszugehen, dass eine zusätzliche Entwässerung der Grabensohle durch eine mitgeführte Drainageleitung (PVC-Sickerstrang) nicht erforderlich wird.

Zur Herstellung von Leitungsgräben ist die DIN 4124 zu beachten! Für die weitere Planung und Ausführung ist die DIN EN 1610 mit ATV, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen sowie das Regelwerk ATV_DWK-A139, Einbau und Prüfung von Kanälen zu beachten.

4 Erdbautechnische Hinweise

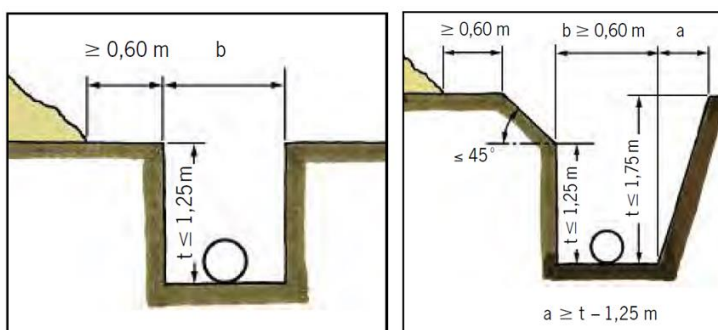
4.1 Baugruben und Gräben, Wasserhaltung

Grundsätzlich ist bei Aushubarbeiten die DIN 4124 zu beachten. Diese Norm gibt an, nach welchen Regeln Baugruben und Gräben zu bemessen und auszuführen sind.

Nicht verbaute senkrechte Baugrubenwände

Diese können bei Einhaltung der Regelabstände für Verkehrslasten gemäß DIN 4124 bis zu einer Tiefe von 1,25 m hergestellt werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche die folgenden Höchstwerte für die Neigung einhält:

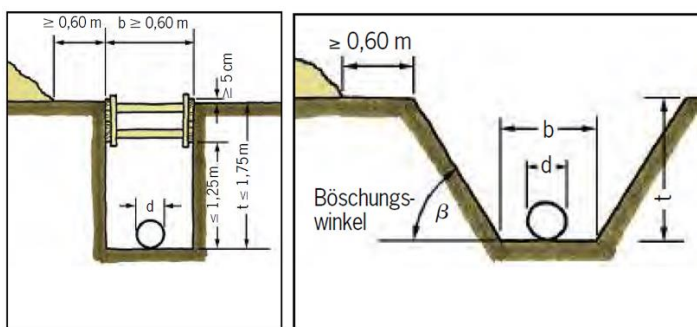
- nichtbindige und weiche bindige Böden maximal 1:10
- mindestens steife bindige Böden maximal 1:2



In mindestens steifen bindigen Böden sowie bei Fels darf die Aushubtiefe bis zu 1,75 m betragen, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich unter einem Winkel von maximal 45° (1:1) geböscht wird und die anschließende Geländeneigung nicht mehr als 1:10 beträgt.

Baugruben mit einer Tiefe > 1,25 m bzw. > 1,75 m

Diese müssen mit abgeböschten Wänden hergestellt oder verbaut werden. Die Böschungsneigung richtet sich nach den bodenmechanischen Eigenschaften der zu böschenden Böden und nach den äußeren Einflüssen, die auf die Baugrubenböschung wirken.



In Regelfällen dürfen Kurzzeitböschungen von Baugruben bis maximal 5 m Böschungshöhe über dem Grundwasser ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit bei Einhaltung der Regelabstände für Verkehrslasten gemäß DIN 4124 unter folgenden maximalen Böschungswinkeln hergestellt werden:

nichtbindige Böden	≤ 45°
bindige Böden	≤ 45° bei weicher Konsistenz
	≤ 60° bei mindestens steifer Konsistenz
Festgestein (Fels)	≤ 80°

Verbau

Sind die Platzverhältnisse für die Herstellung einer entsprechend den obigen Angaben geböschten Baugrube nicht ausreichend, oder befindet sich die Baugrube im Einflussbereich bestehender Bebauung, so ist die Baugrube durch einen ausgesteiften, statisch ausreichend bemessenen Verbau zu sichern.

Die Standsicherheit des Verbaus muss in jedem Bauzustand bis zum Erreichen der endgültigen Aushubsohle und des Rückbaus bis zur vollständigen Verfüllung des Grabens bzw. Arbeitsraumes sichergestellt sein.

Der Verbau muss für die höchsten zu erwartenden Belastungen in ungünstigster Stellung bemessen sein. Hierbei sind insbesondere zusätzliche Belastungen durch Bagger, Hebezeuge, Lagerstoffe usw. zu berücksichtigen.

Alle Teile des Verbaus müssen während der Bauausführung regelmäßig überprüft, nötigenfalls instand gesetzt und verstärkt werden. Dies gilt insbesondere nach längeren Arbeitsunterbrechungen, nach starken Regenfällen, bei einsetzendem Tauwetter sowie bei wesentlichen Änderungen der Belastung.

Werden beim Baugrubenaushub Böden unterschiedlicher Bodengruppen oder steife und weiche Partien in Wechsellagerung angeschnitten, so ist über die gesamte Böschungshöhe der zulässige Neigungswinkel des ungünstigsten Schichtpakets auszuführen (d. h. $\leq 45^\circ$).

Die angegebenen zulässigen Böschungswinkel gelten nur für Regelfälle. Geringere Böschungsneigungen sind vorzusehen **und nach DIN 4084 rechnerisch nachzuweisen**, wenn besondere Einflüsse die Standsicherheit gefährden. Dies gilt beispielsweise bei

- Schichtwassereinflüssen, Anschnitt von Staunässehorizonten,
- Böschungen von mehr als 5 m Höhe,
- Baumaschinen oder Baugeräten bis einschließlich 12 t Gesamtgewicht, die nicht einen Abstand von mindestens 1 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante einhalten,
- Baumaschinen oder Baugeräten von mehr als 12 t bis 40 t Gesamtgewicht, die nicht einen Abstand von mindestens 2 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Graben- bzw. Böschungskante einhalten,
- Steigung des an die Böschungskante anschließenden Geländes von mehr als 1:10.

Bei zusätzlichen Belastungen nicht verbauter Grubenwände durch Bagger, Hebezeuge, Übergänge, Lagerstoffe oder dergleichen ist die Standsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen.

Liegen Baugruben länger offen, so sind die Böschungen durch sorgfältige Folienabdeckung vor Erosion durch Witterungseinflüsse zu schützen. In der Baugrube gegebenenfalls anfallendes Schichtwasser ist zusammen mit zufließendem Niederschlagswasser mittels offener Wasserhaltung (Pumpensümpfe) ordnungsgemäß zu fassen und dauerhaft abzuleiten.



Hinweis

Die im Abschnitt 4.1 „Baugruben und Gräben, Wasserhaltung“ verwendeten Graphiken wurden der Info-CD-ROM BG Bau 2012 der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft entnommen.

4.2 Wiedereinbaubarkeit von Aushubböden

Im Zuge der Baumaßnahme kommen überwiegend Böden der Bodengruppen TL, TM, UL und SU* zum Aushub.

Die Aushubböden der Bodengruppen TL, TM, UL und SU* können erfahrungsgemäß **nur bei geeignetem Wassergehalt** (erdfeuchter Zustand) prinzipiell bis $\approx 0,50$ m unter Planum entsprechend den Verdichtungsanforderungen der ZTV E-StB 17 für die lagenweise verdichtete Arbeitsraum-, Kanal- bzw. Leitungsgrabenverfüllung verwendet werden. Diese bindigen Böden sind aufgrund ihres Feinkorngehalts als stark wasserempfindlich einzustufen und nur innerhalb eines eng begrenzten Wassergehaltsbereichs optimal verdichtbar (steif-halbfeste Konsistenz, $I_c \approx 1$).

Bindige Böden von breiig-weicher Konsistenz sowie aufgeweichte oder durchnässte nichtbindige Böden sind nicht verdichtbar und dürfen nicht wieder eingebaut werden, da dies langfristig zu Setzungen führen wird. Der Wiedereinbau bindiger Aushubböden von weicher Konsistenz ist grundsätzlich nur nach entsprechender Konditionierung mit hydraulischen Bindemitteln zur Reduzierung des Wassergehalts möglich. Die sachgerechte Verdichtung erfordert auch bei günstigen Einbauwassergehalten den Einsatz geeigneter, auf die stark bindige Ausbildung der Böden abgestimmter Gerätschaften (z. B. Verdichtungsrad, Schafffußwalze, abschließende Übergänge mit Glattmantelwalze).

Aushubböden mit verdichtungsfähigem Wassergehalt, die für den späteren Wiedereinbau verwendet werden sollen, sind durch geeignete Maßnahmen (z. B. Abdecken mit Planen oder Folien, Zwischenlagerung auf abgewalzten Halden) gegen Witterungseinflüsse (Durchfeuchtung oder Austrocknung) zu schützen. Der Wiedereinbau von Aushubböden muss generell lagenweise erfolgen. Dabei sollte die Schütthöhe nicht größer als 0,30 m sein.

Die aufgeschlossenen feinkörnigen Böden und Böden mit erhöhtem Feinkorngehalt wurden in weicher bis halbfest-fester Konsistenz aufgeschlossen.

Zur Beurteilung der Verdichtbarkeit der Böden in Abhängigkeit vom Wassergehalt wurde **-1-** Proctorversuch an einer Mischprobe MP 1 der am Aufschlusspunkt HS 1 aufgeschlossenen Erdstoffe nach DIN 18127 durchgeführt (Anlage 6).

Die Ergebnisse des Proctorversuchs nach DIN 18127 sind in nachfolgender Tabelle 8 zusammengefasst. Der natürliche Wassergehalt w_n der untersuchten Mischprobe beträgt 11,1%.

Tabelle 8: Ergebnisse des Proctorversuchs

Prüfungsnummer	Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m uGOK]	100 % Proctordichte D_{Pr} [g/cm ³]	Optimaler Wassergehalt [M.-%]	Grenzwassergehalte bei $D_{Pr} = 98$ %	
					min [M.-%]	max [M.-%]
B20175 HS 1 / MP1	HS 1	0,40 – 0,80	1,769	17,7	15,1	19,3

Der natürliche Wassergehalt w_{nat} der untersuchten unverbesserten Bodenprobe nach DIN EN ISO 17892-1 beträgt 10,7 %. Der optimale Wassergehalt zur Verdichtung dieser Böden der Boden-
gruppe UL liegt bei einem Wassergehalt von 17,7 M.-%.

Ein Vergleich des natürlichen Wassergehaltes der Bodenprobe zum Zeitpunkt der Probennahme mit den optimalen Wassergehalten und den Grenzwassergehalten gemäß Tabelle 8 zeigt, dass das Probenmaterial deutlich zu trocken ist, um eine mindestens ausreichende Verdichtung zu erzielen.

Auf Grundlage der obigen Versuchsergebnisse ist somit davon auszugehen, dass selbst bei fachgerechter Verdichtungsarbeit Verdichtungsgrade des unverbesserten Bodens $D_{Pr} \geq 97$ % nicht erreicht werden können.

Aufgrund der starken Wasserempfindlichkeit der aufgeschlossenen bindigen Böden kann sich der Zustand bis und während der Baumaßnahme je nach Witterung schnell ändern, sofern diese nicht vor witterungsbedingten Einwirkungen geschützt werden.

Um Schwankungen in Bezug auf den Wassergehalt in Folge z.B. klimatischer Einflussfaktoren während der Bauphase entgegenwirken zu können, sowie um ein gleichbleibendes Maß der Einbauqualität der Aushubböden erreichen zu können, empfehlen wir dennoch eine Aufbereitung der zum Wiedereinbau vorgesehenen gelösten Lockergesteinsböden mit hydraulischen Bindemitteln.

Basierend auf Erfahrungswerten an vergleichbaren Böden können die darüber hinaus geltenden Anforderungen an die Tragfähigkeit (Verformungsmodul E_{v2}) nur im Zusammenhang mit einer Konditionierung der Böden mit Mischbinder dauerhaft gewährleistet werden.

Sollen die anstehenden Böden überwiegend wiederverwendet werden, ist eine Aufbereitung mit hydraulischem Bindemittel (Zement oder Mischbinder) zu empfehlen.

Für eine Bodenstabilisierung werden im Allgemeinen folgende Bindemittel verwendet:

- Kalk (Weiß-, Dolomitmalk)
 - Ungelöschter Kalk (Brantkalk)
 - Gelöschter Kalk (Kalkhydrat)
 - Hydraulischer Kalk
- Zement
 - Portlandzement
 - Spezialzemente
- Mischbindemittel aus genormten Ausgangsstoffen
 - Gemische aus Kalk + Zement
 - Gemische aus Kalk + hydraulischen Anteilen

Darüber hinaus können auch andere Bindemittel eingesetzt werden, wenn ihre Eignung nachgewiesen ist.

Die Wirkungsweise der Bindemittel kann wie folgt zusammengefasst werden:

Baukalke

Bei der Wirkungsweise der Feinkalke wird unterschieden zwischen der Sofortreaktion (setzt innerhalb von Minuten nach Einmischen ein und ist nach wenigen Tagen abgeschlossen) und der Langzeitreaktion (beginnt nach einigen Tagen und dauert bis zu mehreren Jahren). Insgesamt findet nur eine moderate Festigkeitsentwicklung statt.

Zemente

Die Wirkung von Zement beruht auf Bindeeffekten des Zementgesteins. Die Bildung von Zementstein bewirkt eine starke Festigkeitsentwicklung.

Mischbinder

Die Wirkung von Mischbindemittel beruht auf den Synergieeffekten von Kalk und Zement und nutzt von beiden Produkten alle positiven Eigenschaften.

Die Wahl des geeigneten Bindemittels sowie die Festlegung der erforderlichen Zugabemenge ist an die jeweiligen Baustellen- und Bodenbedingungen anzupassen.

Im vorliegenden Fall empfehlen wir aufgrund der überwiegend anstehenden leicht plastischen, teils tonigen Böden sowie zur Gewährleistung einer dauerhaften Tragfähigkeit die Verwendung eines Mischbindemittel (50 % Zement, 50 % Kalk).

Erfahrungsgemäß bleibt die „Baggerbarkeit“ der verbesserten Böden bei einer Zugabemenge an hydraulischen Bindemitteln von bis zu 3 Ma-% gewährt.

Der Wiedereinbau von Aushubböden muss generell lagenweise erfolgen. Dabei sollte die Schütthöhe nicht größer als 0,30 m sein.

Werden Geländeauffüllungen im Gründungs- bzw. Lastausbreitungsbereich von Bauwerken erforderlich, so sind diese bei Verwendung von beim Aushub anfallenden bindigen Böden mit geeignetem Wassergehalt mit einer Einbaudichte von mindestens $D_{Pr} = 100\%$ herzustellen.

Im Rahmen der Erdarbeiten ist grundsätzlich auf eine hinreichende Entwässerungsmöglichkeit des jeweiligen Arbeitsplanums (Längs- bzw. Quergefälle, Entwässerungsgräben) zu achten. Die allgemeinen Empfehlungen und Richtlinien zum Schutz des Erdplanums vor Witterungseinflüssen (z. B. ZTV E-StB 17) sind zu beachten.

Hinweis

Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf die bodenmechanischen Eigenschaften der Aushubböden. Etwaige Einschränkungen der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurden durch eine Deklarationsanalytik (chemische Schadstoffuntersuchung nach LAGA (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) bestimmt (siehe Kapitel 6).

4.3 Grabenverfüllung

In den ZTV A-StB 12 und in den ZTV E-StB 17 wird im Graben unterschieden zwischen der „Leitungszone“ und der „Verfüllzone“. Die Leitungszone umfasst den Bereich unter und neben dem Rohr sowie bis zu 30 cm über dem Rohrscheitel. In dieser Zone sind Verfüllmaterialien nach den Vorschriften der Veranlasser, d. h. in der Regel der Leitungsbetreiber, zu verwenden.

Gemäß ZTV E-StB 17 sind in Bezug auf die Baustoffe bei der Herstellung der Leitungszone die DIN 18306, DIN 18307 und DIN 18322 zu beachten. Darüber hinaus sind ebenfalls die Vorgaben der DIN EN 1610 zu beachten. Wegen der beengten Platzverhältnisse und um eine Beschädigung der Leitung zu vermeiden, sollten sowohl in der Leitungszone als auch im Bereich der Verfüllzone bis rund 1,0 m über Rohrscheitel nur leichte Verdichtungsgeräte eingesetzt werden.

Sollen in der über der Leitungszone liegenden Verfüllzone fein- und gemischtkörnige Böden verwendet werden, muss der Einbauwassergehalt nach ZTV A-StB 12 im Bereich von $0,9 \cdot w_{Pr} \leq w \leq 1,1 \cdot w_{Pr}$ liegen. Der optimale Wassergehalt ist durch Proctorversuche gesondert zu ermitteln und zu dokumentieren.

Die aufgeschlossenen Lockergesteinsböden sind überwiegend als stark wasserempfindlich einzustufen. Die Böden, die für den späteren Wiedereinbau verwendet werden sollen, sind mit Planen oder Folien gegen Durchfeuchtung oder Austrocknung zu schützen.

Bindige aufgeweichte Böden, die höchstens eine weiche Konsistenz aufweisen, sind nicht verdichtbar und dürfen als Kanalraumverfüllung nicht eingebaut werden, da dies z. B. im späteren Straßenkörper zu Setzungen und somit zu Straßenschäden führen wird.

Der Wiedereinbau solcher Böden ist nur bei Einsatz von Weißfeinkalk oder hydraulischen Mischbindern zur Reduzierung der Wassergehalte und zur Verbesserung der Verdichtungswilligkeit der Böden möglich. Erfahrungsgemäß ist hierbei von einem Bedarf an Weißfeinkalk oder Mischbinder von ca. 2 bis 3,5 M.-% bzw. 40 bis 70 kg/m³ (bei weicher Konsistenz des Erdstoffes) auszugehen.

Gemäß den Richtlinien der ZTV E StB 17 werden an die Verfüllung von Leitungsgräben in Abhängigkeit von der Bodenart (Bodengruppe nach DIN 18196) die in nachfolgender Abbildung 2 angegebenen Mindestanforderungen bezüglich des Verdichtungsgrades D_{Pr} in den jeweiligen Tiefenbereichen gestellt:

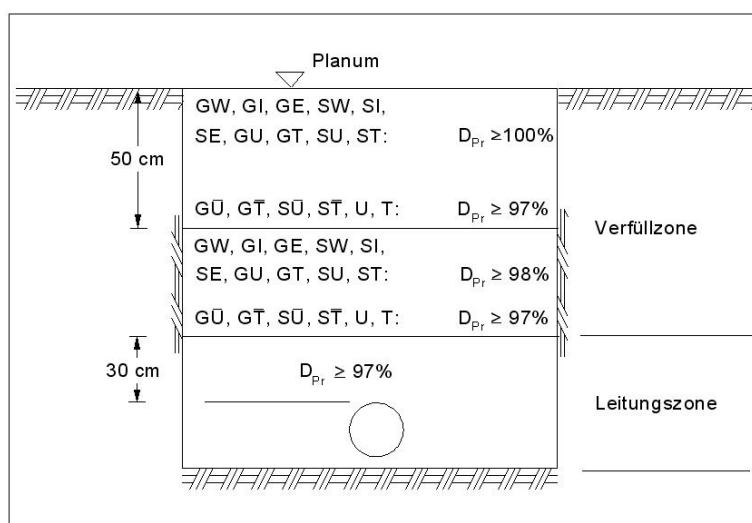


Abb. 2: Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 17

Wird der Graben mit grobkörnigem Ersatzmaterial verfüllt, empfiehlt es sich, im Abstand von rund 30 m Querschläge aus Beton/Lehm/Ton einzubauen. Diese verhindern eine Dränwirkung des grobkörnigen Verfüllmaterials.

Auf dem Planum, d.h. der Verfüllzone, ist ein Verformungsmodul von mindestens 45 MPa nachzuweisen.

Bei qualifizierten Bodenverbesserungen ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens 70 MPa erforderlich. Bei einem Untergrund bzw. Unterbau aus grobkörnigem Boden GW oder GI ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens 100 MPa erforderlich, bei grobkörnigem Boden SW oder SI ein Verformungsmodul von mindestens 80 MPa.

Bei einem Untergrund bzw. Unterbau aus grobkörnigem Boden kann gemäß RStO die Frostschutzschicht unter bestimmten Voraussetzungen entfallen.

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren!

Der Oberbau einer aufzugrabenden Verkehrsfläche ist wieder so herzustellen, dass er dem ursprünglichen Zustand technisch gleichwertig ist. Es wird jedoch empfohlen, bei der Wiederherstellung die Regelbauweisen der RStO bzw. den geforderten Regelaufbau nach DWA-A 904 zugrunde zu legen.

4.4 Rohr- und Schachtgründung

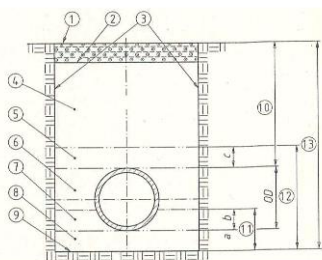
Eine Rohrbettung in den Lockergesteinsböden des Schichtgliede SG I kann bei mindestens steifer Konsistenz / mitteldichter Lagerung grundsätzlich ohne zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erfolgen. Es ist jedoch auf die Steinfreiheit des Bettungsmaterials zu achten.

Sollten im Zuge der Baumaßnahme Bereiche aufgeschlossen werden, in denen der Untergrund nur geringe Tragfähigkeiten besitzt, sind je nach Anforderung der verschiedenen Leitungssparten ggfs. entsprechende Auflager durch Bodenaustausch auszubilden. In diesen Bereichen sind je nach Anforderung der verschiedenen Leitungssparten unter Umständen entsprechende Auflager auszubilden. Auf die entsprechenden Vorschriften zur Ausbildung des Auflagers je nach Leitungssparte (z.B. DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, ATV-DVWK-A127) wird verwiesen. Die Ausbildung (Auflagerwinkel) ist entsprechend den Anforderungen des Rohrtyps zu wählen. Die Verlegehinweise und Richtlinien, insbesondere die statische Berechnung des Rohrherstellers sind zu beachten.

Weiche Partien (nasse bzw. durchweichte Gründungsbereiche) sind mit einer Mächtigkeit von mindestens 30 bis 40 cm gegen geeignetes gut verdichtbares Austauschmaterial (z. B. Sandsteinbruch oder Vorsiebmaterial, Bodengruppe GU oder GW) auszutauschen. Diese Trag- und Drainschicht dient zum Schutz des Planums und kann zur Entwässerung des Grabens herangezogen werden. Das eingebaute Material ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 vom anstehenden Boden zu trennen. Das Rohraulager ist nachzuverdichten.

Bei der Rohrbettung ist auf die Steinfreiheit des Bettungsmaterials zu achten.

Die Dicke der unteren Bettungsschicht a und der Abdeckung c ergibt sich gemäß DIN EN 1610 wie folgt:



$a \geq 100$ mm bei normalen
Bodenverhältnissen

bzw.

$a \geq 150$ mm bei Fels oder
Böden fester Konsistenz

$c \geq 100$ mm über Verbin-
dung

bzw.

$c \geq 150$ mm über Rohr-
schaft

Die Dicke der oberen Bettungsschicht b orientiert sich am Außendurchmesser OD und muss der statischen Berechnung entsprechen.

Schachtbauwerke sollten generell auf einer Ausgleichsschicht (verdichteter Schotter 0/56, mindestens 0,2 m mächtig) bzw. Magerbeton gegründet werden.

4.5 Anordnung von Sperrriegeln

Bei Wasserzutritten in Leitungsgräben müssen nach DWA-A 139 Maßnahmen vorgesehen werden, um die dränierende Wirkung des Rohraufagers, der Leitungszone und der Grabenverfüllung zu unterbinden.

Leitungsgräben in Böden mit geringer Wasserdurchlässigkeit (hier: bindige Böden der Boden- gruppen TL, TM, UL und SU*) können in der Regel nicht wieder mit dem anstehenden Boden verfüllt werden, es werden dafür verdichtungsfähige Austauschböden verwendet. Diese haben i.d.R. eine wesentlich höhere Wasserdurchlässigkeit. Der Leitungsgraben wirkt dadurch wie eine Drainage und kann damit zu einer Beeinflussung der Grundwassersituation führen. Sollte es dadurch zum Absenken des Grundwasserspiegels kommen, können Setzungen an Bauwerken die Folge sein.

In solchen Bereichen sind an geeigneten Stellen Sperrriegel/Dichtriegel aus Beton oder bindigem Material anzuordnen. Sie müssen die Rohraufagerschicht, die Leitungszone und die durchlässige Kanalgrabenverfüllung vollständig durchtrennen und an der Grabensohle sowie den Flanken in den anstehenden Boden einbinden. Die Ausführungshinweise des DWA-A 139 Merkblatts sind zu beachten.

Verlegte Drainagen zur Wasserhaltung während des Bauzustandes müssen auch durch die Sperrriegel unterbrochen werden.

5 Gebäudeabdichtung

Bezüglich der erforderlichen Bauwerksabdichtung sind die Angaben und Hinweise der neuen Abdichtungsnorm für erdberührte Bauteile DIN 18533-1 (Stand Juli 2017) zu beachten. Die neue Norm bietet Hilfestellungen zur Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen. Hinweise und detaillierte Erläuterungen zu Wasserbeanspruchungen, Riss- und Nutzungsklassen, Zuordnung verschiedener Abdichtungsbauarten sowie Verarbeitung sind Bestandteil der neuen Normenreihe.

Zur Festlegung der Abdichtungsbauarten ist die Wassereinwirkungsklasse **W 1.2-E** „nicht drückendes Wasser bei erdberührten Wänden und Bodenplatten“ bei überwiegend anstehenden wenig durchlässigen, feinkörnigen Böden der Bodengruppe TL, TM ($k_f < 10^{-4}$ m/s) mit Dränung nach DIN 4095 anzunehmen.

Bei nicht vorhandener Dränvorflut ist eine Abdichtung nach DIN 18533-1, Wassereinwirkungsklasse **W 2.1-E** „Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe“ anzunehmen. Oberflächenwasser sollte geordnet abgeleitet werden (siehe DIN 18533-1, Abschnitt 8).

Zur Auswahl der Abdichtungsbauart muss der Planer außerdem die planmäßige Rissaufweitung vorhandener Risse oder die zu erwartende Neurissbildung kennen. Dazu wurden in DIN 18533 vier Rissklassen definiert (R1-E bis R4-E), denen Rissüberbrückungsklassen (RÜ1-E bis RÜ4-E) der Abdichtungsstoffe zugeordnet sind. Ein weiterer relevanter Faktor für die Auswahl der Abdichtungsbauart ist die vorgesehene Nutzung des abzudichtenden Bauteils. Diese spiegelt sich in den drei Raumnutzungsklassen (RN1-E bis RN3-E) wider, die sich beispielsweise durch unterschiedliche Anforderungen an die Trockenheit der Raumluft unterscheiden.

6 Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung

Bei Baumaßnahmen anfallendes Aushubmaterial ist bei externer Entsorgung hinsichtlich einer Verwertung in Rheinland-Pfalz nach den Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA TR Boden 2004 zu beurteilen. Hier sind anhand von Zuordnungswerten (Z-Werten) Einbauklassen definiert, die unterschiedliche technische Anforderungen an die Verwertung stellen, wobei die Verwertung von Boden und Bauschutt unterschiedlich geregelt sind. Boden-Gemische mit über 10 Vol.-% Fremdbestandteilen sind in RLP nach LAGA M 20 (1997) zu beurteilen.

Bei Überschreitung des Zuordnungswertes Z2 ist i.d.R. eine Verwertung außerhalb des Grundstücks nicht möglich, und das Material ist zu deponieren.

Tabelle 9: Einbauklassen nach LAGA

Einbauklasse	Entsorgung
Z0	ohne Einschränkungen, Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen, Verfüllung von Abgrabungen
Z1.1	Offener Einbau in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen
Z1.2	Offener Einbau in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen in hydrogeologisch günstigen Gebieten.
Z2	Verwertung in technischen Bauwerken bei definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, i.d.R. unter versiegelten Flächen.
> Z2	keine Verwertung – Beseitigung z.B. Auf einer Deponie

Materialien der LAGA-Einbauklassen Z0 bis Z2 sind grundsätzlich für den Erd-, Straßen-, Landschaftsbau oder vergleichbaren Anwendungen für den Wiedereinbau verwertbar.

Bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z0 ist im Allgemeinen ein **uneingeschränkter Einbau** möglich.

Werden die Zuordnungswerte der Einbauklasse Z1 unterschritten, sind die Materialien im Allgemeinen für den **eingeschränkten offenen Einbau** in technischen Bauwerken, bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z1.2 **in hydrogeologisch günstigen Gebieten**, bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z1.1 auch **in hydrogeologisch ungünstigen Gebieten** geeignet.

Bei Unterschreitung der Zuordnungswerte Z2 ist unter bestimmten Voraussetzungen ein **eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen in wasserundurchlässiger bzw. sehr gering durchlässiger Bauweise** möglich.

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz regelt die Verpflichtung zur Abfallvermeidung und schadlosen Abfallverwertung. Die Beseitigung von Abfällen kommt nur dann in Betracht, wenn eine Verwertung technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht zumutbar ist. Demzufolge ist die mögliche Verwertung von Aushub- und Abbruchmaterialien der Deponierung vorzuziehen.

Hinweis:

Die nachfolgend dokumentierten Untersuchungsbefunde dienen lediglich als Grundlage zur Klärung der möglichen Entsorgungswege sowie etwaiger Verwertungsmöglichkeiten im Rahmen der Baumaßnahme bzw. zur Erstellung eines Leistungsverzeichnisses und Abschätzung der Entsorgungskosten. Auf Grundlage dieser Ersteinstufung ist im Regelfall keine Verwertung/Deponierung möglich.

6.1 Aushub

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des bei der Baumaßnahme potentiell anfallenden Aushubs wurde -1- Mischprobe des aufgeschlossenen Erdreichs im Untersuchungsgebiet zur orientierenden abfallrechtlichen Voruntersuchung nach LAGA¹ (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein übergeben. Der Prüfbericht Nr. 4949413 vom 09.09.2020 ist als Anlage 9 beigelegt.

Der folgende Prüfgegenstand wird gemäß den geltenden Bestimmungen unabhängig vom gewählten Entsorgungsweg folgendermaßen eingestuft:

Tabelle 10: Untersuchungsergebnisse und orientierende Einstufung Boden, Analytik nach LAGA

Beschreibung	B20175 / Aush. / MP1
Probenart	Boden und Steine mit Fremdbestandteilen < 10% Schluff, tonig, ± sandig Ton, schluffig, sandig Sand, schluffig, Fremdbestandteile: - keine
Analyseumfang	LAGA (2004), Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat)
Entnahme durch	ICP
Entnahmedatum	03.09.2020
Entnahmestelle	RB 1 / P2 – P6 RB 2 / P2 – P5 RB 3 / P2 – P6 RB 4 / P2 – P6 VS 1 / P2
Entnahmetiefe [m]	RB 1: 0,50 – 4,00 RB 2: 0,50 – 4,00 RB 3: 0,40 – 4,00 RB 4: 0,30 – 3,20 VS 1: 0,40 – 0,80
Beurteilung	
Befund	--
LAGA	Z0
AVV	17 05 04

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

Bewertung:

Bei der untersuchten Probe lagen alle gemessenen Schadstoffgehalte unterhalb der Zuordnungswerte der Einbauklasse Z0 nach LAGA. Der durch die Mischprobe „**B20175 / Aush. / MP1**“ charakterisierte Aushubboden ist demnach für den uneingeschränkten Einbau, auch in bodenähnlicher Anwendung, geeignet.

Allgemeiner Hinweis

Sollten im Zuge der Erdarbeiten Auffälligkeiten bei den Erdstoffen bezüglich Zusammensetzung, Färbung, Geruch usw. auftreten, so ist unverzüglich der Gutachter zur abfallrechtlichen Deklaration hinzuzuziehen.

Sollen die Aushubmassen auf einem Bereitstellungslager zur weiteren Verwertung / Wiedereinbau zwischengelagert werden, ist nach Möglichkeit auf die Sortenreinheit zu achten, d. h., Böden unterschiedlicher charakteristischer Eigenschaften (bindige Böden, nicht bindige Böden) sind getrennt zu lagern.

Überschussmassen, die dem Wiedereinbau nicht zugeführt werden können, sind zur abfallrechtlichen Deklaration auf einem Haufwerk aufzuschütten (max. 250 m³) und nach den Vorgaben der LAGA PN 98 zu beproben.

7 Versickerungseignung der anstehenden Böden

7.1 Allgemeines

Gemäß den wasserwirtschaftlichen Zielvorgaben und Forderungen der Wassergesetze (Wasserhaushaltsgesetz und Landeswassergesetz RPL) soll das anfallende, nicht behandlungsbedürftige Niederschlags- bzw. Oberflächenwasser möglichst dezentral zurückgehalten und, wenn möglich, am Entstehungsort versickert werden. Es sind alle vertretbaren Möglichkeiten einer Niederschlagswasserverwertung und -versickerung bzw. Zwischenspeicherung auszuschöpfen.

Neue Flächenbefestigungen sind ggf. wasserdurchlässig herzustellen.

Bei dezentralen Anlagen erfolgt die Versickerung auf dem Grundstück, auf dem das Niederschlagswasser anfällt. Voraussetzung ist in allen Fällen, dass die Versickerung hinsichtlich der Durchlässigkeit und Aufnahmefähigkeit des Bodens möglich und hinsichtlich der Grundwassergefährdung tolerierbar ist.

Die prinzipiellen technischen Lösungen sind:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Mulden-Rigolen-Element
- Rigolen- und Rohr-Rigolenversickerung
- Schachtversickerung
- Beckenversickerung und
- Mulden-Rigolen-System

Die Menge des zur Versickerung gelangenden Wassers wird von zwei Faktorengruppen bestimmt. Die eine besteht aus der *Menge und Verteilung des zu versickernden Wassers* und der *Evapotranspiration (Boden- und Pflanzenverdunstung)*. Die andere besteht aus Bodeneigenschaften, wie dem Zusammenhang zwischen *Wasserspannung* einerseits, *Wasserleitfähigkeit* und *Wassergehalt* andererseits und dazu dem *Infiltrationsvermögen*. Des Weiteren spielen die *Tiefe der Grundwasseroberfläche* und die *Topographie der Bodenoberfläche* (Anfall von Oberflächenwasser) eine Rolle.

Nach dem ARBEITSBLATT DWA-A 138 kommen für die Versickerung Lockergesteinsböden in Frage, deren k_f -Werte im Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen (Flächenversickerung $2 \cdot 10^{-5}$ m/s).

Weiterhin muss zur Reinigung der eingeleiteten Niederschlagswässer eine ausreichend mächtige, belebte Bodenzone vorhanden sein (ca. 0,3 m bis 0,5 m). Bei einer Bodenpassage in entsprechender Größenordnung wird ein Großteil der zumeist partikelgebundenen Schadstoffe zurückgehalten. Der Feinkorngehalt des Bodens auf Muldensohlen sollte so gering wie möglich sein, um eine Verstopfung der Poren in diesem Bereich zu verhindern. Die Sohle von Muldenflächen sollte bei der Herstellung der Mulde so wenig wie möglich verdichtet werden. Bei Aushub von gewachsenem Boden ist beim Abziehen der Oberfläche eine Verdichtung durch die Bagger-schaufel zu vermeiden.

7.2 Ermittlung des k_f -Wertes im Feld

Open-End-Test

Zur Ermittlung der Infiltrationsrate wurde im Projektgebiet -1- Schluckversuch, sog. Open-End-Tests, **VS 1** durchgeführt. Das Versuchsprotokoll liegt in Anlage 7 bei.

Der Open-End-Test ist ein vom U.S. Bureau of Reclamation (USBR) 1963 vorgestellter, unter stationären Bedingungen durchzuführender Auffüllversuch im verrohrten Bohrloch, bei welchem, im Gegensatz zu anderen Verfahren, die infiltrierte Wassermenge bei konstanter Druckhöhe direkt in die Bestimmungsgleichung eingeht (vgl. Lexikon der Geowissenschaften 2016).

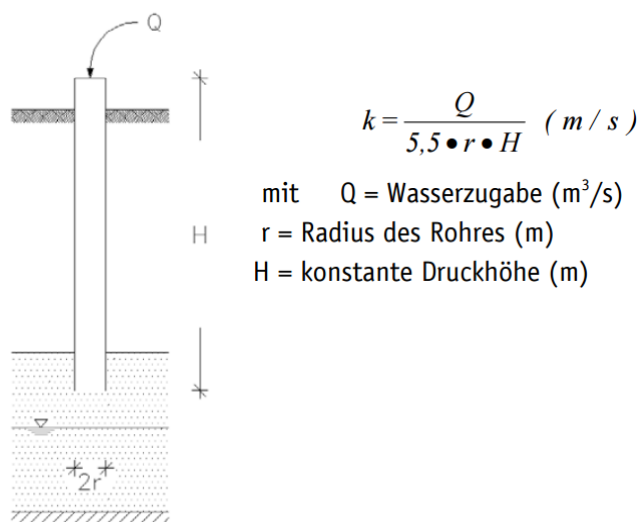


Abb. 3: Versuchsanordnung Open-End-Test und Bestimmungsgleichung

Bei dem durchgeführten Versuch lag die Rohrsohle in der Tiefe von $\pm 1,0$ m uAP. Bei den in diesen Tiefenbereichen anstehenden Böden handelt es sich um tonige Schluffe der Bodengruppe TL nach DIN 18196.

Aus den ermittelten Daten lassen sich nachfolgende geohydraulische Kennwerte ableiten:

Tabelle 11: Ergebnisse der k_f -Wert-Bestimmung durch Auffüllversuch

Versuchs-Nr.	Tiefenlage [m uGOK]	k_f - Wert [m/s]	Bemessungs- k_f ¹⁾ [m/s]	Bodengruppe (DIN 18196)
VS 1	1,00	$8,994 \cdot 10^{-8}$	$1,679 \cdot 10^{-7}$	TL

¹⁾ Zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes über Feldmethoden ist nach dem Anhang B des Regelwerkes DWA A 138 ein Korrekturfaktor von 2,0 zu berücksichtigen, da mit den Feldmethoden in der ungesättigten Zone i.d.R. keine vollständige Sättigung des Bodens oder Untergrundes zu erreichen ist.

Bei der Durchführung des Versickerungsversuches wurde nur eine geringe Versickerung festgestellt und somit ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_{f,u} = 8,994 \cdot 10^{-8}$ m/s ermittelt.

Gemäß dem Arbeitsblatt der DWA-A 138 wird zum Abgleich der unterschiedlichen Methoden der k_f -Wert-Bestimmung (z.B. Labormethoden, Feldversuche) zur Ermittlung des Bemessungs- k_f -Wertes für Feldversuche ein Korrekturfaktor von 2 vorgegeben. Dies beruht auf der Annahme, dass die bei Feldversuchen in der ungesättigten Zone bestimmte Durchlässigkeit ($k_{f,u}$ -Wert) nur halb so groß wie die des gesättigten Bodens ist (k_f -Wert). Da sich die Bemessungsalgorithmen nach DWA-A 138 auf den ungesättigten Durchlässigkeitsbeiwert beziehen und der k_f -Wert in den Formeln halbiert wird, ist zum Ausgleich bei den Feldmethoden der o.g. genannte Korrekturfaktor anzusetzen, d.h., die Versickerungsanlagen werden dann mit genau dem Durchlässigkeitsbeiwert bemessen, wie im Gelände ermittelt.

Es ergibt sich somit ein Bemessungs- k_f -Wert von $1,679 \cdot 10^{-7}$ m/s.

7.3 Ermittlung des k_f -Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 18123

Die Bestimmung der k_f -Werte erfolgte unter anderem näherungsweise anhand der Kornverteilung über die empirischen Verfahren nach BEYER, HAZEN, SEELHEIM und MALLET/PAQUANT. Zur näherungsweisen Bestimmung der charakteristischen Durchlässigkeit der im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden wurden daher an -2- Bodenproben die Korngrößenverteilung mittels kombinierter Sieb-/Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17992-4 bestimmt (s. Anlage 3).

Bei den genannten Bestimmungsverfahren sind verschiedene Gültigkeitsgrenzen zu beachten, zudem ist zu berücksichtigen, dass die Genauigkeit der Verfahren sehr unterschiedlich zu bewerten ist. So sind die meisten Verfahren nur für sandig-kiesige Böden anwendbar (BEYER, HAZEN, SEELHEIM), haben in diesem Kornspektrum jedoch die höhere Aussagegenauigkeit. Für bindige Böden steht nur das Verfahren nach MALLET/PAQUANT zur Verfügung – die Aussagegenauigkeit wird jedoch hier als mäßig eingestuft.

Tabelle 12 Gültigkeitsgrenzen

Hazen	$U > 1$	$U < 5$	$d_{10} > 0,1$	$d_{10} < 0,5$
Beyer	$U > 1$	$U < 20$	$d_{10} > 0,06$	$d_{10} < 0,6$
Seelheim	$U < 5$			

Tabelle 13: Ergebnis der k_f -Wert-Bestimmung anhand der Korngrößenverteilung

Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m uGOK]	Berechnungs- methode	k_f - Wert [m/s]	Bemessungs- k_f ¹⁾ [m/s]	Bodengruppe (DIN 18196)
RB 1 / P2	0,50 – 1,00	MALLET/PAQUANT	$3,3 \cdot 10^{-9}$	$6,6 \cdot 10^{-8}$	TL
RB 4 / P3	0,60 – 1,40	MALLET/PAQUANT	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	TL

¹⁾ Zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes über eine Sieblinienauswertung ist nach dem Anhang B des Regelwerkes DWA A 138 jedoch noch ein Korrekturfaktor von 0,2 zu berücksichtigen, um der Ungenauigkeit des empirischen Bestimmungsverfahrens über die Korngrößenverteilung Rechnung zu tragen.

Die untersuchten Bodenproben der anstehenden bindigen Böden der Bodengruppe TL nach DIN 18196 sind auf Grundlage der Bestimmung der Durchlässigkeit durch Sieblinienauswertung nach MALLET/PAQUANT nach DIN 18130 als „**schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig**“ zu klassifizieren.

7.4 Interpretation der Ergebnisse

Nach dem Merkblatt DWA-A 138 kommen für die Versickerung Lockergesteine in Frage, deren k_f -Werte im Bereich von ca. $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen. Sind die k_f -Werte $< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s, stauen Versickerungsanlagen lange ein, und es können anaerobe Verhältnisse auftreten, die Rückhalte- und Umwandlungsvermögen negativ beeinflussen.

Das DWA-A 138 Regelwerk (Ausgabe April 2005) gibt eine Mindestdurchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerungen von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s an, demnach sind die anstehenden Lockergesteinsböden für eine Versickerung nach diesem Regelwerk überwiegend als **ungeeignet** zu beurteilen.

Die untersuchten anstehenden Böden sind auf Grundlage der Laborversuche überwiegend als „**schwach bis sehr schwach durchlässig**“ zu klassifizieren.

8 Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen

Allgemeiner Hinweis:

Gem. RStO 12 ist bei der Erschließung von Baugebieten in der Regel ein stufenweiser Aufbau der Befestigung vorzusehen, dessen erste Baustufe den zu erwartenden Baustellenverkehr aufnehmen muss. In der Regel sind hierfür Bauweisen zu wählen, die Tragschichten mit Bindemittel aufweisen.

Bei Herstellung des vollständigen Oberbaus (nach weitgehender Fertigstellung der angrenzenden Bebauung) ist der Zustand der verbleibenden Teilbefestigung gemäß Abschnitt 4, RStO 12 (Erneuerung von Fahrbahnen) zu berücksichtigen.

Der Baustellenverkehr ist bei der Ermittlung der Belastungsklassen immer, sowohl bei stufenweisem als auch bei nicht stufenweisem Aufbau der Befestigung zu berücksichtigen.

8.1 Erdplanum

Bei Erdarbeiten im Bereich von Verkehrswegen müssen die in der ZTV E-StB 17, Tabelle 4 genannten, bodenartspezifischen Verdichtungsanforderungen eingehalten werden. Es gelten somit folgende Verdichtungsanforderungen:

bindige Böden:

Verdichtungsgrad $D_{PR} \geq 97\%$

Luftporengehalt $n_a \leq 12\%$

Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten

nichtbindige Böden

Verdichtungsgrad $D_{PR} \geq 100\%$

Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten

Verdichtungsgrad $D_{PR} \geq 98\%$

1,0 m unter Planum bis Dammsohle

Gleichermaßen muss entsprechend der ZTV E-StB 17 auf dem Planum ein Verformungsmodul **$E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$** dauerhaft erreicht werden. Bei qualifizierten Bodenverbesserungen ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens 70 MPa erforderlich. Bei einem Untergrund bzw. Unterbau aus grobkörnigem Boden GW oder GI ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens 100 MPa erforderlich, bei grobkörnigem Boden SW oder SI ein Verformungsmodul von mindestens 80 MPa.

Im Bereich des Erdplanums sind überwiegend Böden der Bodenklasse 4 nach DIN 18300: 2012-09 zu bearbeiten. Basierend auf Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden muss davon ausgegangen werden, dass die anstehenden bindigen Böden (Bodengruppen TL, TM, UL und SU*) die Tragfähigkeitsanforderung **$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$** selbst bei optimalen Wassergehalten (erdfeuchter Zustand, mindestens steife Konsistenz) und ordnungsgemäßer Verdichtung nicht bzw. nicht dauerhaft erfüllen. Vielmehr sind auch bei optimalen Witterungsbedingungen und fachgerechter Bauausführung lediglich erzielbare Tragfähigkeiten in der Größenordnung $E_{v2} \approx 10 - 30 \text{ MN/m}^2$ zu erwarten.

Darüber hinaus gilt es zu berücksichtigen, dass die anstehenden Böden stark wasserempfindlich sind. Sie weichen bei Wasserzutritten und Durchwalkungen durch den Baubetrieb rasch auf und sind dann erfahrungsgemäß nur noch im Zusammenhang mit bodenverbessernden Maßnahmen befahrbar (Stabilisierung mit Weißkalk oder Kalk-Zement-Mischbindern).

Bindige Böden von weicher oder breiiger Konsistenz sind grundsätzlich nicht verdichtbar und müssen zur Gewährleistung der obigen Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen verfestigt oder gegen gut kornabgestufte rollige Ersatzmaterialien ausgetauscht werden.

Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse gehen wir bei derzeitigem Kenntnisstand davon aus, dass zur Herstellung eines der Tragfähigkeitsanforderung $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ genügenden Erdplanums zumindest in Teilbereichen ein Bodenaustausch aus gebrochenen Hartsteinmaterial 0/32 oder 0/56 in einer Mächtigkeit von **ca. 0,3 m bis 0,6 m** erforderlich sein wird.

Bei Verwendung von grobkörnigem Bodenaustauschmaterial der Bodengruppen GW oder GI ist wie o.a. auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens 100 MPa erforderlich.

Kann auf dem anstehenden, unverbesserten Erdplanum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \approx 30 \text{ MPa}$ nachgewiesen werden, so ist basierend auf Erfahrungswerten und Literaturangaben (z. B. FLOSS-Kommentar zur ZTV E, Bild 83)

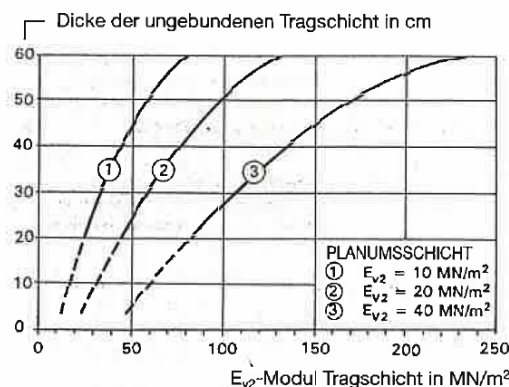


Bild 83: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum

von einer erforderlichen Austauschmächtigkeit von **ca. 50 cm** zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$ auszugehen. Der Bodenaustausch ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) vom anstehenden Untergrund zu trennen, oder die Filterstabilität des Austauschmaterials gegenüber dem anstehenden Erdreich ist nachzuweisen.

Bei einem Untergrund bzw. Unterbau aus grobkörnigem Boden kann gemäß RStO die Frostschutzschicht entfallen, wenn

- der grobkörnige Boden bis zu einer ausreichenden Tiefe vorhanden ist und
- die Anforderungen gemäß ZTV SoB-StB hinsichtlich Verdichtungsgrad und Verformungsmodul erfüllt werden und
- das Grundwasser einen ausreichenden Abstand zum Planum hat.

Durch den erforderlichen Bodenaustausch wäre dies im vorliegenden Fall durch Verwendung von gebrochenem Hartgestein der Frostempfindlichkeitsklasse F1 der Bodengruppe GW möglich.

Gemäß den Empfehlungen in Kapitel 4.2 wurde empfohlen, den Leitungsgraben grundsätzlich mit hydraulisch verbessertem Aushubmaterial zu verfüllen, so dass die Anforderungen an den Verformungsmodul und den Verdichtungsgrad zu erreichen sind.

Zum Erreichen der bei Einstufung in die Belastungskategorie BK1,0 bei einer Bauweise mit Asphaltdecke bzw. bei Einstufung in die Belastungskategorie Bk0,3 bei einer Bauweise mit Pflasterdecke erforderlichen Anforderungen gemäß ZTV SoB-StB ($E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$) wäre die Stärke des Bodenaustauschs gemäß o.a. Abbildung auf ca. 60 cm zu erhöhen. Wir empfehlen einen zweischichtigen Aufbau, untere Lage Lieferkörnung 0/56, obere Lage Lieferkörnung 0/32.

Als Ergänzung zu einem Bodenaustausch kann eine Stabilisierung der ungebundenen Tragschichten durch die Anwendung von Geogittern erfolgen.

Die Anwendung von Geogittern ermöglicht in vielen Fällen die Reduzierung der Tragschichtdicken bzw. der erforderlichen Bodenaustauschmächtigkeiten um ein wirtschaftliches Maß, kann somit im gesamten Bereich des Erdplanums Anwendung finden und bietet eine wirtschaftliche Alternative.

Um dies optimal durchführen zu können, werden Geogitter projektspezifisch anhand mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 189134 ermittelter Tragfähigkeiten durch die Herstellerfirmen bemessen. Zur Herstellung eines den Anforderungen der RStO 12 genügenden Erdplanums kann im Rahmen der Ausschreibung die Verlegung eines **monolithischen, knotensteifen Geogitters** (z. B. Geogitter TriAx TX150 der Marke Tensar) vorgesehen werden.

Alternativ zu einem Bodenaustausch besteht die Möglichkeit einer **Bodenverbesserung durch Einfräsen von Bindemitteln** zur Erhöhung der Tragfähigkeit. Diese Variante stellt bei hinreichend großen Losgrößen und nicht staubsensibler Umgebung erfahrungsgemäß das wirtschaftlichere Verfahren dar. Dabei ist von einer erforderlichen **Einfrästiefe von 40 cm** auszugehen. Die Bindemittelart und Bindemittelzusammensetzung (Verhältnis Kalk/Zement) sowie die in Abhängigkeit vom Wassergehalt der zu verbessernden Böden erforderliche Zugabemenge sind im Rahmen einer im Vorfeld der Baumaßnahmen durchzuführenden **Eignungsprüfung** festzulegen!

Bei den im Planumbereich zu verbessernden tonig-schluffigen Böden der Bodengruppen TL, TM, UL und SU* nach DIN 18196 sind basierend auf Erfahrungswerten und Literaturangaben insbesondere **Kalk-Zement-Mischbinder mit Mengenanteilen von 50 % Kalk und 50 % Zement (chromarmer Zement!)** als geeignetes Bindemittel zu beurteilen (z. B. Dyckerhoff Variolith FF). Dabei ist bei derzeitigem Kenntnisstand von einer erforderlichen Bindemittelzugabe von **ca. 2 – 4 M.-%** bei einer **Einfrästiefe des Bindemittels von 35 – 40 cm** auszugehen.

Bei der sog. „**qualifizierten Bodenverbesserung**“ (vgl. ZTV E-StB 17) von feinkörnigen und gemischtkörnigen Böden mit einer Schichtdicke von mindestens 25 cm kann der Untergrund bzw. Unterbau in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden. Als Ausgangswerte für die Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus können dabei die Angaben für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 gemäß Tabelle 6 der RStO 12 verwendet werden, wenn auf dem Planum ein

$$\text{Verformungsmodul } E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$$

nachgewiesen wird.

Bei der „qualifizierten Bodenverbesserung“ darf die **Bindemittelmenge 3 M.-%** nicht unterschreiten. Sie ist darüber hinaus mittels einer im Vorfeld durchzuführenden **Eignungsprüfung** so zu bemessen, dass nach 28 Tagen Lagerung und Prüfung gemäß TP BF-StB Teil B 11.5 eine **einaxiale Druckfestigkeit $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$** erreicht wird.

Grundsätzlich ist zu empfehlen, die erreichbaren Tragfähigkeiten zu Beginn der Baumaßnahme mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 auf entsprechend angelegten Testfeldern (nachverdichtetes Planum) zu überprüfen, um gegebenenfalls die lokal erforderlich werdenden zusätzliche Maßnahmen festlegen zu können. Da die Verdichtbarkeit der anstehenden Böden wesentlich von ihrem Wassergehalt abhängt, ist das Erfordernis derartiger Zusatzmaßnahmen generell stark witterungsabhängig.

Das Erdplanum ist generell mit ausreichendem Längs- bzw. Quergefälle entsprechend den Empfehlungen der ZTV E-StB 17 herzustellen, und es ist auf eine ausreichende Drainage- bzw. Entwässerungsmöglichkeit zu achten.

Die im Bereich des Erdplanums anstehenden fein- und gemischtkörnigen Böden sind allgemein als stark wasserempfindlich einzustufen. Aus diesem Grund kann empfohlen werden, das Erdplanum dauerhaft vor Feuchteschäden durch die Verlegung einer Drainage zu schützen.

Der Verdichtungsgrad und die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen.

8.2 Straßenoberbau

Für den frostsicheren Oberbau sind die *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen* (RStO 12) zugrunde zu legen. Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse nach Tabelle 7 der RStO sind durch den Planer bei der Bemessung zusätzlich durch Anpassung der Frostschutzschicht zu berücksichtigen.

Die **Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus** beträgt entsprechend Tabelle 6 der RStO 12 für die basierend auf den punktuellen Aufschlussergebnissen der Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 4 in Höhe des Erdplanums anstehenden F3-Böden und der Lage des Projektgebiets in der Frost- einwirkungszone I:

50 cm	bei Einstufung in die Belastungsklasse Bk0,3
60 cm	bei Einstufung in die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2

Der Oberbau ist gemäß den standardisierten Ausbauvarianten der RStO 12 bzw. in Anlehnung daran unter Berücksichtigung der jeweiligen Belastungsklasse herzustellen.

8.2.1 Oberbau in Verbindung mit Bodenaustausch und Geogitter

Nach der RStO 12, Tabelle 6 ist für die Verkehrswege der Belastungsklasse Bk1,0 auf F3-Untergrund und der Lage des Projektgebietes in der Frosteinwirkungszone I eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von **60 cm** erforderlich.

Gemäß den standardisierten Ausbauvarianten für Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau ergibt sich somit gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 1 in Verbindung mit RStO 12, Tabelle 7 und 8 und der Lage des Projektgebietes in der Frosteinwirkungszone II basierend auf den punktuellen Aufschlussergebnissen der Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 3 beispielsweise folgender Regelaufbau für die **Belastungsklasse Bk1,0**:

Bauweise mit Asphaltdecke:

Belastungsklasse Bk1,0: 60cm

4 cm Asphaltdecke

14 cm Asphalttragschicht

42 cm Frostschuttschicht

$E_{V2} \geq 120 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ ($D_{Pr} \geq 103 \%$)

Erdplanum

$E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

≥ 25 cm Unterbau / Bodenaustausch

-.-.-.- Geogitter (z.B. Tensar TriAx TX150 GD)

Untergrund

$E_{V2} > 25 \text{ MPa}$

Allgemein:

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen!

Bei Einstufung in eine andere Belastungsklasse wird analog auf den entsprechenden Regelaufbau nach RStO 12 verwiesen.

Sofern auf F3-Böden im Bereich des Erdplanums zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeitsanforderung jedoch ein Bodenaustausch nach den ZTV E-StB 17 unter Verwendung von gebrochenem Hartgestein der Frostempfindlichkeitsklasse F1 der Bodengruppe GW / GI in einer Stärke von ≥ 25 cm ausgeführt wird, wird diese durch Einstufung des Erdplanums in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 berücksichtigt (Kapitel 3.2.1 der RStO 12). Demnach kann die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus der einzelnen Belastungsklassen um jeweils 10 cm reduziert werden.

Die Einsparung wird durch Reduktion der Schichtdicke der Frostschuttschicht realisiert, die erforderliche Mindestdicke der Frostschuttschicht zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeit ist jedoch einzuhalten (vgl. Tabelle 8 der RStO 12).

8.2.2 Oberbau in Verbindung mit Unterbau durch Bodenaustausch

Wird bei der Baumaßnahme, wie in Kap. 8.1 beschrieben, ein Bodenaustausch mit grobkörnigem Material in ausreichender Stärke ausgeführt, kann wie o.a. die Frostschuttschicht entfallen.

Bei Einstufung in die **Belastungsklasse Bk1,0** entsprechend Tabelle 2 der RStO 12, Unterbau durch Bodenaustausch der Bodengruppe GW/GI und der Lage des Projektgebiets in der Frosteinwirkungszone I schlagen wir in Verbindung mit Tabelle 6 der RStO 12 beispielsweise folgenden Regelaufbau vor:

Bauweise mit Asphaltdecke:

Belastungsklasse Bk1,0: Gesamtaufbaustärke 78 cm

4 cm Asphaltdecke

14 cm Asphalttragschicht

60 cm Bodenaustausch Erdplanum $E_{V2} \geq 120 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ ($D_{Pr} \geq 103 \%$)

-.-.-.-. Geogitter (z.B. Tensar TriAx TX150 GD)

Untergrund $E_{V2} > 25 \text{ MPa}$

Allgemein:

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen! Bei Einstufung in eine andere Belastungsklasse wird analog auf den entsprechenden Regelaufbau nach RStO 12 verwiesen.

8.2.3 Oberbau in Verbindung mit qualifizierter Bodenverbesserung

Nach der RStO 12, Tabelle 6 ist für die Verkehrswege der Belastungsklasse Bk1,0 auf F3-Untergrund eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von **60 cm** erforderlich. Erfolgt zur Steigerung der Tragfähigkeit des Erdplanums eine qualifizierte Bodenverbesserung gem. ZTV E-StB in einer Dicke von $\geq 25 \text{ cm}$, wird dies durch die Einstufung des frostempfindlichen Untergrundes bzw. Unterbaus in die Frostepfindlichkeitsklasse F2 berücksichtigt.

Bei Einstufung in die **Belastungsklasse Bk1,0** entsprechend Tabelle 2 der RStO 12, Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung und der Lage des Projektgebiets in der Frosteinwirkungszone I schlagen wir in Verbindung mit Tabelle 6 der RStO 12 beispielsweise folgenden Regelaufbau vor:

Bauweise mit Asphaltdecke:

Belastungsklasse Bk1,0: 50cm

4 cm Asphaltdecke

14 cm Asphalttragschicht

32 cm Frostschuttschicht $E_{V2} \geq 120 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ ($D_{Pr} \geq 103 \%$)

Erdplanum $E_{V2} \geq 70 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

$\geq 25 \text{ cm}$ qualifizierte Bodenverbesserung

Allgemein:

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen! Bei Einstufung in eine andere Belastungsklasse wird analog auf den entsprechenden Regelaufbau nach RStO 12 verwiesen.

8.3 Gehwege

8.3.1 Bauweise für Rad- und Gehwege gem. Tafel 6, RStO 12, Oberbau in Bauweise mit Pflasterdecke

Für den frostsicheren Oberbau sind die *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen* (RStO 12) zugrunde zu legen. Lokal zu erwartende besondere Beanspruchungen sind bei der Bemessung zu berücksichtigen.

Nach den Aufschlussergebnissen sowie den ausgeführten bodenmechanischen Laborversuchen stehen im Bereich des Erdplanums Böden der Frostempfindlichkeitsklasse **F3** an, welche aufgrund der zu erwartenden zu geringen Tragfähigkeit ausgetauscht bzw. verbessert werden müssen.

Nach Punkt 5.2 RStO 12 beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für Gehwege auf Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 30 cm, ungünstige Klimaeinflüsse sind zu berücksichtigen.

Bei einer Bauweise nach Tafel 6, Zeile 1 (Bauweise mit Pflasterbelag) ergibt sich unter Berücksichtigung der Lage des Projektgebiets in der Frosteinwirkungszone I eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von **30 cm**.

Bei einer Bauweise nach Tafel 6, Zeile 2 RStO 12 schlagen wir in Verbindung mit einem Bodenaustausch beispielsweise folgenden Regelaufbau vor:

Gehwege: Gesamtaufbaustärke 30 cm

8 cm Pflasterdecke

4 cm Bettung

18 cm Schottertragschicht

$E_{V2} \geq 80 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$ ($D_{Pr} \geq 100 \%$)

Erdplanum

$E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

.....
≥ 25 cm Unterbau / Bodenaustausch

$E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ ($D_{Pr} \geq 103 \%$)

--- Geogitter (bei Bedarf)

(z.B. Tensar TriAx TX150 GD)

Bei Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung schlagen wir bei einer Bauweise nach Tafel 6, Zeile 2 RStO 12 beispielsweise folgenden Regelaufbau vor:

Gehwege: Gesamtaufbaustärke 30 cm

8 cm Pflasterdecke

4 cm Bettung

18 cm Schottertragschicht

$E_{V2} \geq 80 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$ ($D_{Pr} \geq 100 \%$)

Erdplanum

$E_{V2} \geq 70 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

$\geq 25 \text{ cm}$ qualifizierte Bodenverbesserung

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen!

9 Qualitätssicherung

Für die durchzuführenden Erdarbeiten wird empfohlen, folgende Prüfungen vorzunehmen:

- Abnahme der Grabensohle im Bereich der geplanten Kanaltrasse durch einen geotechnischen Sachverständigen
- Prüfung des Verdichtungsgrades der Leitungs- sowie der Verfüllzonen (je Haltung ein Versuch/je eingebauter Lage), bei Bauwerken Prüfung der Hinterfüllbereiche mittels Rammsondierungen
- Die Eignung von Bodenaustauschmaterial, Verfüllsanden und Hartsteinmaterial für Frostschutzschichten bzw. Schottertragschichten ist durch die Bestimmung von Korngrößenverteilungen nachzuweisen. Die Körnungslinien müssen den Anforderungen der ZTV E-StB bzw. der TL SoB-StB entsprechen.
- Für die Verwendung von mineralischen Abfällen (Boden) als Bodenaustauschmaterial oder Verfüllsand sind Deklarationsanalysen nach LAGA TR Boden (2004) vorzulegen bzw. anfertigen zu lassen.
- Es sind Tragfähigkeitskontrollen auf dem Planum und den ungebundenen Tragschichten mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18134 durchzuführen (im Bereich des Kanalbaus ein Versuch je Haltung und Schicht, im Bereich des Straßenbaus ein Versuch je angefangene 1000 m², mindestens aber je 100 m und mindestens 2 Prüfungen).
- Im Bereich von ungebundenen Tragschichten ggfs. ergänzende Prüfung des Verdichtungsgrades mittels direkter Verfahren
- Nachweis der Eignung der Geotextilien (Flächengewicht, Stempeldurchdrückkraft) nach Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, (M Geok E), Ausgabe 2016 (FGSV-Nr. 535)

10 Schlussbemerkung

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist der vorliegende geotechnische Bericht nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Bericht abweichende Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und der Zustimmung des Gutachters. Auszugsweise Vervielfältigungen dieses Berichts bedürfen der Zustimmung des Unterzeichners.

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, so dass Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit, Ausbildung sowie Lagerungsdichte bzw. Konsistenz und der umweltrelevanten Merkmale der aufgeschlossenen Bodenschichten sowie des Straßenoberbaus zwischen den Aufschlusspunkten nicht generell ausgeschlossen werden können. Insbesondere sind jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Grund- und Schichtwasserzuflüsse nicht auszuschließen. Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH behält sich daher eine Überprüfung der Gründungssituation im Zuge einer förmlichen Abnahme der Aushub- und Gründungssohlen (nach DIN 4020 gefordert), gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise vor.

Wird im Zuge der Erdarbeiten ein anderer als im vorliegenden Bericht dargestellter Aufbau des Untergrunds angetroffen, ist der Gutachter unverzüglich zu benachrichtigen und durch die ICP mbH eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.

Der geotechnische Bericht gilt für das angegebene Objekt nur im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH nicht zulässig.

Im Bereich angrenzender Bebauung ist mit statisch wirkenden Verdichtungsgeräten zu arbeiten. Die Grundsätze und Vorgaben der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ sind zu beachten.

Bei Unsicherheiten/Unklarheiten oder der Gefahr der Fehlinterpretation ist der Gutachter heranzuziehen.

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH



Frank Neumann
(Dipl.-Geologe/Berat. Geowissenschaftler)

gez.
Daniel Müller
(staatl. gepr. Baustoffprüfer)

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 1 / Blatt: 1	Höhe: 135.80 m ü NN	Datum: 03.09.2020
--------------------------------	---------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6				
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.50	a) Schluff, tonig, feinsandig, humos, Wurzel,Gras			DN 80 schwach feucht			bp3	P1	0.50
b)									
c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun							
f) Oberboden	g)	h) OU	i)						
1.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, kalkhaltig			DN 80 sehr schwach feucht			bp3	P2	1.00
b)									
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) beige hellbraun							
f) Löß	g)	h) TL	i)						
1.50	a) Schluff, tonig, feinsandig, kalkhaltig			DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m schwach feucht			bp3	P3	1.50
b)									
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun							
f) Löß	g)	h) TL	i)						
3.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig			DN 60 feucht			bp3	P4	3.00
b)									
c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun							
f)	g)	h) TL	i)						
3.40	a) Sand, schluffig, schwach kiesig			DN 60 schwach feucht			bp3	P5	3.40
b)									
c) weich	d) mäßig schwer zu bohren - schwer zu	e) braun							
f)	g)	h) SU*	i)						

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	---------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 1 / Blatt: 2	Höhe: 135.80 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr		Tiefe in m (Unter- kante)		
f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt						
4.00	a) Schluff, tonig, feinsandig			b)			DN 60 feucht - sehr feucht	bp3	P6
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) grau, olivgrau						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a)			b)					
	c)			d)					
	e)			f)					
	g)			h)					
	i)			a)					
	b)			c)					
	d)			e)					
	f)			g)					
	h)			i)					
	a)			b)					
	c)			d)					
	e)			f)					
	g)			h)					
	i)			a)					
	b)			c)					
	d)			e)					
	f)			g)					
	h)			i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 2 / Blatt: 1	Höhe: 135.28 m ü NN	Datum: 03.09.2020
--------------------------------	---------------------	----------------------

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut		d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0.50	a) Schluff, feinsandig, humos, Wurzel,Gras				DN 80 schwach feucht	bp3	P1	0.50
b)								
c) weich - steif		d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun					
f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
1.00	a) Schluff, feinsandig, kalkhaltig				DN 80 sehr schwach feucht - schwach feucht	bp3	P2	1.00
b)								
c) steif		d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun beige					
f) Löß	g)	h) UL	i)					
2.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig, kalkhaltig				DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m feucht	bp3	P3	2.00
b)								
c) weich - steif		d) mäßig schwer zu bohren	e) beigebraun					
f) Löß	g)	h) TL	i)					
3.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig				DN 60 feucht	bp3	P4	3.00
b)								
c) weich		d) mäßig schwer zu bohren	e) beigebraun					
f)	g)	h) TL	i)					
4.00	a) Schluff, tonig				DN 60 feucht	bp3	P5	4.00
b)								
c) weich		d) mäßig schwer zu bohren - schwer zu	e) braun beigebraun					
f)	g)	h) TL	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	---------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 3 / Blatt: 1	Höhe: 136.29 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		Art	Nr		Tiefe in m (Unter- kante)		
f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt						
0.40	a) Auffüllung, Schluff, feinsandig, humos, tonig, tlw. Ziegelbruchstücke			b)			DN 80 schwach feucht	bp3	P1
	c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f) Oberboden	g)	h) [OU]	i)					
	a) Schluff, feinsandig, kalkhaltig			b)		DN 80; sehr schwach feucht - schwach feucht			
1.00	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun beige						
	f) Löß	g)	h) UL	i)					
	a) Schluff, tonig, feinsandig			b)			DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m schwach feucht	bp3	P3
1.80	c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig			b)		DN 60 feucht			
3.00	c) steif	d) schwer zu bohren	e) braun beigebraun						
	f)	g)	h) TL	i)					
	a) Sand, kiesig, schluffig			b)			DN 60 schwach feucht	bp3	P5
3.50	c) steif	d) schwer zu bohren	e) braun gelbbraun						
	f)	g)	h) SU*	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	---------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 3 / Blatt: 2	Höhe: 136.29 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
4.00	a) Ton, schluffig, schwach feinsandig				DN 60 schwach feucht - feucht	bp3	P6	4.00
b)								
c) steif	d) schwer zu bohren	e) grau, graubraun						
f)	g)	h) TM	i)					
	a)							
b)								
c)	d)	e)						
f)	g)	h)	i)					
	a)							
b)								
c)	d)	e)						
f)	g)	h)	i)					
	a)							
b)								
c)	d)	e)						
f)	g)	h)	i)					
	a)							
b)								
c)	d)	e)						
f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 4 / Blatt: 1	Höhe: 136.47 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6			
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben					
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾										
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe			Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)			
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe						i) Kalk-gehalt		
0.30	a) Schluff, feinsandig, humos, Wurzel,Gras			DN 80 schwach feucht					bp3	P1	0.30
	b)										
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun								
	f) Oberboden	g)	h) OU			i)					
0.60	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig			DN 80; sehr schwach feucht - schwach feucht		bp3	P2	0.60			
	b)										
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun								
	f)	g)	h) TL - TM						i)		
1.40	a) Schluff, schwach feinsandig			DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m sehr schwach feucht		bp3	P3	1.40			
	b)										
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun beigebraun								
	f)	g)	h) TL						i)		
2.20	a) Schluff, stark sandig, kiesig			DN 60; sehr schwach feucht - schwach feucht		bp3	P4	2.20			
	b)										
	c) steif - halbfest	d) mäßig schwer zu bohren - schwer zu	e) braun beigebraun								
	f)	g)	h) UL						i)		
3.10	a) Ton, schluffig			DN 60; sehr schwach feucht - schwach feucht		bp3	P5	3.10			
	b)										
	c) halbfest	d) schwer zu bohren	e) grau, olivgrau								
	f)	g)	h) TM						i)		

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	---------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung RB 4 / Blatt: 2	Höhe: 136.47 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
3.20	a) Schluff, tonig				DN 60; sehr schwach feucht - schwach feucht, kein weiterer Bohrfortschritt, Bohrstillstand	bp3	P6	3.20
b)								
c) halbfest - fest	d) sehr schwer zu bohren	e) hellgrau						
f)	g)	h) TL - TM	i)					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	---------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Bohrung VS 1 / Blatt: 1	Höhe: 135.56 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0.40	a) Schluff, feinsandig, humos, Wurzel,Gras				DN 80 schwach feucht	bp3	P1	0.40
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun						
f)	g)	h) UL	i)					
1.00	a) Schluff, feinsandig, kalkhaltig				DN 80; sehr schwach feucht - schwach feucht	bp3	P2	1.00
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun						
f) Löß	g)	h) UL	i)					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B20175 Anlage: 1
--	---	---------------------------------

Vorhaben: OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

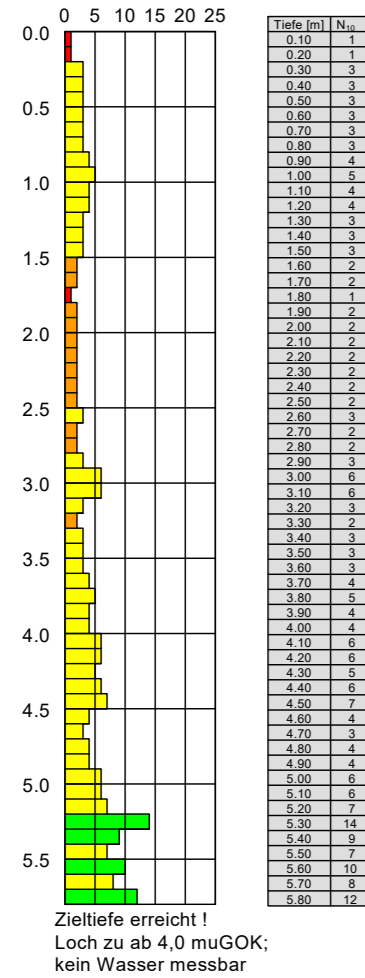
Bohrung HS 1 / Blatt: 1	Höhe: 136.69 m ü NN Datum: 03.09.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.40	a) Schluff, tonig, feinsandig, humos, Wurzel,Gras			sehr schwach feucht				
0.80	a) Schluff, schwach feinsandig, kalkhaltig			sehr schwach feucht - schwach feucht		bp3	P1	0.80
	b)							
	c) steif - halbfest	d)	e) braun					
	f) Löß	g)	h) UL	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

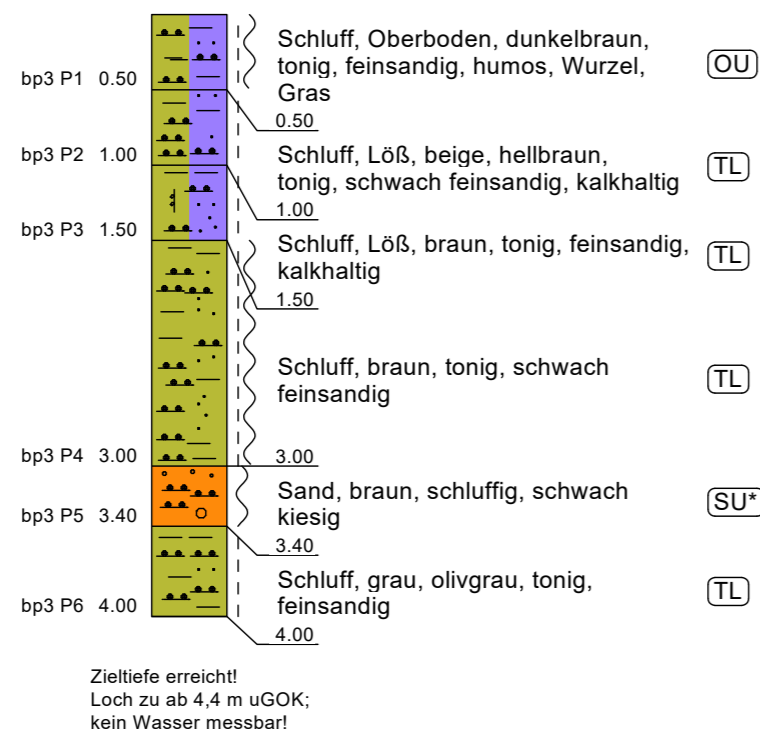
DPH 1

AP: +135.80 m üNN
Schlagzahlen je 10 cm



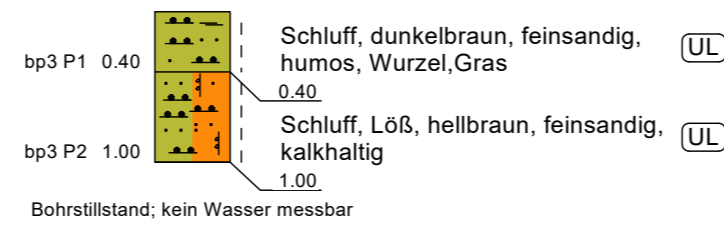
RB 1

AP: +135.80 m ü NN



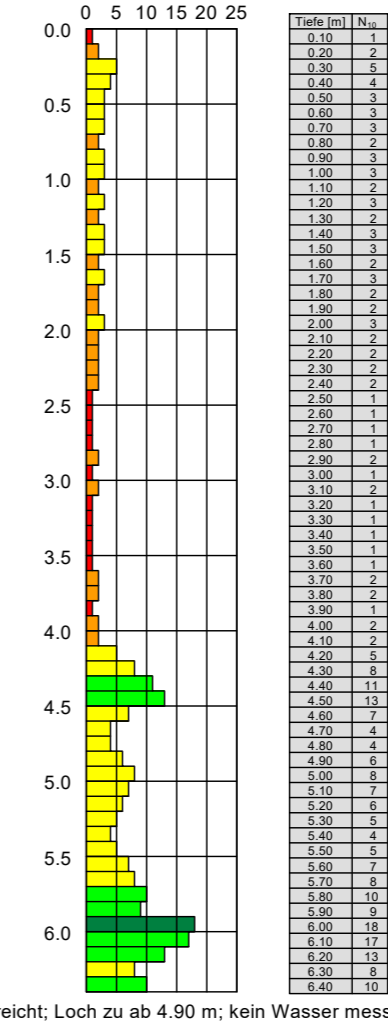
VS 1

AP: +135.56 m ü NN



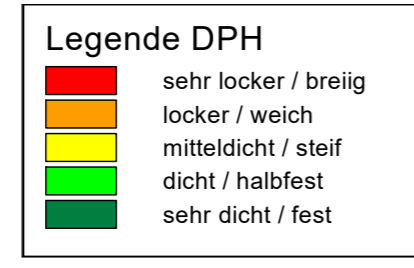
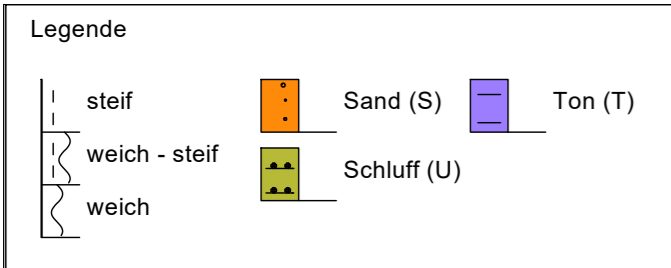
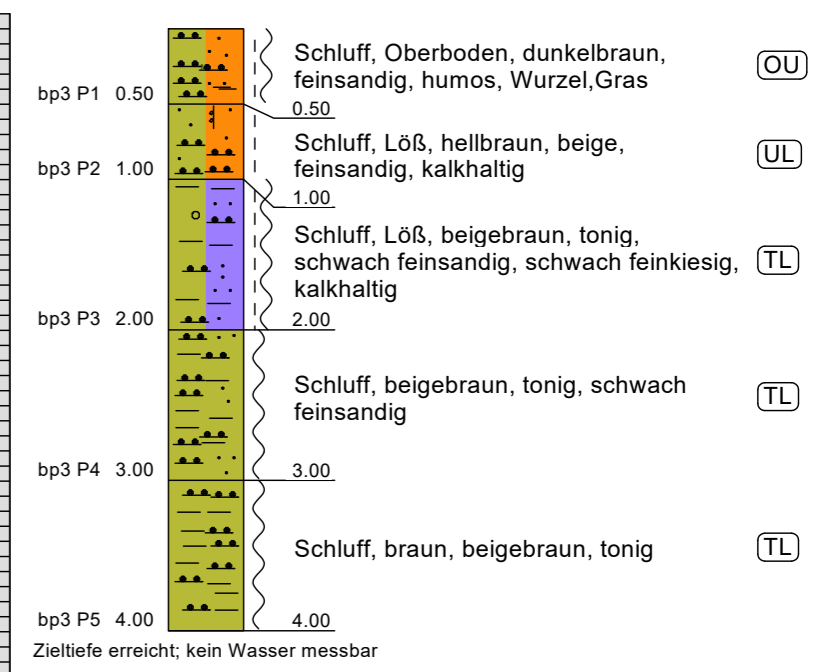
DPH 2

AP: +135.28 m üNN
Schlagzahlen je 10 cm



RB 2

AP: +135.28 m ü NN



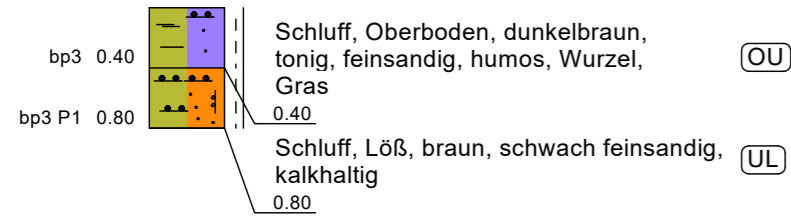
Grund-, Schicht- oder Stauwasser konnte zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (03.09.2020) an keinem Aufschlusspunkt nachgewiesen werden.

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich

	Objekt: OG Gumsheim B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"	Anlage 2.1
	Baugrunduntersuchung Rammdiagramme / Bohrprofile	zu Bericht Nr.: B20175
Dat.: 03.09.2020	Maßstab: 1 : 50	Bearb.: Mü

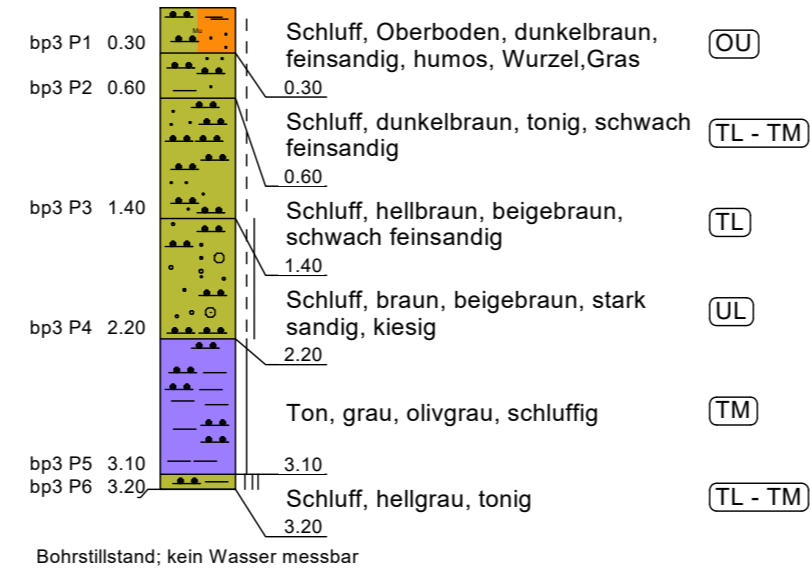
HS 1

AP: +136.69 m ü NN



RB 4

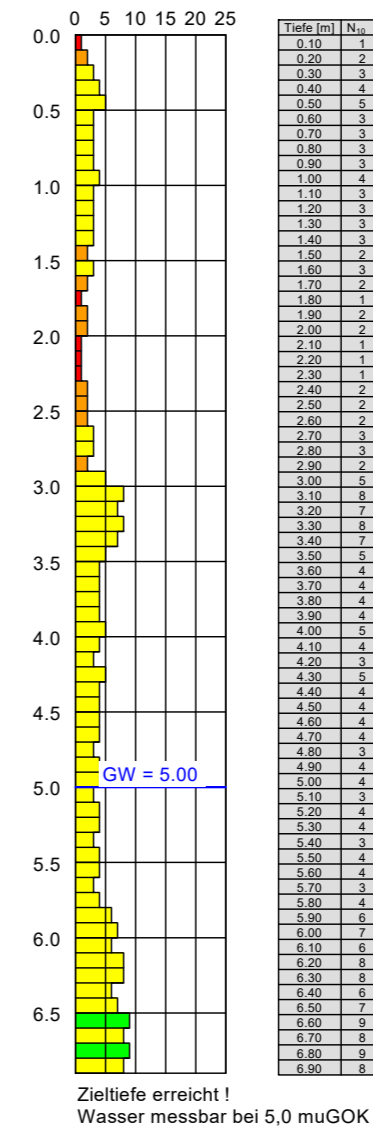
AP: +136.47 m ü NN



DPH 3

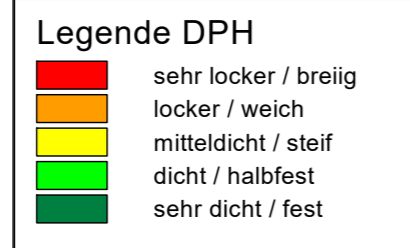
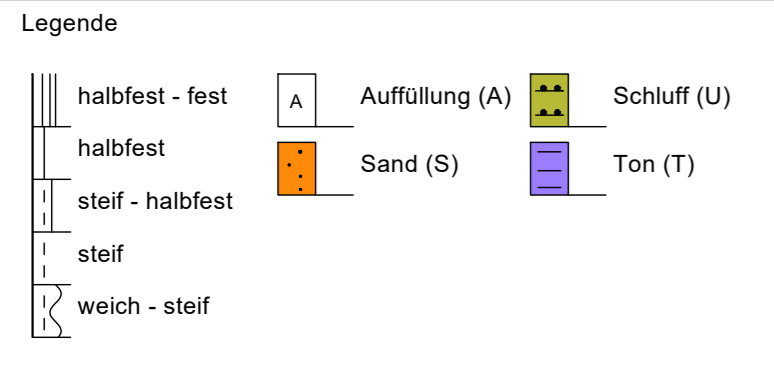
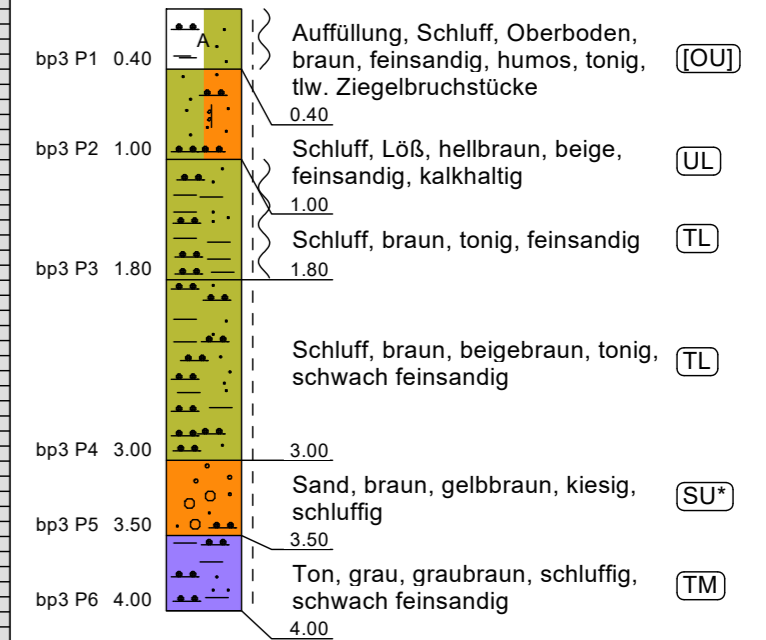
AP: +136.29 m ü NN

Schlagzahlen je 10 cm



RB 3

AP: +136.29 m ü NN



Grund-, Schicht- oder Stauwasser konnte zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (03.09.2020) an keinem Aufschlusspunkt nachgewiesen werden.

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich

	Objekt: OG Gumbsheim B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"	Anlage 2.2
	Baugrunduntersuchung	zu Bericht Nr.: B20175
	Rammdiagramme / Bohrprofile	Dat.: 03.09.2020
	Maßstab: 1 : 50	Bearb.: Mü

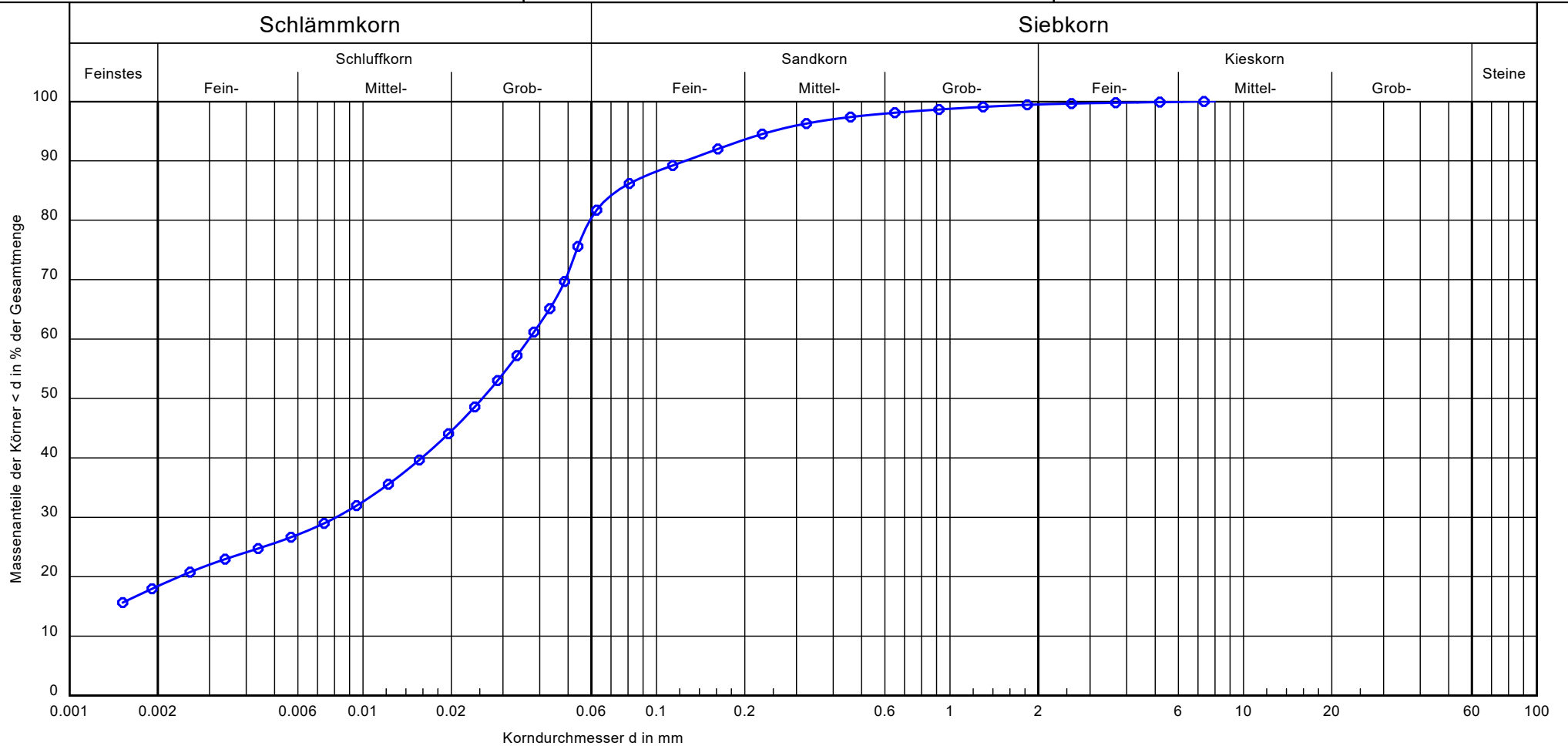
ICP - Ingenieurgesellschaft
 Prof. Czurda und Partner mbH
 Am Tränkwald 27
 67688 Rodenbach

Körnungslinie OG Gumbenheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Prüfungsnummer: B20175 RB1/P2
 Probe entnommen am: 03.09.2020
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-Schlammanalyse

Bearbeiter: JaK

Datum: 09.09.2020



Bezeichnung:	RB1/P2
Tiefe:	0,50 - 1,00 m
Bodenart:	U, t, fs'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$3,3 \cdot 10^{-9}$
U/Cc:	-/-
Bodengruppe:	TL
T/U/S/G [%]:	18,4/62,0/19,1/0,5
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:
 Wassergehalt: 11,9 M.-%
 Feinkornanteil: 80,4 M.-%

Bericht:
 B20175
 Anlage:
 3

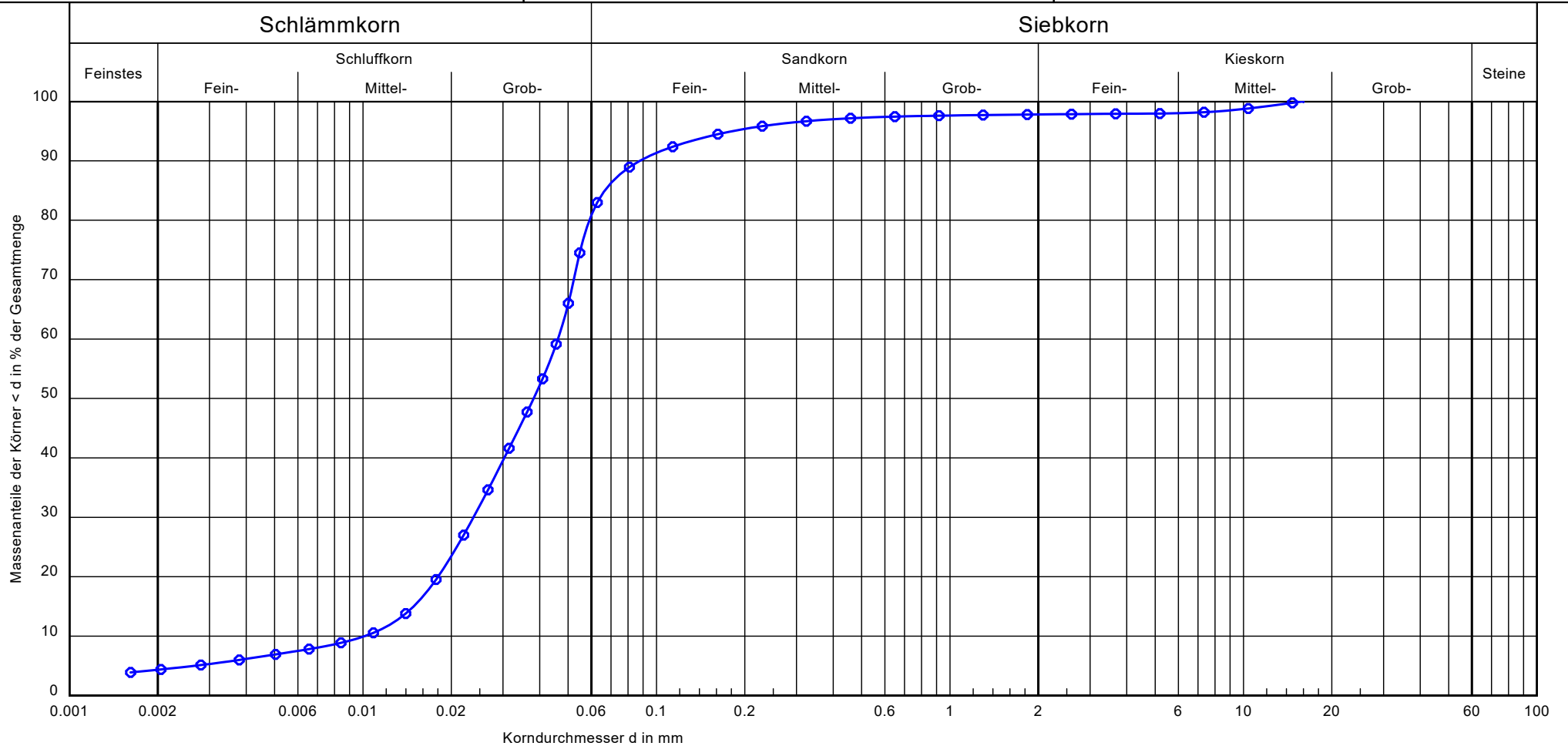
ICP - Ingenieurgesellschaft
 Prof. Czurda und Partner mbH
 Am Tränkwald 27
 67688 Rodenbach

Körnungslinie OG Gumbenheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Prüfungsnummer: B20175 RB4/P3
 Probe entnommen am: 03.09.2020
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-Schlammanalyse

Bearbeiter: JaK

Datum: 09.09.2020



Bezeichnung:	RB4/P3
Tiefe:	0,60 - 1,40 m
Bodenart:	U, fs'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$3.5 \cdot 10^{-7}$
U/Cc:	4.6/1.2
Bodengruppe:	TL
T/U/S/G [%]:	4.3/76.5/17.0/2.2
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:
 Wassergehalt: 11,0 M.-%
 Feinkornanteil: 80,8 M.-%

Bericht:
 B20175
 Anlage:
 3

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892 - 12

OG Gumbsheim
 NBG Wöllsteiner Straße

Bearbeiter: ES

Datum: 15.09.2020

Prüfungsnummer: B20175

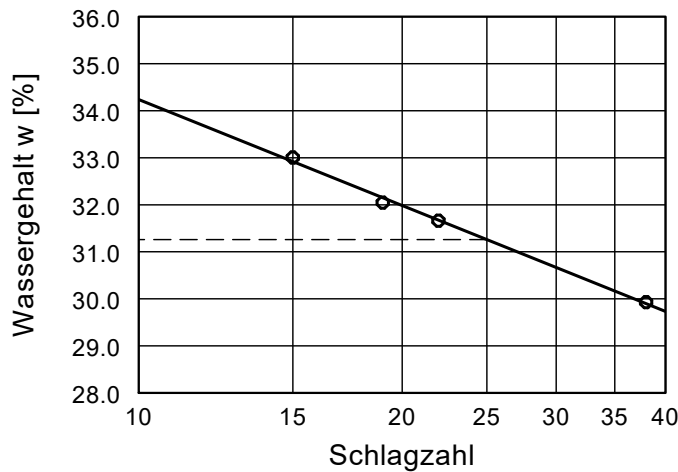
Entnahmestelle: RB 3 / P 3

Tiefe: 1,00 m - 1,80 m

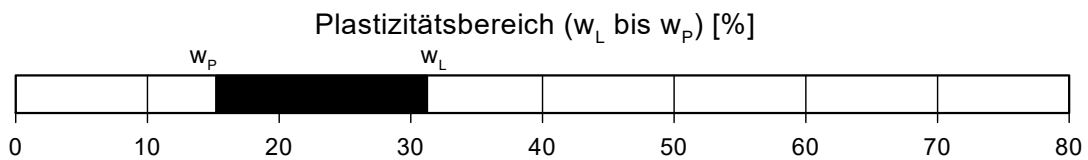
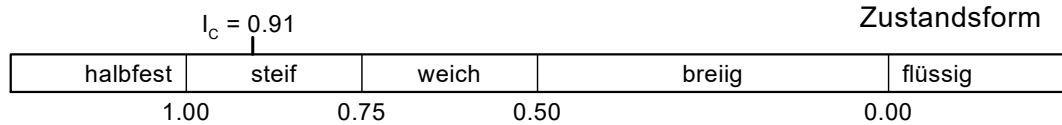
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U, t, fs

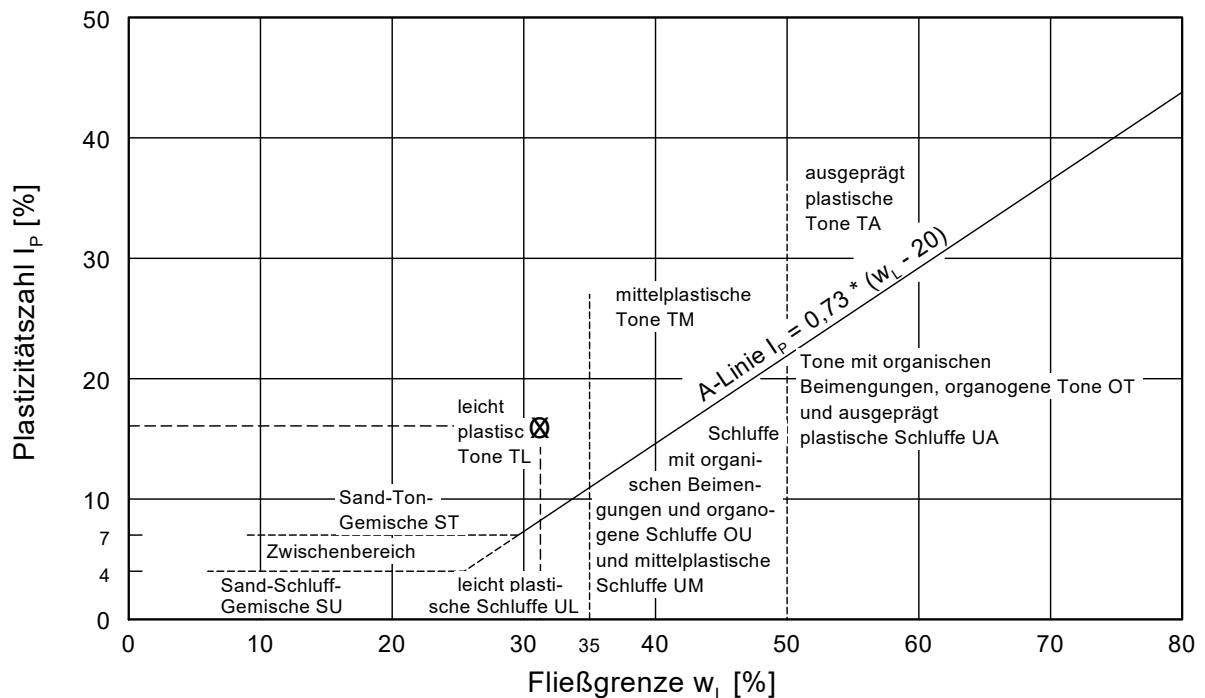
Probe entnommen am: 03.09.2020



Wassergehalt $w =$	15.2 %
Fließgrenze $w_L =$	31.3 %
Ausrollgrenze $w_P =$	15.2 %
Plastizitätszahl $I_P =$	16.1 %
Konsistenzzahl $I_C =$	0.91
Anteil Überkorn $\ddot{u} =$	9.9 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} =$	1.5 %
Korr. Wassergehalt	16.7 %



Plastizitätsdiagramm



Bestimmung des Glühverlustes DIN 18128 - GL

Bauvorhaben:	OG Gumbsheim - NBG Wöllsteiner Straße	Projekt: B20175
		Anlage 5
Messung am:	07.09.2020	
Prüfer:	JaK	
Bemerkungen:		

Prüfungsnummer	GL-1			
Entnahmestelle:	RB2			
Probenbezeichnung:	P2			
Entnahmetiefe:	0,5 - 1,0			
Bodenart:	U, fs			
nat. Wassergehalt	13,2%			
Glühzeit 550°C	4 h			
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 1				
Tara T	[g]	38,30		
Einwaage m(d)+T	[g]	74,65		
Auswaage m(gl)+T	[g]	73,80		
m(d)	[g]	36,35		
m(gl)	[g]	35,50		
V(gl)	[%]	2,34%		
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 2				
Tara T	[g]	36,30		
Einwaage m(d)+T	[g]	74,65		
Auswaage m(gl)+T	[g]	73,80		
m(d)	[g]	38,35		
m(gl)	[g]	37,50		
V(gl)	[%]	2,22%		
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 3				
Tara T	[g]	40,03		
Einwaage m(d)+T	[g]	69,90		
Auswaage m(gl)+T	[g]	69,15		
m(d)	[g]	29,87		
m(gl)	[g]	29,12		
V(gl)	[%]	2,51%		
Mittelwert V(gl)	[%]	2,36%		

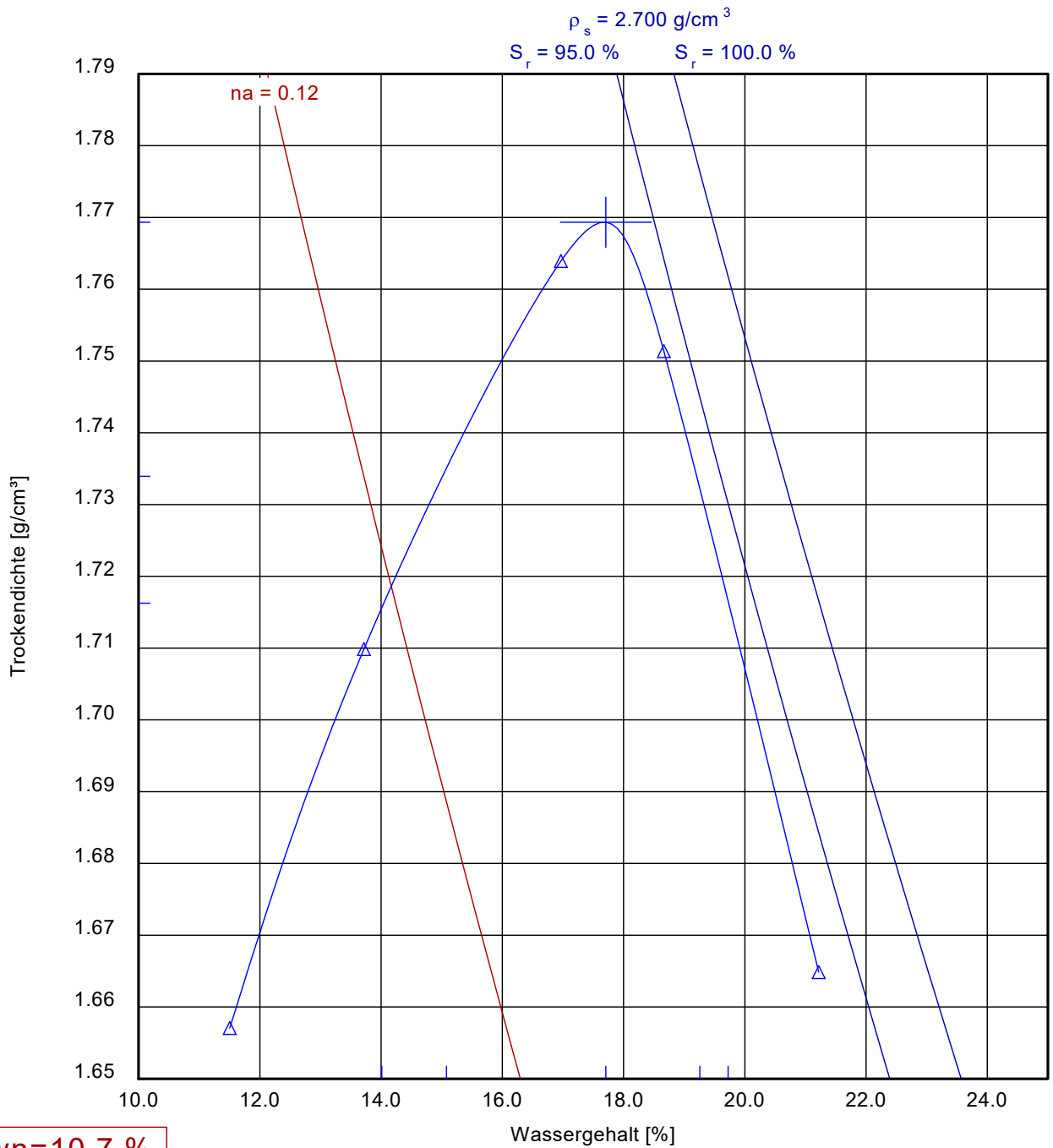
Grenzwerte nach DIN 1054: V(gl) < 3% für nichtbindige , V(gl) < 5 % für bindige Böden

Proctorversuch nach DIN18127
OG Gumbsheim
NBG Wöllsteiner Straße

Bearbeiter: J.K.

Datum: 08.09.2020

Prüfungsnummer: B20175
 Entnahmestelle: HS1_MP1
 Entnahmetiefe: 0,4 m - 0,8m
 Bodenart: U, fs'
 Entnahme am: 03.09.2020
 Proctortopfdurchmesser: 100 mm



wn=10,7 %

100 % der Proctordichte $\rho_{pr} = 1.769 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{pr} = 17.7\%$

98.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.734 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 15.1 / 19.3\%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.716 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 14.0 / 19.7\%$

Projekt:	OG Gumbenheim B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"	Datum:	03.09.2020
Projektnr.	B20175	Berarbeiter:	Schnell
Versuch:	VS 1	Lage:	VS 1

Anlage 7

Absenkversuch im Bohrloch

Allgemein		Bodenart	
Tiefenlage unter GOK [m]	1,00	Bodenart n. DIN 4022	U, t, fs
Durchmesser des Prüfrohrs [mm]	52	Bodengruppe n. DIN 18196	TL

Zeit [sec]	Höhe u POK [m]	k [m/s]	
0	0,000		
30	0,000	0,000E+00	
60	0,000	0,000E+00	
90	0,000	0,000E+00	
120	0,000	0,000E+00	
300	0,000	0,000E+00	
900	0,010	2,063E-07	
1800	0,030	2,694E-07	
3600	0,060	1,958E-07	
4500	0,077	2,179E-07	
5400	0,080	3,833E-08	
6300	0,089	1,139E-07	
7200	0,095	7,542E-08	
13800	0,119	4,005E-08	

$$k = C \cdot \frac{1}{h_m} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

k Durchlässigkeitskoeffizient [m/s]

C von Rohr-, Filterdurchmesser und Form des Ausflusses (kugelförmig, zylindrisch, u.s.w.) abhängige Grösse (siehe Figuren 5a und 5b) [m]

h_m mittlere Druckhöhe = $\frac{1}{2} (h_1 + h_2)$ [m]

$\frac{\Delta h}{\Delta t}$ Druckhöhendifferenz / Zeitintervall = Absenkgeschwindigkeit [m/s]

$C = d / 8$

Mittelwert: $k_f = 8,394E-08$ m/s

Korrekturfaktor n. DWA-A 138 f. Feldversuche: 2

Bemessungs- $k_f = 1,679E-07$ m/s

Bei geringen Absenkungen kann in Annäherung alternativ die Berechnung mit Hilfe der Formel für den Auffüllversuch (Open-End-Test) erfolgen:

$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H}$ <p>mit</p> <ul style="list-style-type: none"> k = Infiltrationsrate [m/s] Q = Wasserzugabe [m³/s] r = Radius [m] H = konstante Druckhöhe [m] 	q = verbrauchte Wassermenge	[cm ³]	252,72
	t = verbrauchte Zeit	[s]	13800
	Q = q / t	[cm ³ /s]	0,01831304
	r =	[cm]	2,6
	H =	[cm]	180

$k_f = 7,11E-08$ m/s

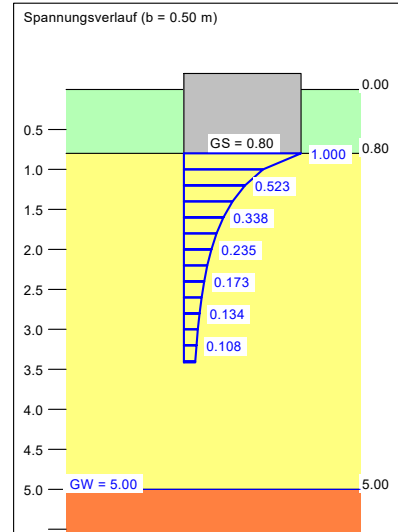
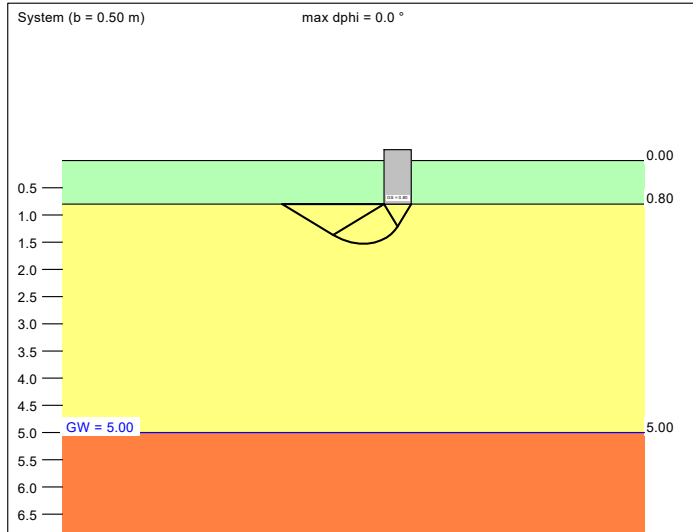
Bemessungs- $k_f = 1,42E-07$ m/s

Annahmen: - Einbindetiefe: $t = 0,80$ m;
 - Fundamentsohle in bind. Böden von mind. steifer Konsistenz

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.5	10.5	27.5	2.0	12.0	5.6	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	20.0	9.3	0.40	Schluffe (halbfest)

Berechnung erfolgt mit E und ν [E = (1 - ν - 2 \cdot ν^2) / (1 - ν) \cdot E_s]

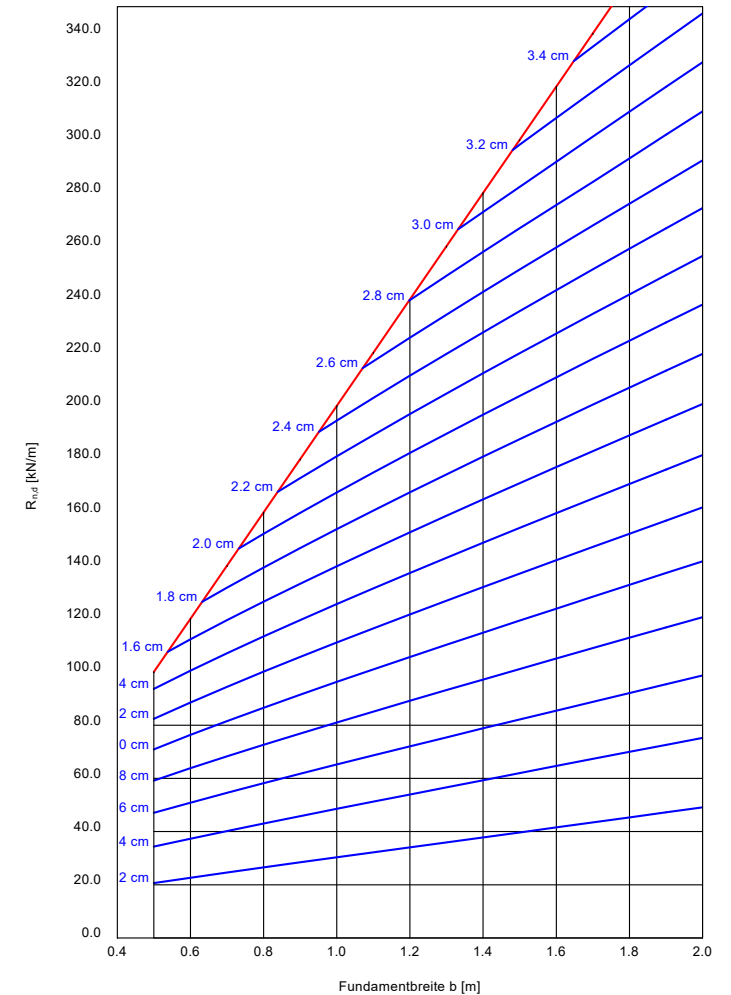
Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Streifenfundament



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	$V_{E,k}$ [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ²]
10.00	0.50	200.0	100.0	143.2	71.6	1.51	27.5	2.00	20.50	16.00	3.41	1.53	9.5
10.00	0.60	200.0	120.0	143.2	85.9	1.73	27.5	2.00	20.50	16.00	3.65	1.67	8.3
10.00	0.70	200.0	140.0	143.2	100.3	1.94	27.5	2.00	20.50	16.00	3.87	1.82	7.4
10.00	0.80	200.0	160.0	143.2	114.6	2.13	27.5	2.00	20.50	16.00	4.06	1.96	6.7
10.00	0.90	200.0	180.0	143.2	128.9	2.31	27.5	2.00	20.50	16.00	4.24	2.11	6.2
10.00	1.00	200.0	200.0	143.2	143.2	2.48	27.5	2.00	20.50	16.00	4.42	2.25	5.8
10.00	1.10	200.0	220.0	143.2	157.6	2.65	27.5	2.00	20.50	16.00	4.58	2.40	5.4
10.00	1.20	200.0	240.0	143.2	171.9	2.80	27.5	2.00	20.50	16.00	4.73	2.55	5.1
10.00	1.30	200.0	260.0	143.2	186.2	2.95	27.5	2.00	20.50	16.00	4.87	2.69	4.9
10.00	1.40	200.0	280.0	143.2	200.5	3.10	27.5	2.00	20.50	16.00	5.01	2.84	4.6
10.00	1.50	200.0	300.0	143.2	214.9	3.22	27.5	2.00	20.50	16.00	5.17	2.98	4.4
10.00	1.60	200.0	320.0	143.2	229.2	3.34	27.5	2.00	20.50	16.00	5.32	3.13	4.3
10.00	1.70	200.0	340.0	143.2	243.5	3.46	27.5	2.00	20.50	16.00	5.47	3.27	4.1
10.00	1.80	200.0	360.0	143.2	257.8	3.57	27.5	2.00	20.50	16.00	5.62	3.42	4.0
10.00	1.90	200.0	380.0	143.2	272.2	3.68	27.5	2.00	20.50	16.00	5.75	3.56	3.9
10.00	2.00	200.0	400.0	143.2	286.5	3.78	27.5	2.00	20.50	16.00	5.89	3.71	3.8

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{01,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{01,k} / 1.95$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.31

Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.308
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.308 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.308) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.396$
 $\sigma_{R,d}$ auf 200.00 kN/m² begrenzt
 Gründungssohle = 0.80 m
 Grundwasser = 5.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 — Streifenlast
 — Setzungen



SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Postfach 1261 D-65220 Taunusstein

ICP - Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Am Tränkwald 27
67688 Rodenbach

Prüfbericht 4949413
Auftrags Nr. 5493686
Kunden Nr. 10040865

Vanessa Kullik
Telefon +49 6128-744-335
Fax +49 6128-744-9499
Vanessa.Kullik@sgs.com

Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Im Maisel 14
D-65232 Taunusstein



Taunusstein, den 09.09.2020

Ihr Auftrag/Projekt: .
Ihr Bestellzeichen: B20175
Ihr Bestelldatum: 04.09.2020

OG Gumbsheim - B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Untersuchungsumfang:
LAGA (2004) Tab. II. 1.2-4/5

Prüfzeitraum von 04.09.2020 bis 09.09.2020
erste laufende Probenummer 200712849
Probeneingang am 07.09.2020

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.A. Vanessa Kullik
Kundenbetreuung

Seite 1 von 5

B20175

 Prüfbericht Nr. 4949413
 Auftrag Nr. 5493686

 Seite 2 von 5
 09.09.2020

Probe 200712849

B20175/ Aush. / MP1

Eingangsdatum:

07.09.2020

Eingangsart

Probenmatrix

Boden

durch IF-Kurier abgeholt

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----------------

Feststoffuntersuchungen :

Trockensubstanz	Masse-%	88,0	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	0,4	0,1	DIN EN 13137	HE

Metalle im Feststoff :

Königswasseraufschluß				DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	8	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	12	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	0,2	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	40	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	21	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	35	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN 1483	HE
Thallium	mg/kg TR	0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2	HE
Zink	mg/kg TR	56	1	DIN EN ISO 11885	HE

KW-Index C10-C40	mg/kg TR	14	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

B20175

Prüfbericht Nr. 4949413
Auftrag 5493686 Probe 200712849

Seite 3 von 5
09.09.2020

Probe B20175/ Aush. / MP1
Fortsetzung

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----------------

BTEX Headspace :

Benzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
Toluol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
Ethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
1,2-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
1,3+1,4-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,02	0,02	DIN EN ISO 22155	HE
Summe Xylole	mg/kg TR	-		DIN EN ISO 22155	HE
Summe BTEX	mg/kg TR	-			HE
Styrol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
iso-Propylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener BTEX	mg/kg TR	-			HE

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 38414-20	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
Summe 6 PCB (DIN)	mg/kg TR	-		DIN 38414-20	HE
Summe PCB nachgewiesen	mg/kg TR	-			HE

B20175

Prüfbericht Nr. 4949413
Auftrag 5493686 Probe 200712849

Seite 4 von 5
09.09.2020

Probe B20175/ Aush. / MP1
Fortsetzung

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
Eluatuntersuchungen :					
Eluatansatz				DIN EN 12457-4	HE
pH-Wert		9,0		DIN EN ISO 10523	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	97	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid	mg/l	3	2	DIN ISO 15923-1	HE
Sulfat	mg/l	10	5	DIN ISO 15923-1	HE
Cyanide, ges.	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2	HE
Phenol-Index, wdf.	mg/l	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 14402	HE

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

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38414-17	1981-05
DIN 38414-20	1996-01
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
DIN EN 1483	2007-07
DIN EN 27888	1993-11
DIN EN ISO 10523	2009-07
DIN EN ISO 11885	2009-09
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 15923-1	2014-07
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).



UTM Koordinaten (Zone 32 U)

RB 1 / DPH 1:
 Rechtswert: 32426540,703
 Hochwert: 5518252,654
 Höhe: 135,795

RB 2 / DPH 2:
 Rechtswert: 32426664,385
 Hochwert: 5518228,128
 Höhe: 135,278

RB 3 / DPH 3:
 Rechtswert: 32426619,487
 Hochwert: 5518187,662
 Höhe: 136,286

RB 4:
 Rechtswert: 32426571,861
 Hochwert: 5518198,996
 Höhe: 136,469

VS 1:
 Rechtswert: 32426608,649
 Hochwert: 5518242,379
 Höhe: 135,557

HS 1:
 Rechtswert: 32426515,434
 Hochwert: 5518245,061
 Höhe: 136,694

Legende

- RB Kleinrammbohrung DN 80/60
- DPH Schwere Rammsondierung
- VS Absenkversuch im Bohrloch
- HS Handschurf



Am Tränkwald 27
 67688 Rodenbach
 Tel. (06374) 80507-0 Fax 80507-7

Objekt:
 OG Gumbsheim
 B-Plan "Südl. d. Wöllsteiner Straße"

Baugrunduntersuchung

Lageplan

Maßstab: 1 : 1000

Anlage: 10

zu Bericht Nr.:
 B20175

Dat.: 03.09.2020

Bearb.:D. Müller