

ICP – Am Tränkwald 27 – 67688 Rodenbach

wvr
Wasserversorgung Rheinhessen-Pfalz GmbH
z. Hd. Herrn Stellwagen
Rheinallee 87

55294 Bodenheim



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

Amtsgericht
Kaiserslautern
HRB2687

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

Geotechnischer Bericht

Projekt-Nr.: B19212
Projekt: Neubau eines Trinkwasserbehälters;
K3 (Mörsfelder Straße);
Gemarkung Stein-Bockenheim
Betreff: Baugrunderkundung mit Geotechnischem Bericht
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Christine Koch / mm
Datum: 12.02.2020
Verteiler: vorab per e-mail an: a.stellwagen@wvr.de
Kopie per e-mail an: andreas.brandenburger@jpr-consult.de

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 Konto Nr. 971531 BLZ 540 502 20 IBAN DE89 5405 0220 0000 971531 BIC MALA DE 51 KLK
Volksbank Kaiserslautern Konto Nr. 1555600 BLZ 540 900 00 IBAN DE60 5049 0000 0001 555600 BIC GENO DE 61 KL1

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Leistungsumfang	3
2	Aufschlussresultate und Kenngrößen	6
3	Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung	12
4	Bauwerksgründung.....	15
4.1	Allgemeines	15
4.2	Technikraum: Variante 1: Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten	18
4.3	Technikraum: Variante 2: Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatte	21
4.4	Trinkwasserbehälter: Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Fundamentplatte und Gründungspolster	22
4.5	Gründungspolster und Arbeitsraumverfüllung	24
4.6	Schlussbemerkungen zur Gebäudegründung.....	25
5	Erdbautechnische Hinweise	26
5.1	Erdarbeiten, Baugruben- und Grabenaushub, Wasserhaltung.....	26
5.2	Verbau.....	28
5.3	Wiederverwendung von Aushubböden	28
5.4	Orientierende abfalltechnische Einstufung.....	29
6	Gebäudeabdichtung	31
7	Schlussbemerkung	32

Anlagen:

1. Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
2. Bohrprofile nach DIN 4023 mit
Rammdiagrammen in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2
3. Korngrößenverteilung nach DIN 18123
4. Zustandsgrenzen nach DIN 18122
5. Glühverlust nach DIN 18128-GL
6. Lageplan
7. Gründung mittels Einzel- und Streifenfundamenten:
Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019
8. Prüfbericht Nr. 4654089 der SGS Fresenius GmbH vom 30.01.2020

1 Vorgang und Leistungsumfang

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP), Am Tränkwald 27, 67688 Rodenbach wurde von der wvr Wasserversorgung Rheinhessen-Pfalz GmbH, Rheinallee 87, 55294 Bodenheim am 16.12.2019 im Namen und Auftrag des Wasserwerks der Verbandsgemeinde Wöllstein (Eigenbetrieb der Verbandsgemeinde Wöllstein) mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Berichts mit einem Gründungsvorschlag für das obige Bauvorhaben beauftragt.

Für die Ausarbeitung des Berichts standen folgende Unterlagen auftraggeberseitig zur Verfügung:

- [1] Plan Nr. 1 Variante 3: "Lageplan; M. 1 : 500" von der Wasserversorgung Rheinhessen-Pfalz GmbH, Rheinallee 87, 55294 Bodenheim vom Juli 2019
- [2] Plan Nr. 2 Variante 3: "Schnitt A & B" von der Wasserversorgung Rheinhessen-Pfalz GmbH, Rheinallee 87, 55294 Bodenheim vom Juli 2019

Das o. g. Bauvorhaben kommt auf einem Grundstück (Flur 2, Flurstücks-Nr. 46) in der Gemarkung Stein-Bockenheim an der K3 (Mörsfelder Straße) zwischen Mörsfeld und Wonsheim zu liegen (s. Bild 1).



Bild 1: Blick auf Grundstück

Die K3 (Mörsfelder Straße) grenzt südlich an das Grundstück. In einiger Entfernung verläuft südlich davon der „Dunzelbach“. Die Ortsgemeinde Stein-Bockenheim befindet sich nordöstlich des Grundstücks.

Gemäß o. g. Plänen und telefonischer Angabe von Herrn Stellwagen (wvr Wasserversorgung Rheinhessen-Pfalz GmbH) ist die Errichtung eines runden Trinkwasserbehälters aus Stahlbeton mit zwei Kammern mit einer Höhe von ca. 4,00 m vorgesehen, dessen Gründung mittels einer runden Stahlbetonfundamentplatte erfolgt. Weiterhin ist südlich des Behälters der Anbau eines Technikraumes geplant.

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten stellte sich der Grundstücksbereich als eine relativ ebene Fläche dar.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am 27.12.2019 im Bereich des Standorts des Trinkwasserbehälters drei Kleinrammbohrungen (RB 1 bis RB 3) nach DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft. Die Bohrung RB 1 wurde in einer Tiefe von 4,60 m uAP abgebrochen, da kein weiterer Bohrfortschritt mehr zu erzielen war (vermutlich Bohrhindernisse, z. B. größere Steine). Die Bohrungen RB 2 und RB 3 endeten in einer Tiefe von jeweils 5,00 m unter Ansatzpunkt (uAP) in den in dieser Tiefe anstehenden sandigen Schluffen.

Weiterhin kamen zur Beurteilung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der im Bereich des Baufeldes anstehenden Lockergesteinsböden sowie zur Erkundung der Tiefenlage der nicht mehr rammbaren Übergangszone zum Festgestein insgesamt vier schwere Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 4 nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung. Die Sondierung DPH 1 wurde in einer Tiefe von 4,80 m uAP abgebrochen, da kaum ein weiterer Sondierfortschritt mehr zu erreichen war (vermutlich Sondierhindernis, z. B. größerer Stein). Die Sondierungen DPH 2 bis DPH 4 wurden bis zu Tiefen zwischen 7,70 m uAP und 8,00 m uAP niedergebracht. Sie waren nicht ausgerammt.

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 2.1 bis 2.2).

Für die erbohrten Bodenschichten wurden die charakteristischen Bodenkenngrößen nach DIN 1055, die Bodengruppen nach DIN 18196, die Bodenklassen nach DIN 18300, die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 (Fassung 2017) sowie die Bemessungswerte des Sohlwiderstands für Streifenfundamente nach DIN 1054:2010-12 ermittelt. Weiterhin wurden Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 gebildet.

An einer charakteristischen Bodenprobe (RB 2 / P 2) wurde im bodenmechanischen Labor die Korngrößenverteilung mittels Sieb-/Schlammanalyse nach DIN 18123 ermittelt (Anlage 3).

An zwei weiteren charakteristischen Bodenproben (RB 1 / P 2 und RB 3 / P 3) wurden die Zustandsgrenzen nach DIN 18122 bestimmt (Anlagen 4.1 und 4.2).

An der aus der Bohrung RB³ entnommenen Probe P⁴ (Tiefenlage von 3,00 m bis 5,00 m unter Geländeoberkante) wurde der Glühverlust nach DIN 18128-GL im bodenmechanischen Labor bestimmt, um den Anteil an organischen Bestandteilen zu ermitteln.

Weiterhin wird an einer Sammelprobe im bodenmechanischen Labor ein Proctorversuch nach DIN 18127 durchgeführt. Die Ergebnisse lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor. Sie werden nachgereicht.

Zur orientierenden abfalltechnischen Einstufung des voraussichtlich anfallenden Erdaushubs wurde eine Mischprobe MP 1 (RB 1 / (P 2 + P 5) + RB 2 / (P 2 - P 4) + RB 3 / (P 2 - P 4)) erstellt und der SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 65232 Taunusstein zur orientierenden Deklarationsanalyse nach LAGA¹ (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) und Ermittlung der Ergänzungsparameter (DepV) (2009/2013), DK 0 – DK II (Anhang 3, Tab. 2) übergeben. Der Prüfbericht Nr. 4654089 vom 30.01.2020 ist als Anlage 8 beigefügt. Die Ergebnisse der Ergänzungsparameter (DepV) lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor. Sie werden nachgereicht.

Die Ansatzpunkte der niedergebrachten Kleinrammbohrungen und der schweren Rammsondierungen wurden mittels GNSS-Vermessung nach Höhe (m ü NN) ermittelt und sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen. Die Endteufen der niedergebrachten Aufschlüsse (m uAP und m ü NN) wurden ebenfalls in der Tabelle aufgeführt.

Die Lage der Kleinrammbohrungen und der schweren Rammsondierungen ist dem beigefügten Lageplan zu entnehmen (Anlage 6).

Tabelle 1: Höhen- und Koordinatenangaben

Höhen- und Koordinatenangaben			
Projekt:	Neubau eines Trinkwasserbehälters; K3 (Mörsfelder Straße); Gemarkung Stein-Bockenheim		
Datum:	27.12.2019		
Beobachter:	Neumann Jan / Neumann Frederic		
Kleinrammbohrung (RB) Schwere Rammsondierung (DPH)	Ansatzpunkt (AP)	Endteufe	
	[m ü NN]	[m u AP]	[m ü NN]
RB 1	225,91	4,60	221,31
RB 2	226,05	5,00	221,05
RB 3	226,73	5,00	221,73
DPH 1 bei RB 1	225,91	4,80	221,11
DPH 2	226,31	8,00	218,31
DPH 3 bei RB 2	226,05	8,00	218,05
DPH 4 bei RB 3	226,73	7,70	219,03

¹ Mitteilungen der Ländergemeinschaft Abfall (LAGA) 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln: 2004

2 Aufschlussergebnisse und Kenngrößen

Gemäß der geologischen Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1:300000 (herausgegeben vom Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz) liegt das Untersuchungsgebiet im Grenzbereich der Oberen Glan-Subgruppe des Rotliegenden (rgo; Permokarbon) zu dem Bereich des aus schluffigen Lehmen bis sandigen, z. T. umgelagerten Schluffen bestehenden Bereichs des Lößes, Lößlehms, Schwemmlößes und Sandlößes (Lo; Quartär), der lokal mit Hangsedimenten verzahnt sein kann.

Die Gesteinssuite der Oberen Glan-Subgruppe (Thallichtenberg-, Oberkirchen-, Disibodenberg- und Meisenheim-Formation) setzt sich im Wesentlichen im oberen Teil aus roten, konglomeratischen Arkosen und darunter aus einer Wechsellagerung aus grauen Ton-, Silt- und Sandsteinen, Konglomeraten sowie Tuffen und Kalksteinen zusammen.

Das Festgestein wird von den Sedimenten und seinen chemisch-physikalischen Verwitterungsprodukten überlagert, welche entsprechend der Kornzusammensetzung des Ausgangsgesteins allgemein als schwach tonige, schwach bis stark (fein-)sandige Schluffe von leichter Plastizität und schwach schluffige bis schluffige, teils schwach kiesige bis kiesige Sande mit variierendem Anteil an verwittertem Festgesteinsbruch in Kieskorn- bis Steinfraktion zu charakterisieren sind.

In die Lockergesteinszone können größere Steine eingeschaltet sein. Hinweise hierauf liefern die „Peaks“ der Schlagzahlen bei den niedergebrachten schweren Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2.

Im Übergangsbereich der Festgesteinsoberfläche zum Lockergestein entstand durch physikalisch-chemische Entfestigung eine Übergangszone / Verwitterungszone mit graduell entfestigtem Gesteinsverband.

Aufgrund der regionalgeologischen Situation und der Ergebnisse der Sondierungen ist davon auszugehen, dass die Bohrung RB 1 und die Sondierung DPH 1 nicht im massiven, „gesunden“ Festgestein, sondern auf einem Rammhindernis, z. B. auf einem größeren Stein oder einer dünnen Gesteinsbank endeten.

Der obere Geländeabschluss im Untersuchungsgebiet wird teilweise, wie die Erkundungsarbeiten ergaben, bis zu einer Tiefe von ca. 1,40 m (bei RB 1) aus Auffüllungen aus schwach tonigen, schwach sandigen, schwach feinkiesigen bis sehr schwach mittelkiesigen Schluffen gebildet, die vereinzelt Ziegelreste enthalten.

Entsprechend der regionalgeologischen Situation lässt sich auf Grundlage der Aufschlussergebnisse das nachfolgende, in Schichtglieder (SG) unterteilte Grundsatzprofil unterhalb der ca. 0,40 m mächtigen Oberbodenschicht ableiten:

SG I: Auffüllungen / Schluffe

schwach tonige, schwach sandige, schwach feinkiesige bis sehr schwach mittelkiesige Schluffe; \pm kalkhaltig;
vereinzelt Ziegelreste enthaltend
Bodengruppe: [TL] nach DIN 18196
Konsistenz: weich
Farbe: braun-beige

SG IIa: Schluffe

schwach bis stark (fein-) – (mittel-)sandige, teils schwach tonige, teils sehr schwach bis schwach (fein-) - (mittel-)kiesige Schluffe; \pm kalkhaltig;
Bodengruppen: UL, TL nach DIN 18196
Konsistenz: weich bis halbfest
Farbe: braun-beige, hellbeige, beige

SG IIb: nichtbind. Sande (nur bei RB 1 aufgeschlossen)

schwach schluffige bis schluffige, teils schwach kiesige bis kiesige Sande; \pm kalkhaltig
Bodengruppe: SU nach DIN 18196
Lagerung: mitteldicht bis dicht
Farbe: gelb, gelb-orange, braun-beige

SG III: Übergangszone / Festgestein

Ton-, Silt- und Sandsteine, Konglomerate, Kalksteine
im Bereich der Übergangszone \pm verwittert
Felsklasse 6 bzw. 7 nach DIN 18300

Das im tieferen Untergrund anstehende Festgestein wurde mit den durchgeführten Kleinrammbohrungen verfahrensbedingt nicht direkt aufgeschlossen und kann somit bei derzeitigem Kenntnisstand nicht weitergehend nach DIN 18300 klassifiziert werden.

Festgesteinshorizont

Die Sondierung DPH 1 wurde bereits in einer Tiefe von 4,80 m uAP abgebrochen, da kaum ein weiterer Sondierfortschritt mehr zu erreichen war. Basierend auf den Endteufen der übrigen Sondierungen ist davon auszugehen, dass die Sondierung DPH 1 auf einem Rammhindernis (z. B. größeren Stein) endete und nicht im massiven, „gesunden“ Festgestein. Die Sondierungen DPH 2 bis DPH 4 waren in Tiefen zwischen 7,70 m und 8,00 m uAP noch nicht ausgerammt. Anhand dieser Ergebnisse ist die nicht mehr rambbare Übergangszone zum Festgestein in Tiefen >> 8,00 m uAP zu erwarten.

Wasserstände

Grund-, Schicht- oder Stauwasser war zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (27.12.2019) bei den Bohrungen RB 1 bis RB 3 und den Sondierungen DPH 1 bis DPH 4 bis zur jeweiligen Endteufe nicht nachweisbar. Generell ist jedoch eine zeitweilige, jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Schichtwasserführung bzw. die Ausbildung stauwasser Horizonte nicht auszuschließen.

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 Stauwasserhorizonte auf Schichtlagen oberhalb eines geschlossenen Grundwasserspiegels, insbesondere nach andauernden Niederschlagsperioden, im gesamten Baufeld nicht generell auszuschließen ist.

Charakteristische Kenngrößen der anstehenden Schichtglieder

Die charakteristischen Kenngrößen der anstehenden Schichtglieder sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Kenngrößen und Bodenparameter

	SG I Auff. / Schluffe (bei RB 1)	SG IIa Schluffe	SG IIb nichtbind. Sande (bei RB 1)	SG III Übergangs- zone / Fest- gestein*)
aufgeschlossene Mächtigkeit [m]	1,00	4,60	3,20	--
Bodengruppe (DIN 18196)	[TL]	UL, TL	SU	--
Homogenbereiche ¹⁾ (DIN 18300:2019-09)	4-1.1, 2-1.1 ⁺	4-1.1, 5b-1.1, 2-1.1 ⁺	3a-1.1, 5a- 1.1, 6a, 2- 1.1 ⁺	6, 7
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)	4 ⁺	4 ⁺	3	6c, 7
Konsistenz / Lagerungsdichte	weich --	weich- halbfest --	-- mitteldicht - dicht	-- --
Plastizität	leicht	leicht	--	--
Wichte (DIN 1055) erdfeucht γ_k [kN/m ³] unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	20,0 10,0	20,0 – 21,0 10,0 – 11,0	19,0 – 22,0 11,0 – 14,0	22,0 – 24,0 12,0 – 14,0
Scherfestigkeit Reibungswinkel $\text{cal } \varphi'$ [Grad] (DIN 1055)	27,5	27,5	32,5 – 35,0	30,0 – 37,5
Scherfestigkeit Kohäsion (DIN 1055) $c_{u,k}$ [kN/m ²] c'_k [kN/m ²]	0 0	0 - 40 0 - 5	0 0	-- --
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	5 - 8	5 - 30	25 - 40	> 60
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17	F3 [TL]	F3 (TL, UL)	F2 ⁺⁺ (SU)	--
Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente nach DIN 1054:2010-12: $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	200 ²⁾ [TL]	250 ²⁾ (UL) 200 ²⁾ (TL)	380 ³⁾ (SU)	> 380
Durchlässigkeit k_f [m/s] gemäß Literatur	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁹	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁹	10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁹	--
Massenanteil (M.-%) Steine Blöcke große Blöcke	Ein Vorkommen ist nicht auszu- schließen; die Bestimmung des Massenanteils ist aufgrund der beauftragten Erkundungsver- fahren jedoch nicht möglich.	Ein Vorkommen ist nicht auszu- schließen; die Bestimmung des Massenanteils ist aufgrund der beauftragten Erkundungsver- fahren jedoch nicht möglich.	Ein Vorkommen ist nicht auszu- schließen; die Bestimmung des Massenanteils ist aufgrund der beauftragten Erkundungsver- fahren jedoch nicht möglich.	--
Benennung von Fels (Petrographie) / Veränderlichkeit (DIN EN ISO 14689-1)	---	---	---	Sandsteine, Konglomerate: nicht veränder- lich; Kalksteine: nicht veränder- lich bis verän- derlich; Ton-, Siltsteine: ver- änderlich bis stark verände- lich

- *) Auf Grundlage der regionalgeologischen Situation angenommene Werte
- +) 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 bzw. in den Homogenbereich 2 nach DIN 18300:2016-09 übergehen.
- ++) Nur wenn ≥ 5 Gew.-% $< 0,063$ mm bei $U \geq 15$ oder ≥ 15 Gew.-% $< 0,063$ mm bei $U \leq 6$, sonst zu F1 gehörend.
- 1) Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgte entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen. Die anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite (sofern eine Ermittlung der Eigenschaften, Kennwerte und Bandbreite aufgrund der beauftragten Aufschlussverfahren möglich war) sind in obiger Tabelle enthalten. Für die Einteilung der Böden in Homogenbereiche wurden die Empfehlungen aus der DVGW-Information Gas/Wasser Nr. 20 vom Januar 2016 für die Vergabe und Abwicklung von Bauaufträgen im Leitungstiefbau herangezogen.
- 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 hingewiesen. Der angegebene Tabellenwert gilt für eine mindestens steife bis halbfeste Konsistenz (Bodengruppe UL) bzw. steife Konsistenz (Bodengruppe TL). Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.5 und A 6.7. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden (s. Angaben der DIN 1054:2010-12). Die Anwendung der in DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.5 und A 6.7 genannten Werte kann bei mittig belasteten Fundamenten je nach Fundamentbreite zu **Setzungen in der Größenordnung $s \approx 2$ bis 4 cm** führen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.
- 3) Dieser Wert gilt nur für **Streifenfundamente** mit b bzw. $b' = 0,5$ 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 hingewiesen. Für andere Einbindetiefen gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.1. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden (s. Angaben der DIN 1054:2010-12). Bei Anwendung der Werte nach Tabelle A 6.1 ist bei Fundamentbreiten bis **1,5 m mit Setzungen von etwa 2 cm**, bei breiteren Fundamenten mit ungefähr proportional zur Fundamentbreite stärkeren Setzungen zu rechnen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.

Tabelle 3: Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche

Homogenbereich	Kennwerte
1	Oberboden
2-1.1	Böden der Bodengruppen [TL], UL, TL, SU in flüssiger oder breiiger Konsistenz, mit LAGA-Analytik
3a-1.1	Böden der Bodengruppe SU in lockerer bis dichter Lagerung, Steinanteil 0-30 %, mit LAGA-Analytik
4-1.1	Böden der Bodengruppen [TL], UL, TL in weicher bis halbfester Konsistenz, leicht plastisch, Steinanteil 0-30 %, mit LAGA-Analytik
5a-1.1	Böden der Bodengruppe SU in lockerer bis dichter Lagerung, Steinanteil > 30 %, Blockanteil 0-30 %, mit LAGA-Analytik
5b-1.1	Böden der Bodengruppen UL, TL in weicher bis halbfester Konsistenz, leicht plastisch, Steinanteil > 30 %, Blockanteil 0-30 %, mit LAGA-Analytik
6a	Böden der Bodengruppe SU in mitteldichter bis dichter Lagerung, Blockanteil > 30 %, ohne LAGA-Analytik
6c	Fels mit sehr kleinen bis mittleren (\triangle Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) Abmessungen der Gesteinskörper, vollständig bis mäßig verwittert, ohne LAGA-Analytik
7	Fels mit mittleren (\triangle Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) bis sehr großen Abmessungen der Gesteinskörper, schwach verwittert bis frisch, ohne LAGA-Analytik

Glühverlust

An der aus der Bohrung RB³ entnommenen Probe P⁴ (Tiefenlage von 3,00 m bis 5,00 m unter Geländeoberkante) wurde der Glühverlust nach DIN 18128-GL im bodenmechanischen Labor bestimmt, um den Anteil an organischen Bestandteilen zu ermitteln.

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.

Der Glühverlust entspricht dem Masseverlust des bei 105°C getrockneten Bodens bei einer Glüh-temperatur von 550°C. Basierend auf den Versuchsergebnissen weist die untersuchte Probe einen Gehalt an organischen Bestandteilen von 1,77 % auf (siehe Anlage 5).

Die Einflussnahme organischer Bestandteile wirkt sich bei bindigen Böden erfahrungsgemäß ab einem Glühverlust von 5 M.-% und bei nichtbindigen Böden ab einem Glühverlust von 3 M.-% maßgeblich aus (vgl. DIN 1054). Ab diesem Gehalt an organischen Bestandteilen weisen diese Böden bereits erheblich veränderte plastische Eigenschaften auf. Böden mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen sind daher für Gründungszwecke als ungeeignet zu beurteilen.

Der Glühverlust des untersuchten bindigen Bodens lag unter dem genannten Wert von 5 M.-%. Dieser Boden weist daher keinen erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen auf und ist daher der Bodengruppe UL - TL zuzuordnen.

3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

Bezüglich der Erdbebeneinwirkung gehört das Untersuchungsgebiet (bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte) gemäß DIN EN 1998-1/ NA:2011-01 zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund).

Die Erdbebenzone 0 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,0 bis < 6,5 gemäß der Europäischen Makroseismischen Skala EMS-98 zugeordnet ist.

Konstruktiv ist beim Bauen in erdbebengefährdeten Gebieten der Zusammenhalt des Bauwerks bzw. der jeweils dynamisch unabhängigen Teile eines Bauwerks im Gründungsbereich sicherzustellen. Die Konstruktionshinweise der DIN EN 1998-5 für Einzel- und Streifenfundamente sowie für Platten Gründungen sind zu beachten.

Gemäß der Hangstabilitätskarte von Rheinland-Pfalz liegt das Untersuchungsgebiet außerhalb von vermuteten oder nachgewiesenen Rutschgebieten.

Die bis zu einer Tiefe von ca. 1,40 m uAP (bei RB 1) aufgeschlossenen Auffüllungen der Bodengruppe [TL] des Schichtgliedes SG I weisen eine überwiegend weiche Konsistenz auf.

Unterlagert werden die Auffüllungen im Bereich der Bohrung RB 1 von den nichtbindigen Sanden der Bodengruppe SU des Schichtgliedes SG IIb, deren Lagerung als hauptsächlich mitteldicht, in tieferen Bereichen als dicht zu beurteilen ist. Die nicht bindigen Sande der Bodengruppe SU sind der Bodenklasse 3 zuzuordnen. Ab mindestens mitteldichter Lagerung stellen sie einen gut tragfähigen, unter statischer Belastung im Allgemeinen nur zu geringen Setzungen neigenden Baugrund dar.

Bei den Bohrungen RB 2 und RB 3 wurden unterhalb der vorhandenen Oberbodendecke bis zur jeweiligen Endteufe die schwach bis stark (fein-) – (mittel-)sandigen, teils schwach tonigen, teils sehr schwach bis schwach (fein-) - (mittel-)kiesigen Schluffe der Bodengruppen TL und UL des Schichtgliedes SG IIa vorgefunden. Sie weisen bis zu Tiefen zwischen 1,20 m uAP (Bereich DPH 3) und 4,80 m uAP (Bereich DPH 2) – 6,50 m uAP (Bereich DPH 4) überwiegend eine lediglich weiche bis weich-steife Konsistenz auf. Zur Tiefe gehen sie in steife bis steif-halbfeste Konsistenz über.

Nach DIN 18300 sind die bindigen Auffüllungen und Böden der Bodengruppen [TL], UL und TL der Schichtglieder SG I und SG IIa bei weicher bis halbfester Konsistenz der Bodenklasse 4 zuzuordnen. Bindige Böden sind als wasserempfindlich anzusprechen, d. h., sie reagieren bei Wassergehaltsänderung (Durchfeuchtung) mit einer Verschlechterung ihrer bodenmechanischen Eigenschaften. Durchnässte, breiige Böden gehören nach DIN 18196 in die Bodenklasse 2. Ab mindestens steifer Konsistenz stellen bindige Böden allgemein einen mäßig tragfähigen, zu Setzungen neigenden Baugrund dar.

Bindige Böden von weicher bzw. breiiger Konsistenz sind aufgrund ihrer ausgeprägten Setzungswilligkeit hingegen nicht belastbar und als ungeeignet für Gründungszwecke zu beurteilen.

Wichtiger Hinweis

Die Gründungssohlen von Bauwerken und damit auch die umlaufende Ringdrainage werden hier 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).

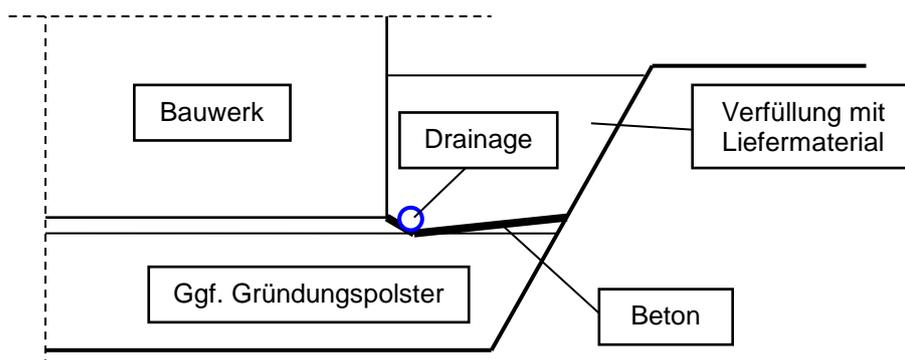


Abb. 1: Systemschnitt

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, vgl. Hinweis)!

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 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.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sowie zur Möglichkeit der Begrenzung der zulässigen Setzungen wurde auf die Prüfung zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens verzichtet und zur Ausarbeitung der nachfolgenden Gründungsvorschläge orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 ausgeführt (siehe Kapitel 4).

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 sind bodenspezifisch in Anlehnung an PLACZEK (1985) und durch Korrelation zwischen Bohrungen und schweren Rammsondierungen erfahrungsgemäß folgende Schlagzahlen zu erreichen:

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

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

Nach Auswertung der Ergebnisse der niedergebrachten Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 4) ergeben sich die in nachfolgender Tabelle 4 dargestellten Sachverhalte hinsichtlich der Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung (bis zur Endteufe der ausgeführten Sondierungen).

Tabelle 4: Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung

Schwere Rammsondierung (DPH)	Baugrund mit durchgängig steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung [m unter Ansatzpunkt]	Baugrund mit durchgängig steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung
		ca. [m ü NN]
DPH 1	1,60	224,3
DPH 2	4,80	221,5
DPH 3	1,20	224,9
DPH 4	6,50	220,2

Anhand der Aufschlussergebnisse ist von einer sehr unterschiedlichen Tragfähigkeit des Baugrunds in Höhe der Gründungssohlen auszugehen.

Wir empfehlen daher im Vorfeld der Baumaßnahme zur Überprüfung dieses Sachverhalts ergänzend Baggerschürfe durchzuführen.

4 Bauwerksgründung

4.1 Allgemeines

Die Angaben in diesem Bericht, die u. g. Gründungsvorschläge und die erdbautechnischen Hinweise (Böschungswinkel, usw.) beziehen sich nur auf das unmittelbare Baufeld.

Bei der Gründung ist generell auf ein einheitliches (ggf. homogenisiertes) Gründungssubstrat zu achten.

Generell ist zur Gewährleistung der Frostsicherheit bei Einzel- und Streifenfundamenten unter luftberührten Außenwänden eine Mindesteinbindetiefe von 0,8 m vorzusehen. Bei Einzel- und Streifenfundamenten unter nichtluftberührten Außenwänden wird generell eine Einbindetiefe von 0,5 m empfohlen. Bei Gründung mittels tragender Bodenplatte ist die Bodenplatte in den Bereichen, in denen eine Mindesteinbindetiefe von 0,8 m unterschritten wird, mit Frostschrägen zu versehen.

Bei dem geplanten Bauvorhaben handelt es sich um den Neubau eines runden Trinkwasserbehälters aus Stahlbeton mit zwei Kammern mit einer Höhe von ca. 4,00 m, dessen Gründung mittels einer runden Stahlbetonfundamentplatte erfolgt. Weiterhin ist südlich des Behälters der Anbau eines Technikraumes geplant. Der Behälter und der Technikraum binden teilweise in den Baugrund ein. Gemäß o. g. Plan [2] erhält der Behälter außerdem eine Erdüberschüttung.

Der Durchmesser des Behälters beträgt gemäß o. g. Plan [1] ca. 14,20 m und die Grundrissfläche des Technikraumes ca. 8,60 m x 8,45 m.

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen noch keine genauen Angaben zum planmäßigen Gründungsniveau vor. Für die nachfolgenden Betrachtungen und Berechnungen werden daher die Unterkante der Fundamentplatte des Trinkwasserbehälters (UK Platte) und die Oberkante des Rohfußbodens des Technikraumes (OK RFB) etwa auf der Höhe 223,90 m ü NN) angenommen.

Belastung

Angaben zur Belastung der Fundamente bzw. der Fundamentplatte lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor. Bei Vorliegen der tatsächlichen Lasten werden gegebenenfalls ergänzende Grundbruch- und Setzungsberechnungen erforderlich.

Für herzustellende Langzeitböschungen ohne zusätzliche Last

Sollten 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 09 (Fassung 2011) 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 sowie bei Böschungen mit Strömungsdruck oder 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 Bauwerkes von der Böschungskante muss so groß sein, dass die Böschung keine Belastung durch das Gebäude erfährt. Bei einer Böschungshöhe von z. B. 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 dementsprechend 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).

Bauwerksgründung

Vor Beginn der Gründungsarbeiten ist der Oberboden generell zu entfernen und, falls erforderlich, durch Fremdmaterial auszutauschen (Bodenaustausch).

Aufgrund der Aufschlussergebnisse ist davon auszugehen, dass die Gründungssohlen bei der angenommenen Gründungskote teilweise in den ausreichend tragfähigen Sanden von mitteldichter Lagerung (z. B. Bereich RB 1), teilweise in den ausreichend tragfähigen Schluffen von steifer Konsistenz (z. B. Bereich DPH 3) und teilweise in den nicht ausreichend tragfähig zu beurteilenden Schluffen von lediglich weicher bis weich-steifer Konsistenz (z. B. bei DPH 2 und DPH 4) zu liegen kommen.

Aufgrund der großen Mächtigkeit der anstehenden bindigen Böden von lediglich weicher bis weich-steifer Konsistenz im Bereich DPH 4 wäre beim Auftreten größerer Lasten eine Bodenverbesserung mittels Rüttelstopfsäulen oder das Tieferführen der Bauwerkslasten mittels pfahlartiger Gründungselemente bis auf ausreichend tragfähigen Baugrund zu empfehlen. Im Hinblick auf die Ergebnisse der übrigen Sondierungen handelt es sich jedoch ggf. nur um eine punktuelle, lokal begrenzte Verschlechterung des Baugrunds.

Aufgrund dessen empfehlen wir im Vorfeld der Baumaßnahme zur Überprüfung dieses Sachverhalts, ergänzend Baggerschürfe durchzuführen.

In o. g. Fall ist eine Flachgründung mittels tragender Fundament- und Bodenplatten und Gründungspolster bzw. ggf. im Bereich des Technikraumes auch eine Gründung mittels Einzel- / Streifenfundamenten möglich. Diese Gründungsmethoden werden nachfolgend untersucht.

4.2 Technikraum: Variante 1: Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten

Planmäßig ist eine Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Fundamentplatte im Bereich des Trinkwasserbehälters und tragender, elastisch gebetteter Bodenplatte im Bereich des Technikraumes vorgesehen. Im Bereich des Technikraumes ist alternativ dazu ggf. eine Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten möglich. Die nachfolgenden Angaben zu einer Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten dienen daher lediglich der Orientierung.

Sollten bei Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten in Höhe der Fundamentsohlen Böden von nicht ausreichender Tragfähigkeit anstehen (bindige Auffüllungen und Böden von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz), sind die Fundamente generell bis zum Erreichen der Böden von mindestens ausreichender Tragfähigkeit (Böden mit mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung) mittels Füllbeton tieferzuführen, oder unterhalb der Fundamente ist ein Gründungspolster einzubauen. Da hier ausreichend tragfähige Böden nach derzeitigem Kenntnisstand jedoch teilweise erst in größeren Tiefen (z. B. Bereich DPH 2, DPH 4) anstehen, wird von einer Tieferführung der Fundamente abgeraten und ein Einbau eines Gründungspolsters empfohlen. Dies führt auch zu einer Homogenisierung des Baugrunds.

Sollten die Fundamente teilweise in den nichtbindigen Sanden und teilweise in den bindigen Böden von ausreichender Tragfähigkeit zu liegen kommen, empfehlen wir zur Homogenisierung des Baugrunds und Vermeidung von Spannungsspitzen ebenfalls ein Gründungspolster unterhalb der Fundamente einzubringen (Mächtigkeit mindestens ca. 0,20 m – 0,30 m (z. B. Bereiche DPH 1, DPH 3).

Nach derzeitigem Kenntnisstand wird von einer Mächtigkeit des Gründungspolsters in den nicht ausreichend tragfähigen Bereichen (z. B. Bereich DPH 2 und DPH 4) von ca. 0,50 m - 1,00 m ausgegangen.

Die Gründungsaufstandsflächen sind vor dem Einbringen des Fundamentbetons nachzuverdichten. Dabei sollte nur statisches Verdichtungsgerät verwendet werden.

Zur Vermeidung einer Verschlechterung der bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes durch Witterungseinflüsse empfehlen wir bei Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten, eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton (Stärke ca. 5 – 10 cm) unverzüglich nach Aushub und Abnahme der Fundamentgräben einzubauen.

Zur Abschätzung der Bemessungswerte des Sohlwiderstands in Abhängigkeit von den Fundamentabmessungen bzw. der Fundamentbreite unter Berücksichtigung des Setzungsverhaltens wurden Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 für die ständige Bemessungssituation (BS-P) nach EC 7 durchgeführt.

Als Berechnungsgrundlage wurde exemplarisch die schwere Rammsondierung DPH 2 in Verbindung mit den Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 3 herangezogen.

Für die Berechnungen wurde von einer Mindesteinbindetiefe der Fundamente von 0,80 m ausgegangen.

Horizontallasten und Momente wurden nicht berücksichtigt. Die Vertikallasten sind zentrisch am Fundament angreifend zu verstehen.

Exemplarisch wurde ein Gründungspolster in einer Mächtigkeit von 0,50 m ab UK Fundamente berücksichtigt.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 zur abschätzenden Dimensionierung der Einzel-/Streifenfundamente aufgeführt. Die Details sind den Anlagen 7.1 und 7.2 zu entnehmen und zu beachten!

In Abhängigkeit von der maßgebenden Linien-/Einzellast können den Diagrammen die bei der jeweils vorgegebenen Fundamenteinbindetiefe erforderlichen Fundamentabmessungen entnommen werden. Maßgebende Kriterien sind hierbei

- die Gewährleistung der geforderten Grundbruchsicherheit sowie
- die Begrenzung der unter der maßgebenden Belastung zu erwartenden Fundamentsetzungen auf ein für die aufgehende Bauwerkskonstruktion als noch verträglich zu beurteilendes Höchstmaß. Neben den Absolutsetzungen der Fundamente sind hierbei insbesondere die zu erwartenden Setzungsdifferenzen benachbarter Fundamente maßgebend.

Die zu erwartenden Setzungen, die rechnerisch zulässigen Bemessungslasten und die rechnerischen zulässigen Bemessungswerte des Sohlwiderstands sind für einige ausgewählte Fundamente den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Es wurde dabei eine Begrenzung der Absolutsetzung auf 1,50 cm und eine Begrenzung der zulässigen Bemessungswerte des Sohlwiderstands auf 200 kN/m² angenommen.

Streifenfundamente

Tabelle 5: Berechnungsergebnisse für *lotrecht mittig belastete* Streifenfundamente; Anlage 7.1
Einbindetiefe $t = 0,80$ m; Berechnungsgrundlage DPH 2
Annahme: Gründungssohle in Gründungspolster $d = 0,50$ m

Fundamentbreite b [m] / Einbindetiefe t [m] / Gründungspolster d [m]	Aufnehmbare Bemessungs- last ^{*)} $R_{n,d}$ ca. [kN/m]	Bemessungswert des Sohlwider- stands $\sigma_{R,d}$ ca. [kN/m ²]	Rechnerische Setzung ca. [cm]	Bettungs- modul ca. [MN/m ³]
0,5 / 0,80 / 0,50	85	170	1,5 ^{*)}	8
0,8 / 0,80 / 0,50	90	120	1,5 ^{*)}	5

*) in der Fundamentsohle

*) angenommene Begrenzung

Einzelfundamente mit Gründungspolster

*Tabelle 8: Berechnungsergebnisse für lotrecht mittig belastete Einzelfundamente; Anlage 7.2;
Einbindetiefe $t = 0,80$ m; Berechnungsgrundlage DPH 2
Annahme: Gründungssohle in Gründungspolster $d = 0,50$ m*

Fundamentabmessungen a x b [m] / Einbindetiefe t [m] / Gründungspolster d [m]	Aufnehmbare Bemessungs- last^{*)} $R_{n,d}$ ca. [kN]	Bemessungswert des Sohlwider- stands $\sigma_{R,d}$ ca. [kN/m²]	Rechnerische Setzung ca. [cm]	Bettungs- modul ca. [MN/m³]
1,2 x 1,2 / 0,80 / 0,50	250	175	1,5 ^{*)}	8
1,8 x 1,8 / 0,80 / 0,50	395	125	1,5 ^{*)}	5

^{*)} in der Fundamentsohle

^{*)} angenommene Begrenzung

Die Fundamentdiagramme sind als Anlagen 7.1 und 7.2 beigelegt. Für andere Fundamentabmessungen und Belastungen können die zu erwartenden Setzungen den entsprechenden Fundamentdiagrammen 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 (ggf. 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.

Sollte das tatsächliche Gründungsniveau höher oder tiefer als oben angenommen liegen, ist die Mächtigkeit des Gründungspolsters und ggf. der Füllbetonhöhen entsprechend anzupassen.

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

Die Gründungssohlen sind durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

Wichtiger Sicherheitshinweis:

Sollten die Tiefen der Fundamentgräben größer als die in Abschnitt 5 angegebenen Höchsttiefen werden, dürfen die Gräben nicht begangen werden. Generell ist ein Sicherheitsabstand von allseits mindestens 3 m für jegliche Personen bzw. Fahrzeuge zu gewährleisten. Mittels eines Bauzauns ist die Gefahrenzone einzugrenzen und zu sichern. Nach Beurteilung der Grabenwände durch den Fachgutachter ist der Graben unverzüglich wieder zu verfüllen.

4.3 Technikraum: Variante 2: Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatte

Sollten bei Gründung mittels tragender Stahlbetonbodenplatte in Höhe der Gründungssohle Lockergesteinsböden von nicht ausreichender Tragfähigkeit (bindige Auffüllungen und Böden von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz) und / oder teilweise bindige und teilweise nichtbindige Böden 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).

Zur Homogenisierung des Baugrunds empfehlen wir hier weiterhin, auch in den Bereichen, in denen kein Gründungspolster erforderlich ist, generell ein Gründungspolster in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,20 - 0,25 m einzubringen.

Unter der Annahme, dass im Bereich des Technikraumes keine allzu großen Lasten auftreten, ergibt sich nach derzeitigem Kenntnisstand der Einbau eines Gründungspolsters in einer Mächtigkeit von ca. 0,20 – 0,25 m (z. B. Bereich DPH 3) bis ca. 1,00 m (in Anlehnung an DPH 2) unterhalb der Bodenplatte. Je nach Größe der auftretenden Lasten und zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen kann die genaue Dimensionierung eines Gründungspolsters jedoch nur auf Grundlage von Setzungsberechnungen erfolgen.

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

Da Angaben zur Belastung der Bodenplatte zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vorlagen, können nur orientierende Angaben bezüglich des Gründungspolsters und der ansetzbaren Bettungsmoduln erfolgen.

Bei Wahl einer Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatte und o. g. Gründungspolster können für die statische Vorbemessung basierend auf Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bauvorhaben bei ähnlicher Baugrundsichtung unter der Platte ansetzbare Bettungsmoduln von etwa 1 – 5 MN/m³, in den Randbereichen von etwa 5 – 15 MN/m³ abgeschätzt werden, die jedoch abhängig von den Belastungen der Platte 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 Bettungszahl (z. B. Schneider, Bautabellen für Ingenieure, 20. Auflage) basieren auf einer Bestimmung der Bettungszahl im Verkehrswegebau mit Plattendruckversuch (762 mm Plattendurchmesser) und sind i. d. R. für die Bemessung von Fundamentplatten nicht zutreffend. Die Bettungszahlen sind durch Setzungsberechnung mit realer Geometrie und Belastung zu ermitteln.

Bettungszahlen 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.

Wir empfehlen bei Wahl dieser Gründungsmethode, bei entsprechender Planungsreife und nach Vorlage der tatsächlichen Wand- und Stützenlasten (vereinfachter Lastenplan), ergänzende Setzungsberechnungen zu beauftragen. Auf Grundlage dieser Berechnungen kann ein optimierter Gründungsvorschlag erarbeitet werden.

Vom zuständigen Planungsbüro sollte geklärt werden, welche zu erwartenden Absolutsetzungen und Setzungsdifferenzen bauwerksverträglich sind.

4.4 Trinkwasserbehälter: Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Fundamentplatte und Gründungspolster

Die Gründung des Trinkwasserbehälters erfolgt gemäß telefonischer Angabe des Statikers Herrn Dipl.-Ing. Brandenburger am 20.01.2020 planmäßig mittels einer runden Stahlbetonfundamentplatte in einer Dicke von ca. 0,40 – 0,50 m.

Sollten bei Gründung mittels tragender Fundamentplatte in Höhe der Gründungssohle Lockergesteinsböden von nicht ausreichender Tragfähigkeit (bindige Auffüllungen und Böden von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz) und / oder teilweise bindige und teilweise nichtbindige Böden 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). Bei sehr weichen Schichten empfehlen wir außerdem ,als unterste Lage Grobschlag einzubauen.

Zur Homogenisierung des Baugrunds empfehlen wir hier weiterhin, auch in den Bereichen, in denen kein Gründungspolster erforderlich ist, generell ein Gründungspolster in einer Mächtigkeit von mindestens ca. 0,30 m einzubringen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ergibt sich der Einbau eines Gründungspolsters in einer Mächtigkeit von ca. 0,30 m (z. B. Bereich DPH 1) bis ca. 1,00 m (Bereich DPH 2) – 2,00 m (Bereich DPH 4) unterhalb der Fundamentplatte. Je nach Größe der auftretenden Lasten und zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen kann die genaue Dimensionierung eines Gründungspolsters jedoch nur auf Grundlage von Setzungsberechnungen erfolgen.

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

Da Angaben zur Belastung der Fundamentplatte zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vorlagen, können nur orientierende Angaben bezüglich des Gründungspolsters und der ansetzbaren Bettungsmoduln erfolgen.

Bei Wahl einer Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Fundamentplatte und o. g. Gründungspolster können für die statische Vorbemessung basierend auf Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bauvorhaben bei ähnlicher Baugrundsichtung unter der Platte ansetzbare Bettungsmoduln von etwa 3 – 10 MN/m³, in den Randbereichen von etwa 10 – 20 MN/m³ abgeschätzt werden, die jedoch abhängig von den Belastungen der Platte 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 Bettungszahl (z. B. Schneider, Bautabellen für Ingenieure, 20. Auflage) basieren auf einer Bestimmung der Bettungszahl im Verkehrswegebau mit Plattendruckversuch (762 mm Plattendurchmesser) und sind i. d. R. für die Bemessung von Fundamentplatten nicht zutreffend. Die Bettungszahlen sind durch Setzungsberechnung mit realer Geometrie und Belastung zu ermitteln.

Bettungszahlen 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.

Wir empfehlen bei Wahl dieser Gründungsmethode, bei entsprechender Planungsreife und nach Vorlage der tatsächlichen Lasten (vereinfachter Lastenplan; Vertikal-, Horizontal- und Flächenlasten, ggf. Momente)), ergänzende Setzungsberechnungen zu beauftragen. Auf Grundlage dieser Berechnungen kann ein optimierter Gründungsvorschlag erarbeitet werden.

Vom zuständigen Planungsbüro sollte geklärt werden, welche zu erwartenden Absolutsetzungen und Setzungsdifferenzen bauwerksverträglich sind.

4.5 Gründungspolster und Arbeitsraumverfüllung

Wir empfehlen die Verwendung von 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) als Fremdmaterial. Bei in Höhe der Austauschsole anstehenden sehr weichen Böden empfehlen wir außerdem als unterste Lage den Einbau von Grobschlag.

Das Gründungspolster und die Arbeitsraumverfüllung sind lagenweise (Schüttstärke maximal 30 cm) herzustellen und zu verdichten. Dabei ist ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} \geq 98\%$ im Bereich des Gründungspolsters und $D_{Pr} \geq 100\%$ im Bereich der Arbeitsraumverfüllung zu gewährleisten. Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren und nachzuweisen (z.B. mittels Plattendruckversuch nach DIN 18134).

Bei Verwendung des o. g. Materials und lagenweise verdichtetem Einbau ist basierend auf Erfahrungswerten ein Steifemodul in der Größenordnung $E_s = 30 - 35 \text{ MN/m}^2$ für den Polsterkörper ansetzbar.

Bei einem in der Höhe gestaffelten Gründungspolster ist dieses abgetreppt einzubauen. Das Gründungspolster ist über den Fundament- / Plattenrand hinaus im Lastausbreitungswinkel von 45° herzustellen.

Die Austauschsole ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) vom anschließend herzustellenden Bodenaustauschkörper zu trennen, falls die Filterstabilität nicht gewährleistet ist.

Das anstehende Planum ist vor Einbau des Geotextils grundsätzlich nachzuverdichten (bei bindigen Böden nur statisch).

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

Sollte das tatsächliche Gründungsniveau höher oder tiefer als oben angenommen liegen, ist die Mächtigkeit des Gründungspolsters entsprechend anzupassen.

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

4.6 Schlussbemerkungen zur Gebäudegründung

Bei jeder Art von Flachgründung sind die Gründungsaufstandsflächen vor dem Einbringen der kapillarbrechenden Schicht bzw. des Fundamentbetons nachzuverdichten (bei bindigen Böden nur statisch), falls dies im Hinblick auf die Fundamenttiefe möglich ist. Aufgeweichte bzw. durchnässte Partien von breiig-weicher Konsistenz im Bereich der Gründungssohlen sind gegen gut verdichtbaren Kiessand oder vergleichbares Material (Magerbeton, Schotter) auszutauschen.

Die Gründungssohlen sind durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

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

Bei Einbau von Einzel-/Streifenfundamenten empfehlen wir zur Vermeidung einer Verschlechterung der bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes durch Witterungseinflüsse, eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton (Stärke ca. 5 – 10 cm) unverzüglich nach Aushub und Abnahme der Fundamentgräben einzubauen.

Die Entwässerung der Baugrubensohle ist dauerhaft sicherzustellen!

5 Erdbautechnische Hinweise

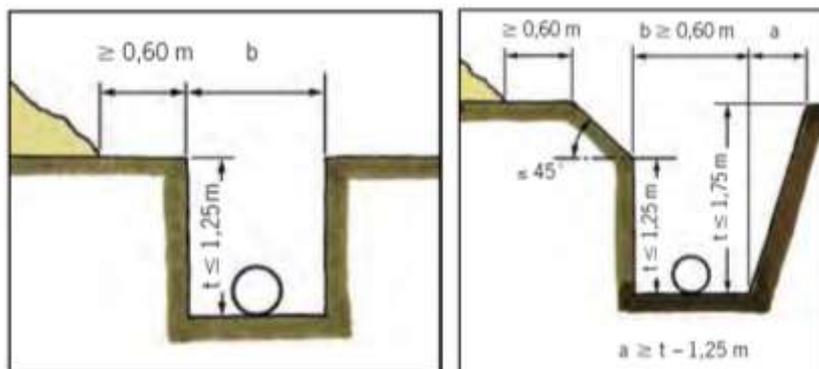
5.1 Erdarbeiten, Baugruben- und Grabenaushub, Wasserhaltung

Grundsätzlich ist bei Aushubarbeiten die DIN 4124 zu beachten. Diese Norm gibt an, nach welchen Regeln Baugruben und Gräben zu bemessen und auszuführen sind. Die beim Aushub freigelegten Erd- bzw. Felswände von Baugruben und Gräben sind unter Berücksichtigung aller Einflüsse, die die Standsicherheit beeinträchtigen, so abzuböschern, zu verbauen oder anderweitig zu sichern, dass sie während der einzelnen Bauzustände standsicher sind. Zu beachten ist außerdem, dass die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von benachbarten Gebäuden, Leitungen, anderen baulichen Anlagen oder Verkehrsflächen nicht beeinträchtigt werden.

Nicht verbaute senkrechte Baugrubenwände

Diese dürfen in Böden über dem Grundwasser 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:

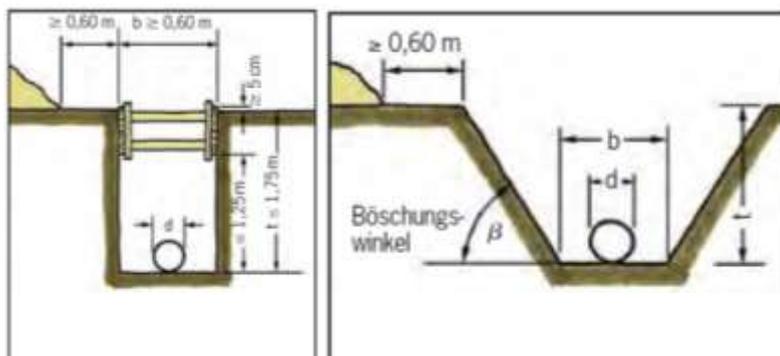
- nichtbindige und weiche bindige Böden maximal 1:10
- mindestens steife bindige Böden maximal 1:2



In mindestens steifen bindigen Böden über dem Grundwasser sowie bei Fels darf die Aushubtiefe bis zu 1,75 m betragen, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich der Wand unter einem Winkel von maximal 45° (1:1) geböschert 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 unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften unter Berücksichtigung der Zeit, während der die Baugrube offen zu halten ist und nach den äußeren Einflüssen, die auf die Baugrubenböschung wirken.



Hinweis:

In den teilweise anstehenden Sanden sind erfahrungsgemäß auch Gräben mit Tiefen bis 1,25 m mit senkrechten Wänden nicht dauerhaft standsicher herstellbar, da infolge fehlender Kohäsion ein Nachbrechen der Grabenwände praktisch nicht zu vermeiden ist (geologisch bedingter Mehr-aushub).

Ohne rechnerischen Nachweis dürfen bei **Kurzzeitböschungen** bis 5 m Höhe über dem Grundwasser unter Beachtung der Regelabstände von Verkehrslasten gemäß DIN 4124 folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

Bodengruppen [TL], TL, UL:	≤ 45° bei weicher Konsistenz
	≤ 60° bei mindestens steifer Konsistenz
Bodengruppe SU:	≤ 45°

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. ≤ 45°).

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 den Baugruben gegebenenfalls anfallendes Stau-/Schichtwasser ist zusammen mit zufließendem Niederschlagswasser mittels offener Wasserhaltung (Pumpensümpfe in ausreichender Anzahl und mit genügender Vorlaufzeit) ordnungsgemäß zu fassen und dauerhaft abzuleiten. Erfahrungsgemäß ist über dem Grundwasser das den Baugruben zufließende Schichtwasser und oberflächige Niederschlagswasser damit zu beherrschen.

Über die Geländeoberfläche zulaufendes Niederschlagswasser ist vor dem Erreichen der Baugrubenböschungen über Mulden abzuleiten.

Anmerkung

Die im Abschnitt 5.1 „Erdarbeiten, Baugruben- und Grabenaushub, Wasserhaltung“ verwendeten Graphiken wurden der Info-CD-ROM BG Bau 2012 der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft entnommen.

5.2 Verbau

Sofern sich die Baugrube im Einflussbereich bestehender Bebauung befindet oder die Platzverhältnisse, für die Herstellung einer geböschten Baugrube nicht ausreichend sind und/oder das Grundwasser / Schichtwasser mittels offener Wasserhaltung nicht zu beherrschen ist, ist die Baugrube in diesen Bereichen durch einen ausgesteiften, statisch ausreichend bemessenen, ggf. wasserdichten Verbau zu sichern (z. B. durch eine Spundwand). Im Bereich der Straßen ist eine Absturzsicherung zu installieren.

Der Baugrubenverbau ist so zu wählen, dass bei Schicht- bzw. Grundwasserzufluss sichergestellt ist, dass kein Erdreich mit dem zulaufenden Wasser ausgeschwemmt wird. In der verbauten Baugrube anfallende Wässer sind mittels offener Wasserhaltung ordnungsgemäß zu fassen und abzuleiten.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist der Einbau eines Verbaus hier jedoch nicht erforderlich.

5.3 Wiederverwendung von Aushubböden

Erfahrungsgemäß können die beim Aushub gewonnenen Erdstoffe der Bodengruppen [TL], TL, UL und SU nur **bei geeignetem Wassergehalt** (erdfeuchter Zustand) prinzipiell für die lagenweise verdichtete Arbeitsraum-, Kanal- bzw. Leitungsgrabenverfüllung entsprechend den Verdichtungsanforderungen der ZTV E-StB 09 (Fassung 2009) bis $\approx 0,50$ m unter Planum verwendet werden.

Beim Aushub anfallende bindige Böden (z. B. der Bodengruppen [TL], TL, UL) sind aufgrund ihres Feinkorngehalts jedoch als wasserempfindlich einzustufen und nur innerhalb eines eng begrenzten Wassergehaltsbereichs optimal verdichtbar.

Bindige Böden von breiig-weicher Konsistenz sowie aufgeweichte, nichtbindige Böden sind nicht verdichtbar und dürfen nicht wieder eingebaut werden. Der Wiedereinbau bindiger Aushubböden von weicher Konsistenz ist grundsätzlich nur nach entsprechender Konditionierung mit Kalk bzw. Kalk-Zement-Mischbindern zur Reduzierung des Wassergehaltes möglich.

Gleichfalls wird bei zu trockenen Erdstoffen eine dosierte Anfeuchtung auf einen verdichtungsfähigen Wassergehalt (erdfeuchter Zustand) erforderlich.

Die sachgerechte Verdichtung erfordert bei bindigen Böden auch bei günstigen Einbauwasserge-

halten den Einsatz geeigneter, auf die stark bindige Ausbildung der Böden abgestimmter Geräte (z. B. Schafffußwalze, anschließende Übergänge mit Glattmantelwalze).

Die Böden, 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.

Sofern zusätzlich Fremdmaterial eingebaut werden muss, empfehlen wir die Verwendung von gut verdichtbaren, grob- bzw. gemischtkörnigen, gut kornabgestuften Erdstoffen der Bodengruppen SU, GU, SW, GW (z. B. Sandsteinbruch, Kies-Sand, Hartsteinmaterial oder güteüberwachtes Recyclingmaterial der Lieferkörnung 0/45, 0/56 oder 0/100 oder vergleichbares).

5.4 Orientierende abfalltechnische Einstufung

Zur orientierenden abfalltechnischen Einstufung des voraussichtlich anfallenden Erdaushubs wurde eine Mischprobe MP 1 (RB 1 / (P 2 + P 5) + RB 2 / (P 2 - P 4) + RB 3 / (P 2 - P 4)) erstellt und der SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 65232 Taunusstein zur orientierenden Deklarationsanalyse nach LAGA² (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) und Ermittlung der Ergänzungsparameter (DepV) (2009/2013), DK 0 – DK II (Anhang 3, Tab. 2) übergeben. Der Prüfbericht Nr. 4654089 vom 30.01.2020 ist als Anlage 8 beigefügt. Die Ergebnisse der Ergänzungsparameter (DepV) lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor. Sie werden nachgereicht.

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

² Mitteilungen der Ländergemeinschaft Abfall (LAGA) 20: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln: 2004

Tabelle 9: Untersuchungsergebnisse und Einstufung Boden

MP 1	
Beschreibung	
Probenart	Boden, teils aufgefüllt: teils schwach tonige, schwach bis stark sandige, teils sehr schwach bis schwach (fein-) - (mittel-)kiesige Schluffe und schwach schluffige bis schluffige, teils schwach kiesige bis kiesige Sande; vereinzelt Ziegelreste < 10 Vol.-%; Bodengruppen [TL], UL, TL, SU nach DIN 18196
Entnahme durch	Neumann Jan / Neumann Frederic
Entnahmedatum	27.12.2019
Entnahmestelle	RB 1, RB 2, RB 3
Entnahmetiefe [m]	0,40 bis 4,80 – 5,00
Befund	Arsen: 13 mg/kg TR im Feststoff Nickel: 20 mg/kg TR im Feststoff
Beurteilung	
AVV	17 05 04
LAGA (2004)	Z1.1

Bei der den Aushub bis in eine Tiefe von ca. 4,80 m – 5,00 m repräsentierenden Mischprobe MP 1 der anstehenden Böden wurden ein leicht erhöhter Arsen-Gehalt von 13 mg/kg TR im Feststoff und ein erhöhter Nickel-Gehalt von 20 mg/kg TR im Feststoff ermittelt. Alle anderen Parameter waren unauffällig. Die Mischprobe MP 1 ist somit in die Einbauklasse **Z1.1** nach LAGA einzu-stufen.

An dieser Stelle ist der Hinweis angebracht, dass die Proben die Belastungssituation naturgemäß stichprobenartig wiedergeben.

Substratvermischungen beim Wiedereinbau von geschichteten Böden sind zu vermeiden, daher ist bereits beim Aushub eine getrennte Mietenlagerung der unterschiedlichen Substrate notwendig.

6 Gebäudeabdichtung

Bezüglich der erforderlichen Bauwerksabdichtung sind die Angaben und Hinweise der neuen Abdichtungsnorm für erdberührte Bauteile DIN 18533-1 (Stand Juli 2017) und die der Abdichtung von Behältern und Becken DIN 18535 zu beachten. Die neue Norm DIN 18533-1 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 des Technikraumes ist prinzipiell die Wassereinwirkungsklasse **W 1.2-E** „nicht drückendes Wasser bei erdberührten Wänden und Bodenplatten“ bei überwiegend anstehenden wenig durchlässigen, fein- und gemischtkörnigen Böden der Boden- gruppen [TL], TL, UL und SU ($k_f < 10^{-4}$ m/s) mit Dränung nach DIN 4095 anzunehmen.

Bei nicht vorhandener Dränvorflut ist eine Abdichtung nach DIN 18533-1, Wassereinwirkungs- klasse **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 Abdich- tungsbauart ist die vorgesehene Nutzung des abzudichtenden Bauteils. Diese spiegelt sich in den drei Raumnutzungsklassen (RN1-E bis RN3-E) wider, die sich beispielsweise durch unterschied- liche Anforderungen an die Trockenheit der Raumluft unterscheiden.

Zur Ableitung kapillar aufsteigender Wässer ist unter der Bodenplatte eine kapillARBrechende Schicht vorzusehen (z. B. ≥ 15 cm Kies/Schotter 8/16 DIN 4226, Teil 1).

Zwischen anstehendem Untergrund und Kapillarschicht ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 anzuordnen, falls die Filterstabilität nicht gewährleistet ist.

Alternativ ist die Ausbildung des Technikraumes als „Weiße Wanne“ möglich, wobei die Boden- platte und Außenwände als Wanne aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 hergestellt werden. Für die Herstellung der Bauwerke wird auf die Richtli- nie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ des DAfStb verwiesen.

Für die Behälterdecke ist die Wassereinwirkungsklasse **W3-E** „nicht drückendes Wasser auf erd- überschütteten Decken“ anzunehmen.

Für die Abdichtung des Behälters ist prinzipiell die DIN 18535 „Abdichtungen von Behältern und Becken“ zu beachten, wobei die Wassereinwirkungsklassen W-B die Tiefe des Behälters beschreiben. Hier ist die Wassereinwirkungsklasse **W1-B** „Füllhöhe ≤ 5 m“ anzunehmen. Hierbei ist zu beachten, dass der Behälter am Technikraum anschließt und daher so abgedichtet werden muss, dass die angrenzenden Bauteile ebenfalls vor Wasser geschützt werden.

Des Weiteren sind gesonderte Anforderungen seitens der Wasserversorgungsunternehmen und der zuständigen Behörden zu beachten.

7 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 der aufgeschlossenen Bodenschichten 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.

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.
Christine Koch
(Dipl.-Ing.)

ICP GmbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80 50 7-0 Fax (06374) 80 50 77	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Bericht: B19212 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: Neubau eines Trinkwasserbehälters; K3 (Mörsfelder Straße); Gemarkung Stein-Bockenheim

Bohrung RB 1 / Blatt: 1	Höhe: 225,91 m ü NN	Datum: 27.12.2019
--------------------------------	---------------------	----------------------

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, schwach sandig, humos, kalkhaltig				DN 80; feucht	bp3	P1	0.40
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun - beige					
	f) Oberboden	g)	h) [OU]	i)				
1.40	a) Auffüllung, Schluff, schwach tonig, schwach sandig, schwach feinkiesig, sehr schwach mittelkiesig,				DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m feucht	bp3	P2	1.40
	b) kalkhaltig, vereinzelt Ziegelbruch							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun - beige					
	f)	g)	h) [TL]	i)				
2.70	a) Feinsand, schwach schluffig, schwach kiesig, kalkhaltig				DN 60; schwach feucht	bp3	P3	2.70
	b) mäßig locker gelagert							
	c)	d) mäßig schwer zu bohren	e) gelb					
	f)	g)	h) SU	i)				
4.10	a) Sand, schluffig, kalkhaltig				DN 60 bis 3,00 m; DN 50 ab 3,00 m; schwach feucht	bp3	P4	4.10
	b) mäßig locker gelagert							
	c)	d) mäßig schwer zu bohren	e) gelb-orange					
	f)	g)	h) SU	i)				
4.60	a) Sand, schluffig, kiesig, kalkhaltig				DN 50; schwach feucht, Bohrstillstand; kein Wasser messbar	bp3	P5	4.60
	b) dicht gelagert							
	c)	d) schwer zu bohren	e) braun - beige					
	f)	g)	h) SU	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP GmbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80 50 7-0 Fax (06374) 80 50 77	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Bericht: B19212 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: Neubau eines Trinkwasserbehälters; K3 (Mörsfelder Straße); Gemarkung Stein-Bockenheim

Bohrung RB 2 / Blatt: 1	Höhe: 226,05 m ü NN Datum: 27.12.2019
--------------------------------	--

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, sandig, kiesig, humos, kalkhaltig				DN 80; feucht	bp3	P1	0.40
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun - beige					
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)				
1.50	a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig, kalkhaltig				DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m; feucht	bp3	P2	1.50
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren mäßig schwer zu b	e) braun - beige					
	f)	g)	h) UL	i)				
3.00	a) Schluff, feinsandig, schwach kiesig, kalkhaltig				DN 60; schwach feucht	bp3	P3	3.00
	b)							
	c) steif	d) schwer zu bohren	e) beige					
	f)	g)	h) UL	i)				
5.00	a) Schluff, feinsandig, schwach kiesig, kalkhaltig				DN 50; schwach feucht, Bohrabbruch; kein Wasser messbar	bp3	P4	5.00
	b)							
	c) steif - halbfest	d) schwer zu bohren	e) beige					
	f)	g)	h) UL	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

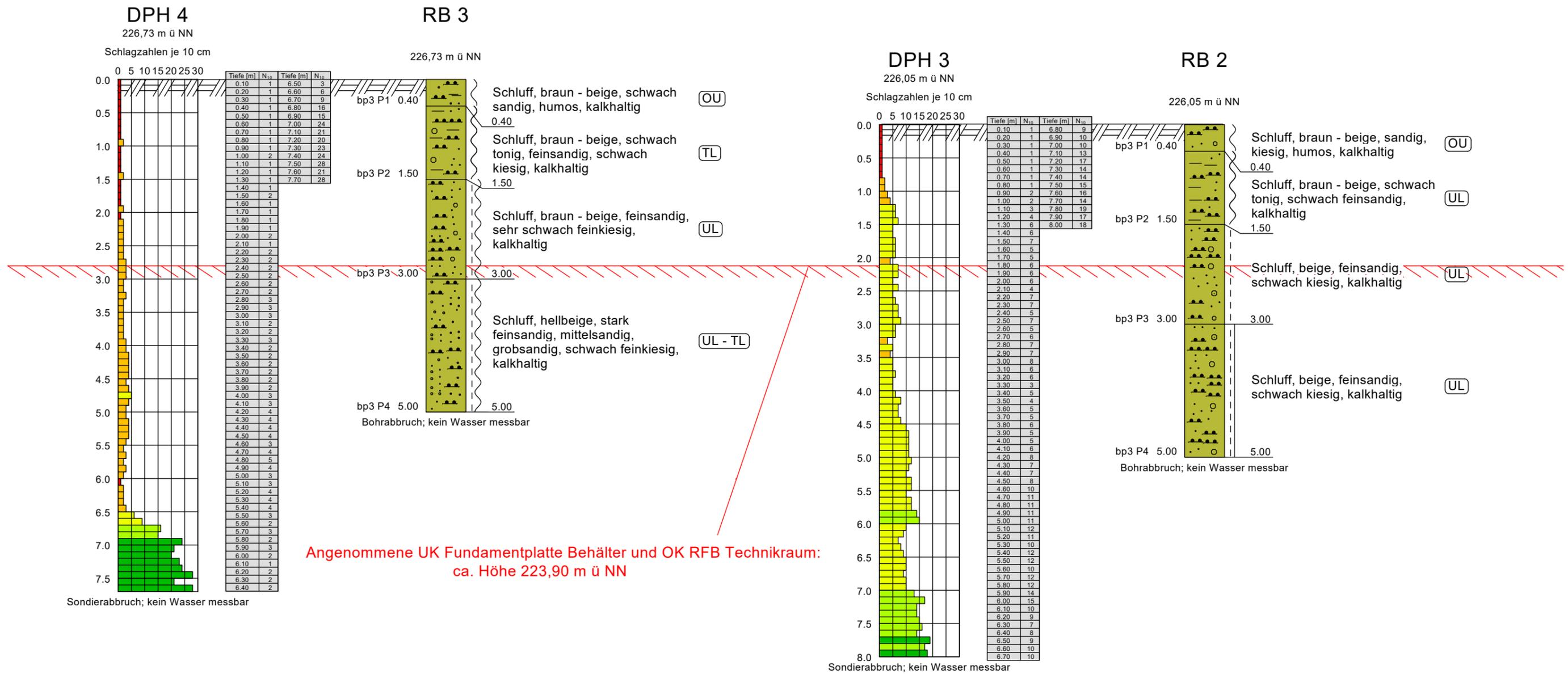
ICP GmbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80 50 7-0 Fax (06374) 80 50 77	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Bericht: B19212 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: Neubau eines Trinkwasserbehälters; K3 (Mörsfelder Straße); Gemarkung Stein-Bockenheim

Bohrung RB 3 / Blatt: 1	Höhe: 226,73 m ü NN Datum: 27.12.2019
--------------------------------	--

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, schwach sandig, humos, kalkhaltig				DN 80; feucht	bp3	P1	0.40	
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun - beige						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
1.50	a) Schluff, schwach tonig, feinsandig, schwach kiesig, kalkhaltig				DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m; feucht	bp3	P2	1.50	
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun - beige						
	f)	g)	h) TL	i)					
3.00	a) Schluff, feinsandig, sehr schwach feinkiesig, kalkhaltig				DN 60; feucht	bp3	P3	3.00	
	b)								
	c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun - beige						
	f)	g)	h) UL	i)					
5.00	a) Schluff, stark feinsandig, mittelsandig, grobsandig, schwach feinkiesig, kalkhaltig				DN 50; feucht, Bohrabbruch; kein Wasser messbar	bp3	P4	5.00	
	b)								
	c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbeige						
	f)	g)	h) UL - TL	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor



Grund-, Schicht- oder Stauwasser war zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (27.12.2019) bei den Bohrungen RB 1 bis RB 3 und den Sondierungen DPH 1 bis DPH 4 bis zur jeweiligen Endteufe nicht nachweisbar.

Legende RB

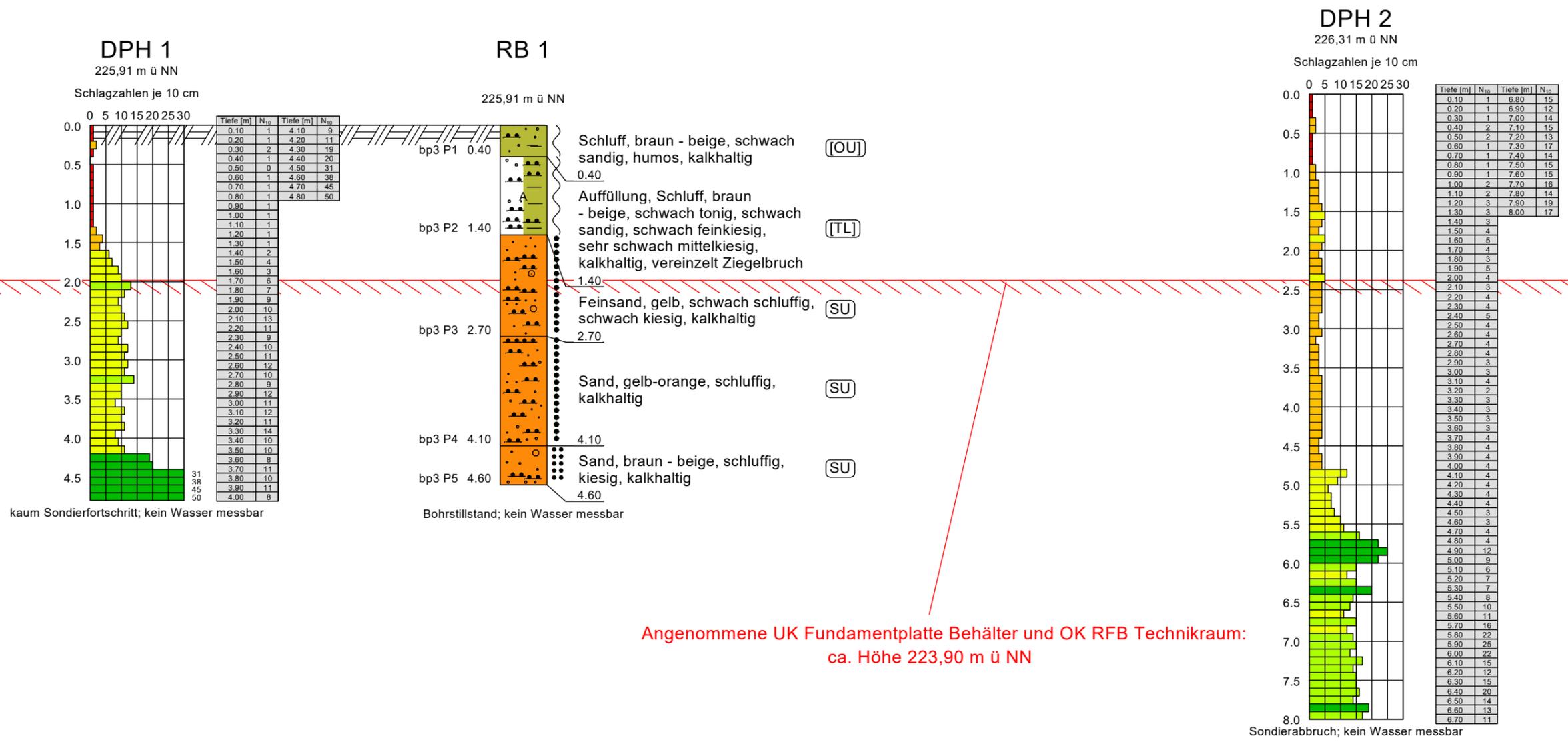
	steif - halbfest		Schluff (U)
	steif		Ton (T)
	weich - steif		
	weich		

Legende DPH

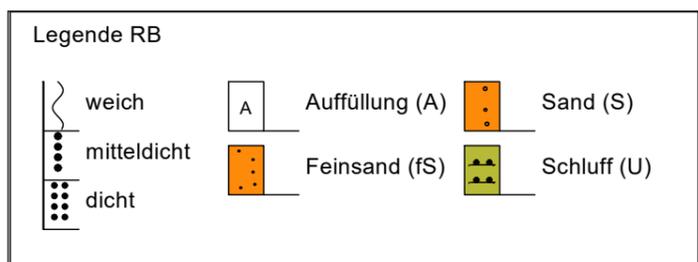
	sehr locker / breiig-weich
	locker / weich
	mitteldicht / steif
	dicht / halbfest
	sehr dicht / fest

Darstellung in X-Richtung unmaßstäblich!

 Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH Am Iränkwald 2/ 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80507-0 Fax 80507-7	Objekt: Neubau eines Trinkwasserbehälters; K3 (Mörsfelder Straße); Gemarkung Stein-Bockenheim	Anlage 2.1 zu Bericht Nr.: B19212
	Rammdiagramme / Bohrprofile Höhenmaßstab: 1: 60	Dat.: 27.12.2019 Bearb.: Koch



Grund-, Schicht- oder Stauwasser war zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (27.12.2019) bei den Bohrungen RB 1 bis RB 3 und den Sondierungen DPH 1 bis DPH 4 bis zur jeweiligen Endteufe nicht nachweisbar.



Darstellung in X-Richtung unmaßstäblich!

 Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH Am Iränkwald 2/ 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80507-0 Fax 80507-7	Objekt: Neubau eines Trinkwasserbehälters; K3 (Mörsfelder Straße); Gemarkung Stein-Bockenheim	Anlage 2.2 zu Bericht Nr.: B19212
	Rammdiagramme / Bohrprofile Höhenmaßstab: 1: 60	Dat.: 27.12.2019 Bearb.: Koch

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

Körnungslinie

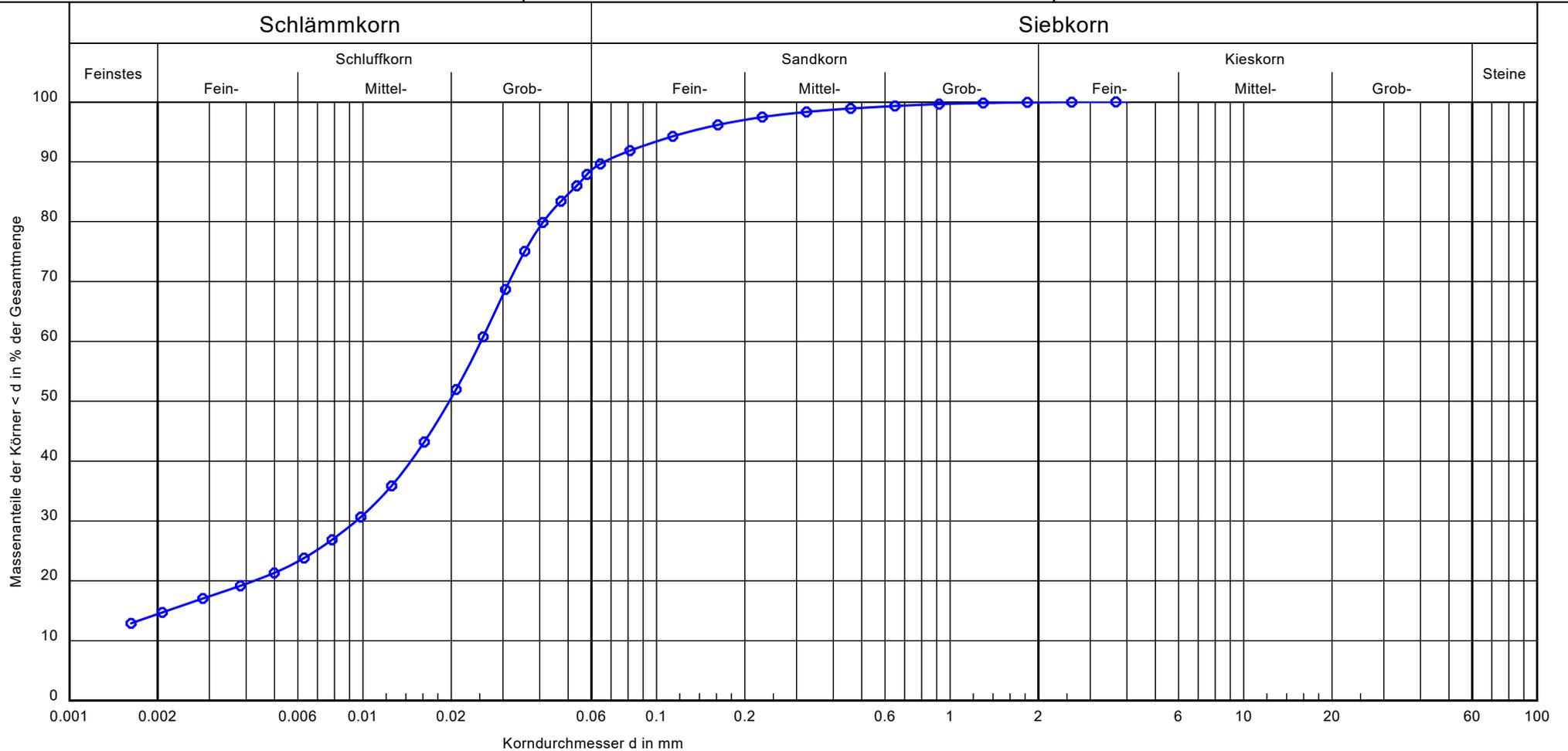
Neubau eines Trinkwasserbehälters

Stein-Bockenheim

Prüfungsnummer: B19212 RB2/P2
 Probe entnommen am: 27.12.2019
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse

Bearbeiter: Hienerwadel

Datum: 23.01.2020



Bezeichnung:	RB 2 / P 2
Tiefe:	0,40 - 1,50 m
Bodenart:	U, t', fs'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$1.2 \cdot 10^{-8}$
U/Cc:	-/-
Bodengruppe:	UL
T/U/S/G [%]:	14.5/74.1/11.3/0.1
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:
 Wassergehalt: 18,8 M.-%
 Feinkornanteil: 88,9 M.-%

Bericht:
 B19212
 Anlage:
 3

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892 - 12

Neubau eines Trinkwasserbehälters

Stein-Bockenheim

Bearbeiter: AH

Datum: 07.02.2020

Prüfungsnummer: B19212

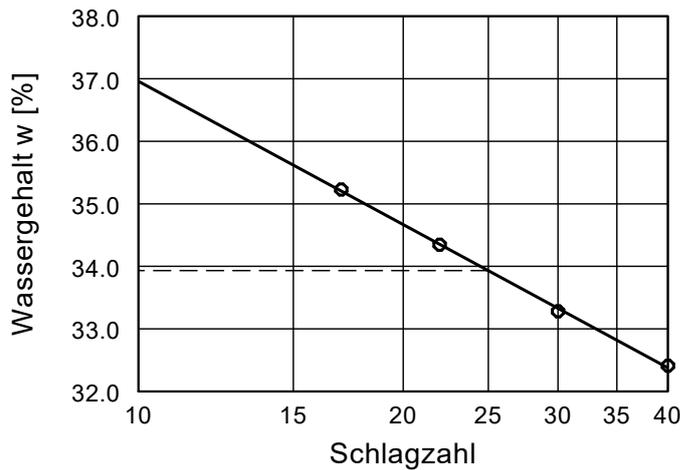
Entnahmestelle: RB 1 / P 2

Tiefe: 0,40 m - 1,40 m

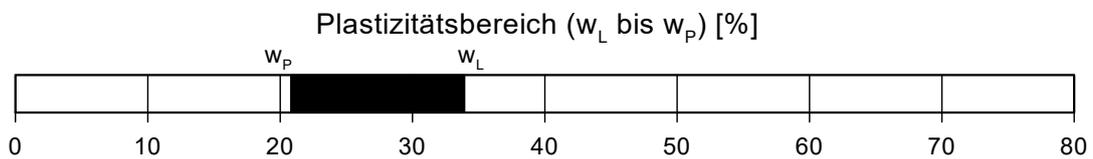
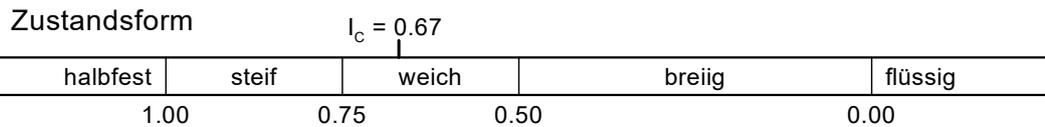
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U,t',s',fg',mg''

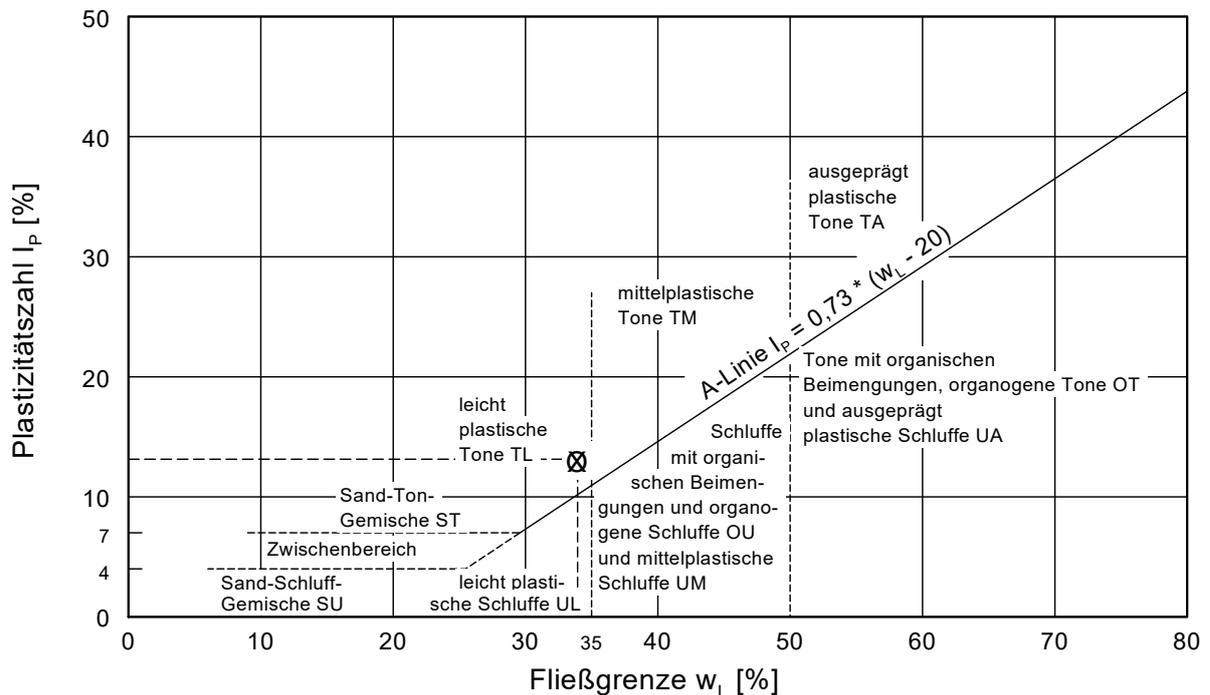
Probe entnommen am: 27.12.2019



Wassergehalt w =	24.0 %
Fließgrenze w_L =	33.9 %
Ausrollgrenze w_P =	20.8 %
Plastizitätszahl I_P =	13.1 %
Konsistenzzahl I_C =	0.67
Anteil Überkorn \ddot{u} =	4.8 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	1.5 %
Korr. Wassergehalt =	25.1 %



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892 - 12

Neubau eines Trinkwasserbehälters

Stein-Bockenheim

Bearbeiter: AH

Datum: 07.02.2020

Prüfungsnummer: B19212

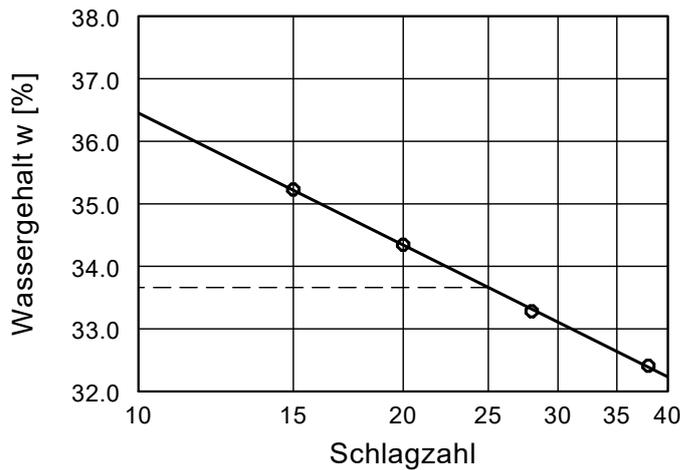
Entnahmestelle: RB 3 / P 3

Tiefe: 1,50 m - 3,00 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U,fs,fg"

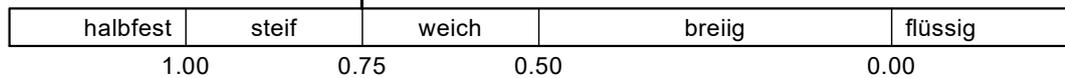
Probe entnommen am: 27.12.2019



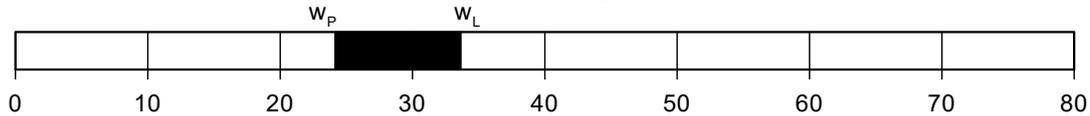
Wassergehalt w =	23.5 %
Fließgrenze w_L =	33.7 %
Ausrollgrenze w_p =	24.2 %
Plastizitätszahl I_p =	9.5 %
Konsistenzzahl I_C =	0.75
Anteil Überkorn \ddot{u} =	12.1 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	1.5 %
Korr. Wassergehalt =	26.5 %

$I_C = 0.75$

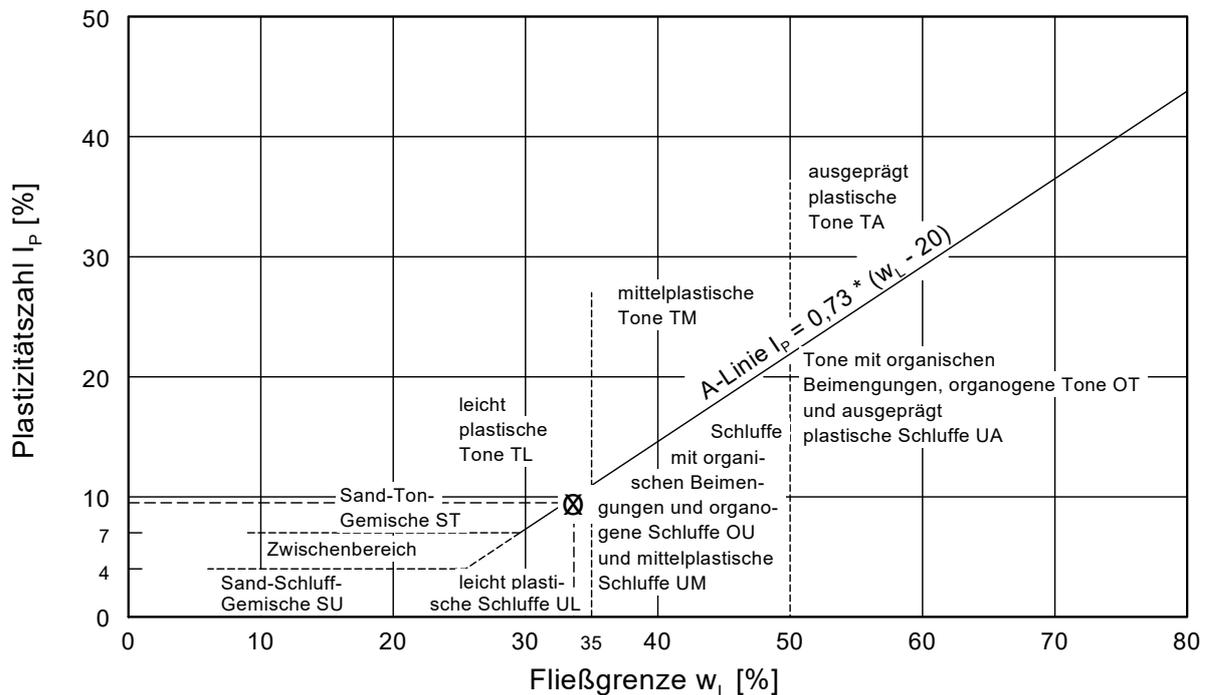
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Bestimmung des Glühverlustes DIN 18128 - GL

Bauvorhaben:	Neubau eines Trinkwasserbehälters Stein-Bockenheim	Projekt: B19212 Anlage 5
Messung am:	23.01.2020	
Prüfer:	Hienerwadel	
Bemerkungen:		

Prüfungsnummer	GL-1			
Entnahmestelle:	RB 3			
Probenbezeichnung:	P 4			
Entnahmetiefe:	3,0 - 5,0 m			
Bodenart:	U,fs*,ms,gs,fg'			
nat. Wassergehalt	14,20%			
Glühzeit 550°C	4 h			
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 1				
Tara T	[g]	30,61		
Einwaage m(d)+T	[g]	63,54		
Auswaage m(gl)+T	[g]	62,93		
m(d)	[g]	32,93		
m(gl)	[g]	32,32		
V(gl)	[%]	1,85%		
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 2				
Tara T	[g]	28,25		
Einwaage m(d)+T	[g]	61,16		
Auswaage m(gl)+T	[g]	60,60		
m(d)	[g]	32,91		
m(gl)	[g]	32,35		
V(gl)	[%]	1,70%		
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 3				
Tara T	[g]	33,44		
Einwaage m(d)+T	[g]	73,97		
Auswaage m(gl)+T	[g]	73,26		
m(d)	[g]	40,53		
m(gl)	[g]	39,82		
V(gl)	[%]	1,75%		
Mittelwert V(gl)	[%]	1,77%		

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

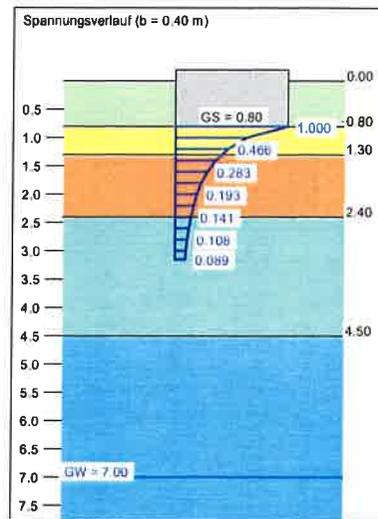
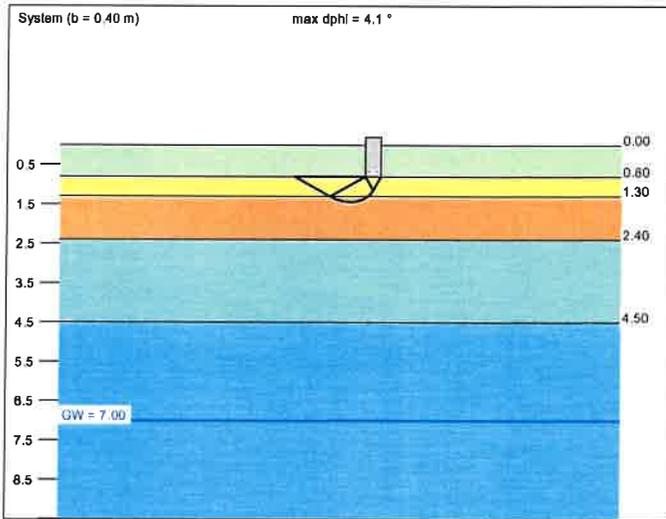
Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.0	11.0	32.5	0.0	35.0	26.0	0.30	Gründungspolster
	20.5	10.5	27.5	1.0	6.5	3.0	0.40	Schluffe (weich-steif)
	20.5	10.5	27.5	2.0	8.0	3.7	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	20.0	9.3	0.40	Schluffe (halbfest)

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

NB eines Trinkwasserbehälters;
K3 (Mörsfelder Straße);
Gemarkung Stein-Bockenheim

Streifenfundamente; Grundlage DPH 2
Bericht Nr. B19212; Anlage 7.1
Einbindetiefe: $t = 0,80$ m
mit Ansatz Gründungspolster

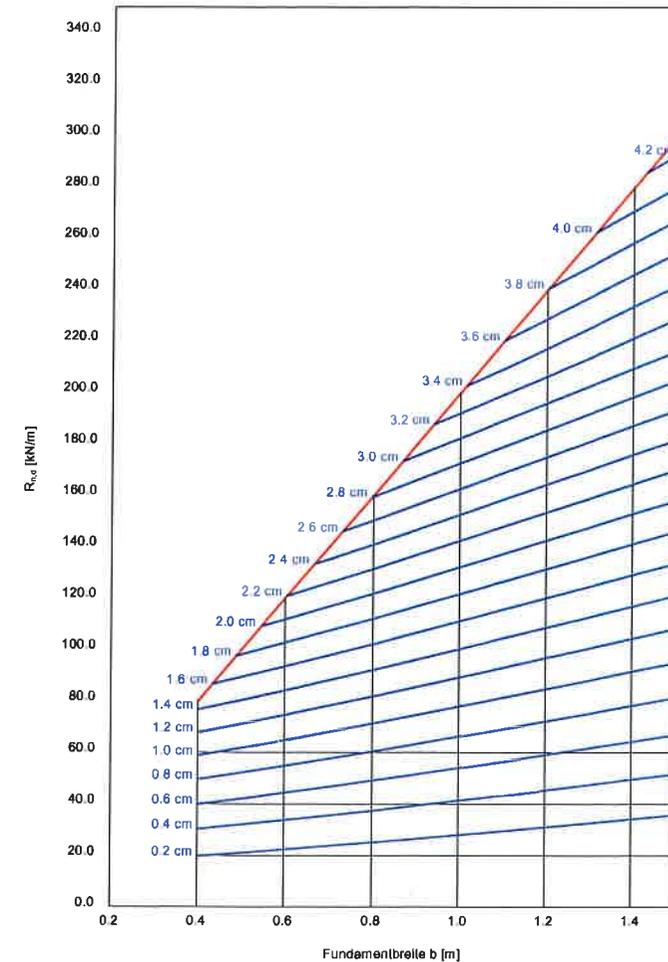
Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Streifenfundament



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006 $\gamma_{G,Q} = 1.396$
 Teilsicherheitskonzept (EC 7) $\sigma_{R,d}$ auf 200.00 kN/m² begrenzt
 Streifenfundament (a = 10.00 m) $\sigma_{R,d}$ auf 200.00 kN/m² begrenzt
 Gründungssohle = 0.80 m
 Grundwasser = 7.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.308
 $\gamma_{G,Q} = 0.308 \cdot \gamma_a + (1 - 0.308) \cdot \gamma_G$

a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$	$V_{E,k}$	s	cal ϕ	cal c	γ_2	σ_0	t_d	UK LS	k_s
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[MN/m ²]
10.00	0.40	200.0	80.0	143.2	57.3	1.46	30.6	0.39	20.05	16.00	3.15	1.45	9.7
10.00	0.50	200.0	100.0	143.2	71.6	1.84	30.0	0.51	20.11	16.00	3.42	1.59	7.8
10.00	0.60	200.0	120.0	143.2	85.9	2.19	29.6	0.59	20.16	16.00	3.66	1.74	6.6
10.00	0.70	200.0	140.0	143.2	100.3	2.51	29.3	0.64	20.19	16.00	3.87	1.88	5.7
10.00	0.80	200.0	160.0	143.2	114.6	2.81	29.1	0.68	20.22	16.00	4.07	2.03	5.1
10.00	0.90	200.0	180.0	143.2	128.9	3.10	29.0	0.72	20.25	16.00	4.25	2.18	4.6
10.00	1.00	200.0	200.0	143.2	143.2	3.37	28.8	0.74	20.27	16.00	4.42	2.32	4.3
10.00	1.10	200.0	220.0	143.2	157.6	3.60	28.7	0.93	20.29	16.00	4.58	2.47	4.0
10.00	1.20	200.0	240.0	143.2	171.9	3.80	28.6	1.06	20.30	16.00	4.73	2.62	3.8
10.00	1.30	200.0	260.0	143.2	186.2	3.98	28.5	1.15	20.32	16.00	4.87	2.76	3.6
10.00	1.40	200.0	280.0	143.2	200.5	4.15	28.5	1.22	20.33	16.00	5.01	2.91	3.4
10.00	1.50	200.0	300.0	143.2	214.9	4.32	28.4	1.27	20.34	16.00	5.13	3.05	3.3

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



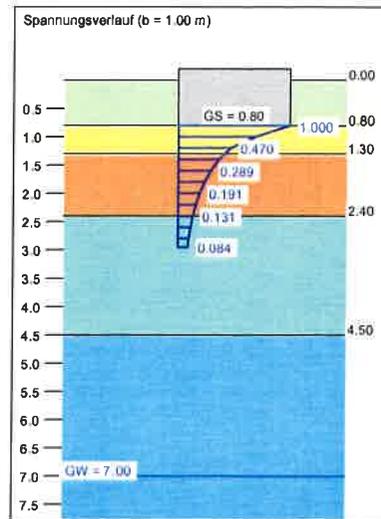
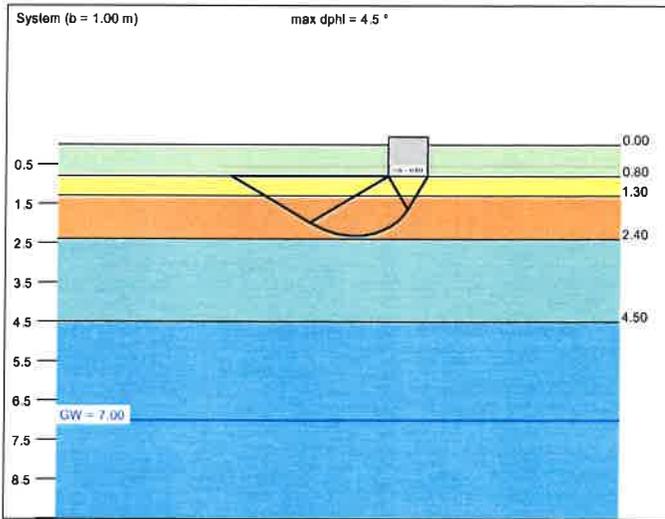
Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.0	11.0	32.5	0.0	35.0	26.0	0.30	Gründungspolster
	20.5	10.5	27.5	1.0	6.5	3.0	0.40	Schluffe (weich-steif)
	20.5	10.5	27.5	2.0	8.0	3.7	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	20.0	9.3	0.40	Schluffe (halbfest)

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

NB eines Trinkwasserbehälters;
K3 (Mörsfelder Straße);
Gemarkung Stein-Bockenheim

Einzelfundamente; Grundlage DPH 2
Bericht Nr. B19212; Anlage 7.2
Einbindetiefe: t = 0,80 m
mit Ansatz Gründungspolster

Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Einzelfundament



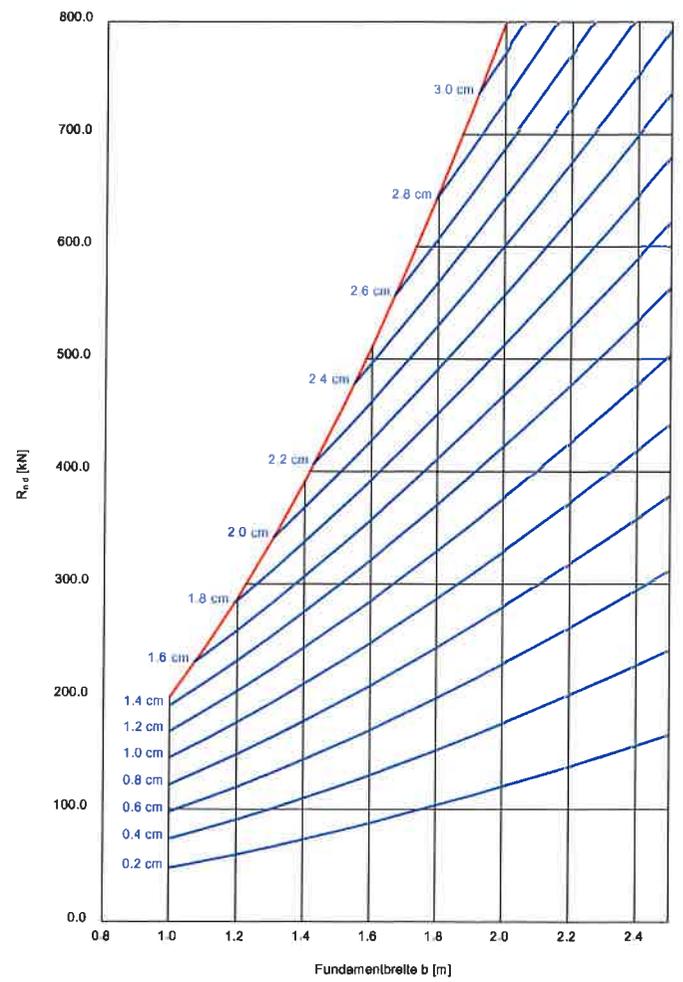
Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.308
 $\gamma_{(s, \phi)} = 0.308 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.308) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(s, \phi)} = 1.396$
 $\sigma_{R,d}$ auf 200.00 kN/m² begrenzt
Gründungssohle = 0.80 m
Grundwasser = 7.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Einzellast
— Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	$V_{E,k}$ [kN]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ²]	σ_0 [kN/m ²]	t_0 [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ²]
1.00	1.00	200.0	200.0	143.2	143.2	1.47	28.8	0.74	20.27	16.00	2.95	2.32	9.7
1.10	1.10	200.0	242.0	143.2	173.3	1.65	28.7	0.93	20.29	16.00	3.10	2.47	8.7
1.20	1.20	200.0	288.0	143.2	206.3	1.82	28.6	1.06	20.30	16.00	3.24	2.62	7.9
1.30	1.30	200.0	338.0	143.2	242.1	1.99	28.5	1.15	20.32	16.00	3.37	2.76	7.2
1.40	1.40	200.0	392.0	143.2	280.8	2.16	28.5	1.22	20.33	16.00	3.50	2.91	6.6
1.50	1.50	200.0	450.0	143.2	322.3	2.32	28.4	1.27	20.34	16.00	3.63	3.05	6.2
1.60	1.60	200.0	512.0	143.2	366.7	2.49	28.3	1.32	20.35	16.00	3.75	3.20	5.8
1.70	1.70	200.0	578.0	143.2	414.0	2.65	28.3	1.36	20.36	16.00	3.87	3.34	5.4
1.80	1.80	200.0	648.0	143.2	464.1	2.81	28.3	1.39	20.36	16.00	3.99	3.49	5.1
1.90	1.90	200.0	722.0	143.2	517.1	2.97	28.2	1.42	20.37	16.00	4.10	3.63	4.8
2.00	2.00	200.0	800.0	143.2	573.0	3.13	28.2	1.45	20.38	16.00	4.21	3.78	4.6
2.10	2.10	200.0	882.0	143.2	631.7	3.29	28.1	1.48	20.38	16.00	4.32	3.92	4.4
2.20	2.20	200.0	968.0	143.2	693.3	3.44	28.1	1.50	20.39	16.00	4.43	4.07	4.2
2.30	2.30	200.0	1058.0	143.2	757.8	3.58	28.1	1.52	20.39	16.00	4.53	4.22	4.0
2.40	2.40	200.0	1152.0	143.2	825.1	3.71	28.1	1.54	20.39	16.00	4.63	4.36	3.9
2.50	2.50	200.0	1250.0	143.2	895.3	3.82	28.0	1.71	20.40	16.00	4.73	4.51	3.7

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



SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Postfach 1261 D-65220 Taunusstein

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

Prüfbericht 4654089
Auftrags Nr. 5251203
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 30.01.2020

Ihr Auftrag/Projekt: .
Ihr Bestellzeichen: B19212
Ihr Bestelldatum: 23.01.2020

VGW Wöllstein, NB Trinkwasserbehälter Stein-Bockenheim

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

Prüfzeitraum von 24.01.2020 bis 29.01.2020
erste laufende Probennummer 200038586
Probeneingang am 24.01.2020

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.A. Vanessa Kullik
Kundenbetreuung

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
Probe 200038586					
MP 1				Probenmatrix	Boden
Eingangsdatum:	24.01.2020	Eingangsart	durch IF-Kurier abgeholt		
Feststoffuntersuchungen :					
Trockensubstanz	Masse-%	91,8	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	< 0,1	0,1	DIN EN 13137	HE
Metalle im Feststoff :					
Königswasseraufschluß				DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	13	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	14	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	0,2	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	21	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	20	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	22	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	38	1	DIN EN ISO 11885	HE
KW-Index C10-C40	mg/kg TR	< 10	10	DIN EN 14039	HE
KW-Index C10-C22	mg/kg TR	< 10	10	DIN EN 14039	HE
EOX	mg/kg TR	< 0,5	0,5	DIN 38414-17	HE
LHKW Headspace :					
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Dichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlormethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlorethen	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener LHKW	mg/kg TR	-			HE

B19212

Prüfbericht Nr. 4654089
Auftrag 5251203 Probe 200038586

Seite 3 von 5
30.01.2020

Probe MP 1
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
Fluoranthen	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

B19212

Prüfbericht Nr. 4654089
Auftrag 5251203 Probe 200038586

Seite 4 von 5
30.01.2020

Probe MP 1
Fortsetzung

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
Eluatuntersuchungen :					
Eluatansatz				DIN EN 12457-4	HE
pH-Wert		8,5		DIN EN ISO 10523	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	118	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid	mg/l	5	2	DIN ISO 15923-1	HE
Sulfat	mg/l	18	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).