

ICP – Johannes-Kepler-Straße 7 – 54634 Bitburg
Verbandsgemeindeverwaltung Gerolstein
Fachbereich 2
Elke Boumediene
Kyllweg 1
54568 Gerolstein



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

Amtsgericht
Kaiserslautern
HRB 2687

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

Geotechnischer Bericht

Projekt-Nr.: SB23009
Projekt: Neubaugebiet „Ober Hoffmannshaus“
54585 Esch
Betreff: Baugrunduntersuchung mit geotechnischem Bericht
Bearbeiter: Marius Lauer (M.Sc. Angewandte Geowissenschaften) /ns
Datum: 03.05.2023
Verteiler: vorab per E-Mail an
elke.boumediene@gerolstein.de

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Leistungsumfang	4
2	Baugrundbeschreibung.....	7
2.1	Geologie, Baugrundsichtung und Bodenkenngrößen.....	7
2.2	Hydrogeologische Verhältnisse	10
3	Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung.....	11
4	Gebäudegründung.....	15
4.1	Allgemeines zur Gründung von Gebäuden	16
5	Versickerungseignung der anstehenden Böden	20
5.1	Allgemein	20
5.2	Ermittlung des kf-Wertes mit dem Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch (Open-End-Test), nach USBR Earth-Manual (1974).....	21
5.3	Ermittlung des kf-Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 ...	22
5.4	Interpretation der Ergebnisse	23
6	Versickerung von Niederschlagsabflüssen	24
6.1	Vorschläge zur Regenwasserbewirtschaftung.....	25
7	Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung	26
7.1	Allgemeines	26
7.2	Aushub	27
8	Erdbautechnische Hinweise	29
8.1	Baugruben und Gräben, Wasserhaltung.....	29
8.2	Wiederverwendung von Aushubböden	31
8.3	Grabenverfüllung.....	32
8.4	Rohr- und Schachtgründung.....	34
8.5	Anordnung von Sperrriegeln	35
9	Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen.....	36
9.1	Erdplanum.....	36
9.2	Hinweise zum Straßenoberbau.....	38
9.3	Gehwege.....	40
10	Qualitätssicherung	41
11	Schlussbemerkung	42

Anlagen:

1. Lageplan
2. Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
3. Bohrprofile nach DIN 4023
Schlagzahldiagramme der Rammsondierungen in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2
4. Versickerungsversuch im Bohrloch (Open-End-Test nach USBR Earth manual 1974)
5. Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
6. Glühverlust nach DIN 18128
7. Prüfbericht der Agrolab Labor GmbH, Bruckberg, Nr. 3399537 vom 13.04.2022

Abkürzungen

<i>RB</i>	-	<i>Kleinrammbohrung (DN80/60)</i>
<i>DPH</i>	-	<i>Schwere Rammsondierung (dynamic probe heavy)</i>
<i>BS</i>	-	<i>Baggerschurf</i>
<i>DRI</i>	-	<i>Doppelring – Infiltrimeter</i>
<i>SV</i>	-	<i>Schluckversuch</i>
<i>m üNN</i>	-	<i>Meter über Normalnull</i>
<i>m üAP</i>	-	<i>Meter über Ansatzpunkt</i>
<i>m üGOK</i>	-	<i>Meter über Geländeoberkante</i>
<i>m üFP</i>	-	<i>Meter über Festpunkt (Bezugspunkt)</i>
<i>NBG</i>	-	<i>Neubaugebiet</i>
<i>B-Plan</i>	-	<i>Bebauungsplan</i>
<i>WHS</i>	-	<i>Wohnhaus</i>
<i>EFH</i>	-	<i>Einfamilienhaus</i>
<i>DH(H)</i>	-	<i>Doppelhaus(hälfte)</i>
<i>MFH</i>	-	<i>Mehrfamilienhaus</i>
<i>OK / UK</i>	-	<i>Oberkante / Unterkante</i>
<i>EG / UG / KG</i>	-	<i>Erdgeschoss / Untergeschoss / Kellergeschoss</i>
<i>FFB / RFB</i>	-	<i>Fertigfußboden / Rohfußboden</i>
<i>BPL</i>	-	<i>Bodenplatte</i>
<i>FP / BP / KD</i>	-	<i>Festpunkt / Bezugspunkt / Kanaldeckel</i>
<i>VG(V)</i>	-	<i>Verbandgemeinde(verwaltung)</i>
<i>OG</i>	-	<i>Ortsgemeinde</i>

1 Vorgang und Leistungsumfang

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP), Johannes-Kepler-Straße 7, 54634 Bitburg, wurde von der Verbandsgemeinde Gerolstein (vertreten durch Frau E. Boumediene), Kyllweg 1, 54568 Gerolstein, im Auftrag der OG Esch, mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Berichts beauftragt. Darüber hinaus soll der geotechnische Bericht Aussagen über die Versickerungsleistung der anstehenden Böden wiedergeben.

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

- [1] Auszug aus den Geobasisdaten Baugebiet „Ober Hoffmannshaus“, Gemarkung Esch, M. 1:5000, modifiziert von der VG Gerolstein (Stand 03/2022) sowie

Bebauungsplan „Ober Hoffmannshaus“, M. 1:500, WeSt Stadtplaner GmbH, Waldstraße 14, 56766 Ulmen (Stand 07/2022)

Vorhaben

Die OG Esch plant die Ausweisung eines neuen Baugebietes („Ober Hoffmannshaus“) mit ca. 14 Baugrundstücken. Dazu soll der anstehende Baugrund hinsichtlich seiner geotechnischen Eigenschaften und der Versickerungsfähigkeit einem entsprechenden Gutachten unterzogen werden.

Feldarbeiten (14.03.2023)

Zur Erkundung des Untergrundes wurden im Untersuchungsgebiet **-2-** Kleinrammbohrungen RB1-2 (DN 80/60), gemäß DIN EN ISO 22475-1, bis in Tiefen von 0,8 m bzw. 1,3 m uAP, abgeteuft – anschließend war kein Bohrfortschritt mehr zu verzeichnen.

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz der anstehenden Lockergesteinsböden sowie der Erkundung der Tiefenlage der nicht mehr rambbaren Übergangszone zum Festgestein wurden ferner insgesamt **-2-** schwere Rammsondierungen DPH1-2 nach DIN EN ISO 22476-2 niedergebracht. Die Sondierungen wurden in Tiefen von 1,3 m bzw. 1,9 m uAP niedergebracht, bevor es zum Sondierstillstand (Schlagzahlen $N_{10} > 100$) kam.

Zur Beurteilung der Versickerungseignung der anstehenden Lockergesteinsböden wurde **-2-** Versickerungsversuche im ausgebauten Bohrloch SV1-2 (Open-End-Test nach USBR Earth manual, 1974), in einer Tiefe von jew. 0,9 m uAP durchgeführt. Die Auswertung der Schluckversuche ist als Anlage 4 beigelegt.

Sämtliche Aufschlusspunkte sowie ein im Straßenbereich der Schulstraße gelegener Kanaldeckel (als Fest-/Bezugspunkte) wurden eingemessen (s. Fotos). Die Lage der Punkte geht aus dem beigelegten Lageplan hervor (Anlage 1).

Fotos der Feldarbeiten am 14.03.2023



Eingemessener FP KD



Blick aufs Erschließungsbiet

Bodenmechanisches Labor

Zur Bodenklassifikation nach DIN 18196 sowie zur Bestimmung des k_f -Wertes wurden im bodenmechanischen Labor an **-2-** charakteristischen Bodenprobe die Körnungslinie durch eine kombinierte Sieb-/Schlammmanalyse gemäß DIN EN ISO 17892-4 bestimmt (Anlage 5).

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an **-1-** auffälligen Bodenprobe der Glühverlust nach DIN 18128-GL bestimmt (Anlage 6).

Analytik

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurden **-2-** Mischproben des aufgeschlossenen Erdreichs zur orientierenden abfallrechtlichen Voruntersuchung nach LAGA Mitteilung 20¹ (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) der Agrolab Labor GmbH, Bruckberg übergeben.

Der zugehörige Prüfbericht ist als Anlage 7 beigelegt.

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

Bericht

Die Aufschlussergebnisse wurden in Schichtenverzeichnissen und Bohrprofilen nach DIN 4022 und DIN 4023 sowie in Schlagzahldiagrammen in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2 dargestellt (Anlagen 2 und 3).

Für die erbohrten Bodenschichten wurden die charakteristischen Bodenkenngößen nach DIN 1055, die Bodengruppen nach DIN 18196, die Bodenklassen nach DIN 18300: 2012-09, die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 sowie die Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ nach DIN 1054:2010-12 ermittelt. Weiterhin wurden Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 gebildet.

Darüber hinaus wurden in diesem Bericht Empfehlungen zum Leitungs-, Straßen- und Grabenbau sowie Hinweise zur Entwässerung des Erdplanums und der Entsorgung/Verwertung anstehender Böden formuliert.

Die Aufschlusspunkte wurden mittels GNSS Vermessung nach Lage (UTM-Koordinaten) und (Höhe m üNN) eingemessen (siehe Tabelle 1). Ein Lageplan ist in Anlage 1 beigelegt.

Tabelle 1: Höhen- und Koordinatenangaben

Höhen- und Koordinatenangaben					
Beobachter:	Kn/MS				
Koordinatensystem:	UTM-Koordinatensystem				
Kleinrammbohrungen (RB) Schwere Rammsondierungen (DPH) SV (Schluckversuch im Bohrloch)	UTM-Koordinaten		Ansatzpunkt (AP)	Endteufe	
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	[m üNN]	[m uAP]	[ca. m üNN]
KD	330007,631	5581524,325	552,22	-	-
RB1 / DPH1	329995,565	5581480,594	553,36	0,8 / 1,3	552,6 / 552,1
RB2 / DPH2	329893,928	5581428,853	553,16	1,3 / 1,9	551,9 / 551,3
SV01	330010,916	5581509,124	552,16	0,9	551,3
SV02	329916,236	5581441,919	553,49	0,9	552,6

2 Baugrundbeschreibung

2.1 Geologie, Baugrundsichtung und Bodenkenngrößen

Gemäß Geologischer Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1 : 300000 liegt das Untersuchungsgebiet im stratigraphischen Verbreitungsgebiet des Eifelium (de, mittleres DEVON). Die Gesteinssuite des Eifelium setzt sich im Wesentlichen aus Kalk-, Mergel- und Dolomitstein sowie Kalksandstein zusammen.

Abfrage Bodenkarte (BFD50, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz)

Böden aus solifluidalen Sedimenten – Terra fusca (Kalksteinbraunlehm) aus flachem bimsasche- und lössarmem, grusführendem Ton über Schuttktonmergel (Basislage) über tiefem Dolomitstein (DEVON).

In situ aufgeschlossene Baugrundsichtung

Unter Berücksichtigung der geschilderten regionalgeologischen Situation sowie auf Grundlage der Aufschlussergebnisse lassen sich die angetroffenen Baugrundverhältnisse in nachfolgende Schichtglieder (SG) unterteilen:

SG 0 – Oberboden

Der humose Oberboden (tonig-feinsandiger Schluff) ist durchwurzelt und in einer Mächtigkeit von 0,2 m aufgeschlossen, die jedoch im Untersuchungsgebiet variieren kann.

SG I – Bindige Böden

Unterhalb der Oberbodendecke wurde in den Aufschlüssen RB2 und SV2 bindiger Lehm Boden erschlossen, der als ebenfalls tonig-feinsandiger Schluff anzusprechen ist und in seiner Mächtigkeit zwischen ca. 10 cm und 30 cm variiert. Die Böden weisen eine weiche bis weich-steife Konsistenz sowie eine leichte Plastizität vor und sind demnach, gemäß DIN 18196, als Bodengruppe TL bzw. als Bodenklasse 4 zu klassifizieren.

SG II – Gesteinsgrus

Das Liegende des untersuchten Baugrundes bilden mitteldicht bis sehr dicht gelagerte Kiese, bei denen es sich höchstwahrscheinlich um Gesteinsgrus des unterliegenden Festgesteins handelt. Als Nebenbestandteile treten schluffige, tonige, sandige Fraktionen sowie größere Gesteinsbruchstücke der Steinfraktion in den Böden des SG II auf. Nach DIN 18196 handelt es sich um die Bodengruppe GU und, je nach Steinanteil, um die Bodenklasse 3 bzw. 5. Da sowohl die Lagerungsdichte als auch der Steinanteil in den Böden des SG II mit steigender Tiefe zunimmt, sind die Lockergesteinsböden als Übergangszone zum Festgestein zu interpretieren.

SG III – Festgestein

Das **Festgestein** im Liegenden wurde mit den durchgeführten Kleinrammbohrungen verfahrensbedingt nicht erschlossen, da anstehender Gesteinsgrus i. d. R. keinen weiteren Bohrfortschritt zulässt und die Bohrungen somit nicht vollständig in die Übergangszone bzw. bis zum Festgestein vordringen können. Gemäß der hohen Schlagzahlen ($N_{10} > 100$) der schweren Rammsondierungen lässt sich die Übergangszone jedoch in Tiefenbereichen zwischen 1,5 m (DPH1) und 2,0 m uGOK (DPH2) vermuten. Je nach Verwitterungsgrad sind die oberflächlich anstehenden Festgesteine i. d. R. der Bodenklasse 6 zuzuordnen. Intaktes Felsgestein fällt in die Bodenklasse 7.

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

Tabelle 2: Kenngrößen und Bodenparameter

	SG I Bindige Böden	SG II Gesteinsgrus	SG III Übergangszone / Festgestein
Bodengruppe (DIN 18196)	TL	GU	GU / -
Bodenklasse (DIN 18300:2012-09)	(2) ⁺ , 4	3, 5 ⁺⁺ ,	3, 5, 6, 7
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17	F3	F2, (F1) ⁺⁺⁺	--
Homogenbereiche ¹⁾ (DIN 18300:2019-09)	B1	B2	X1/X2
Bodengruppe gemäß ATV-DVWK-A 127	G3 – G4	G2	--
Lagerungsdichte	--	Mitteldicht bis sehr dicht	Sehr dicht/--
Konsistenz	Weich, weich-steif	--	--
Plastizität	Leicht	--	--
Wichte (DIN 1055) [kN/m ³]			
cal γ	20,0 – 20,5	19,0 – 22,0	22,0 – 24,0
cal γ'	10,0 – 10,5	11,0 – 14,0	12,0 – 14,0
Reibungswinkel cal ϕ' [Grad] (DIN 1055)	27,5	32,5 – 35,0	27,5 – 37,5 (Kluftrreibungswinkel)
undräßierte Scherfestigkeit cal c_u [kN/m ²] (DIN 1055)	0 – 15	--	--
Kohäsion cal c' [kN/m ²] (DIN 1055)	0 – 2	--	--
Steifemodul cal E_s [MN/m ²]	5 – 15	25 – 80	> 100
Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] (DIN 1054:2010-12) in Höhe der Gründungssohle	200 ²⁾	380 ³⁾	> 500
Massenanteil (M.-%) (Schätzwerte)			
Steine	-	0 – 30	--
Blöcke	-	-	
große Blöcke	-	-	
LAGA Zuordnungsklasse	Z2	Z1.1	Z1.1 / -

*) Aufgrund der regionalgeologischen Situation angenommene Werte auf Gründungshöhe

+) Fein- und gemischtkörnige Böden verändern ihre Konsistenz bereits bei geringer Veränderung des Wassergehaltes. Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr und dyn. Belastung lässt sie in die Bodenklasse 2 übergehen.

++) Mit höchstens 30 % Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt der Bodenklasse 5 zugehörig.

+++) 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.

ICP, Büro Eifel

Johannes-Kepler-Straße 7
54634 Bitburg
Telefon 06561-18824
E-Mail bitburg@icp-geologen.de

ICP, Zentrale

Am Tränkwald 27
67688 Rodenbach
Telefon 06374-80507-0
E-Mail info@icp-geologen.de

ICP, Büro Südpfalz

Lindelbrunnstraße 6
76887 Bad Bergzabern
Telefon 06343-9539022
E-Mail info@suew-geologen.de

- 1) Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgte entsprechend nach ihrem Zustand vor dem Lösen und nicht gemäß umweltrelevanter Inhaltsstoffe. Die für Baumaßnahmen der Geotechnischen Kategorie GK 2 nach DIN 4020 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite (sofern eine Ermittlung möglich war) sind in obiger Tabelle enthalten.
- 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 Konsistenz. Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.7. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden (s. Angaben der DIN 1054:2010-12).
Die Anwendung der in DIN 1054:2010-12, Tab. 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. $b' = 0,5$ 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. Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) 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).
Die Anwendung der in DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.1 genannten Werte kann bei mittig belasteten Fundamenten mit Fundamentbreiten bis $1,5$ m zu **Setzungen in der Größenordnung von etwa 2 bis 4 cm** führen. Bei breiten Fundamenten ist mit Setzungen ungefähr proportional zur Fundamentbreite zu rechnen.
Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.

Tabelle 3: Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche

Homogenbereich	Kennwerte
O	Oberboden durchwurzelt, humos
B1	Bindige Böden der Bodengruppe TL Leicht Plastizität / steife, halbfeste und feste Konsistenz LAGA Zuordnungsklasse: Z2 Bodenklasse 2, 4
B2	Nichtbindige Böden der Bodengruppe GU Mitteldichte bis sehr dichte Lagerung Steinanteil 0-30% LAGA Zuordnungsklasse: Z1.1 Bodenklasse 3, 5
X1	Nichtbindige Böden GU Sehr dichte Lagerung Kalk- und Dolomitsteingrus (verwittert) Fels mit sehr kleinen bis mittleren ($\triangle$ Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) Abmessungen der Gesteinskörper, vollständig bis mäßig verwittert, Trennflächenabstand < 10 cm LAGA Zuordnungsklasse: Z1.1 Bodenklasse 3, 4-6
X2	Kalk-, Dolomit- und Kalksandstein Fels mit mittleren ($\triangle$ Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) bis sehr großen Abmessungen der Gesteinskörper, schwach verwittert bis frisch, Trennflächenabstand > 10 cm Bodenklasse 7

2.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bei den durchgeführten Aufschlüssen in folgenden Tiefen angetroffen:

DPH1: 1,2 m uAP

RB2 / DPH2: 0,6 m uAP

Eine zeitweilige, jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Schichtwasserführung bzw. die Ausbildung staunasser Horizonte ist daher anzunehmen.

Per Definition ist als Bemessungswasserstand (HGW) der höchste aus langjähriger Beobachtung ermittelte Grundwasser-, Hochwasser- bzw. Schichtwasserstand – bezogen auf einen Beobachtungszeitraum von mindestens 20 Jahren – zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von mindestens 0,50 m anzusetzen.

Der genaue Bemessungswasserstand für das Projektgebiet ist ggf. kostenpflichtig bei der zuständigen Behörde zu erfragen. Alternativ kann dieser auf der sicheren Seite auf Höhe der Geländeoberkante angesetzt werden. Die Festlegung des HGW fällt nach dem Kommentar zur DIN 18533-1 in den Verantwortungsbereich eines Planers.

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

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

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

3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

Bodengruppen nach ATV-DVWK-A 127

Im Bereich der Rohrgrabensohlen, der Bettungsschicht, der Seitenverfüllung und Abdeckung nach DIN EN 1610 stehen bei optimalen Bedingungen (z.B. geeigneter Wassergehalt) nur mäßig verdichtbare bindige Bodenarten (gemischtkörnige Böden der Bodengruppe GU* nach DIN 18196) an, die nach ATV-DVWK-A 127 der Bodengruppe G3 zugeordnet werden. Sie können bei zu hohem Wassergehalt durch ungünstige Witterungseinflüsse (Regen, Frost, Austrocknung) für den Einbau unbrauchbar werden. Sie sind daher vor entsprechenden Einflüssen zu schützen.

Bodenklassen gemäß DIN 18300:2012-09

Im Zuge der Erdarbeiten sind voraussichtlich überwiegend Böden der Bodenklasse 4 (bindige Lehme in halbfester Konsistenz), 5 (Böden bis 30 % Steinanteil) und 6 (Übergangszone / Böden mit mehr als 30 % Steinanteil) zu bearbeiten. Die aufgeschlossenen bindigen Lehme sind als stark wasserempfindlich einzustufen, d. h. sie reagieren bei Wassergehaltsänderung (Durchfeuchtung) mit einer Verschlechterung ihrer bodenmechanischen Eigenschaften.

Zusammenfassend weisen die aufgeschlossenen Böden generell mäßig bis ausreichende Tragfähigkeiten vor, können jedoch zu Setzungen neigen.

Allgemeines

Ab durchgehend 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 kaum belastbar und als ungeeignet für Gründungszwecke zu beurteilen. Bindige Böden von weicher bis halbfester Konsistenz sind der Bodenklasse 4, bei breiig-weicher Konsistenz der Bodenklasse 2 und bei fester Konsistenz der Bodenklasse 6 nach DIN 18300: 2012-09 zugehörig.

Bindige Böden sind als stark wasserempfindlich einzustufen, d. h., sie weichen bei Wasserzutritten bzw. Durchfeuchtung (z. B. durch Durchwalkungen während des Baubetriebes) rasch auf und verlieren so ihre in ungestörtem Zustand ab mindestens steifer Konsistenz befriedigenden bodenmechanischen Eigenschaften.

Nichtbindige Böden stellen ab mindestens mitteldichter Lagerung einen gut tragfähigen, unter statischer Belastung im Allgemeinen nur zu geringen Setzungen neigenden Baugrund dar. Sie sind in die Bodenklasse 3 einzuordnen.

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 Bohrung und schweren Rammsondierungen erfahrungsgemäß folgende Schlagzahlen zu erreichen:

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

Die Konsistenz, der entnommenen bindigen Bodenproben des SG I ist hier jedoch günstiger als die Konsistenz, die sich anhand der Ergebnisse der schweren Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 3 bei einer Auswertung nach PLACZEK ergeben würde. Ein direkter Vergleich zwischen Schlagzahlen und tatsächlicher Konsistenz ist somit nicht möglich, bzw. führt zur Fehlinterpretation. Diese Differenz kann unter anderem auf eine sehr geringe Mantelreibung des Sondiergestänges in den hier in den aufgeschlossenen bindigen Böden von leichter bis mittlerer Plastizität zurückgeführt werden.

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

Tabelle 4: Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig ausreichender Festigkeit

Schwere Rammsondierung (DPH)	Baugrund mit durchgängig ausreichender Festigkeit [m unter Ansatzpunkt]	Baugrund mit durchgängig ausreichender Festigkeit Kote [m üNN]*
DPH 1	0,3	Ca. 553,1
DPH 2	0,5	Ca. 552,7

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Schweren Rammsondierungen DPH1 und DPH2, geht eine ausreichende Festigkeit des Baugrundes für bautechnische Zwecke, ab einer Tiefe von max. 0,5 m uGOk hervor.

Die in Tabelle 4 genannten Tiefenbereiche korrelieren mit dem Übergang von den bindigen Böden des SG I zu den gemischtkörnigen Kiesen des SG II. Somit kann flächig im geplanten Baufeld von einer ausreichenden Festigkeit bzw. Tragfähigkeit des Baugrunds ausgegangen werden, sobald diese Kiese erschlossen werden.

Glühverlust

Die bei der Kleinrammbohrung SV 2 im Tiefenbereich zwischen 0,2 m und 0,3 m unter Geländeoberkante aufgeschlossenen Lehme zeigten eine auffällig dunkle Färbung sowie einen auffälligen Geruch, so dass der Verdacht auf einen erhöhten Gehalt an organischen Bestandteilen (zersetzte Pflanzenreste) bestand. Organische Bestandteile bedingen eine ungünstige Beeinflussung der bodenphysikalischen Eigenschaften durch Volumenverlust infolge Verrottung, verringerte Verdichtbarkeit und Wasserdurchlässigkeit sowie Zunahme der Kompressibilität infolge von erhöhtem Porenanteil mit entsprechend verringerter Tragfähigkeit.

Die Einflussnahme organischer Bestandteile wirkt sich bei bindigen Böden erfahrungsgemäß ab einem Glühverlust von 5 M.-% maßgeblich aus (vgl. DIN 1054). Vor diesem Hintergrund wurde zur weitergehenden Beurteilung an der aus dem o. g. Tiefenbereich entnommenen Bodenprobe SV2 - P1 im bodenmechanischen Labor der Glühverlust nach DIN 18128-GL bestimmt (Anlage 6). Der Glühverlust entspricht dem Masseverlust des bei 105°C getrockneten Bodens bei einer Glühtemperatur von 550°C. Das Ergebnis stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 5: Glühverlust

Probe	Tiefe [m unter GOK]	Bodenart	Glühverlust [Masse-%]
SV2 – P1	0,2 – 0,3 m	Schluff; tonig-feinsandig	5,77

Es muss somit davon ausgegangen werden, dass die in der beprobten Schichtlage enthaltenen organischen Beimengungen die Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrundes ungünstig beeinflussen, weshalb sie aus gründungstechnischer Sicht abgetragen werden sollten.

Bereich geplante Bebauung

Das Untersuchungsgebiet wurde bisweilen landwirtschaftlich genutzt, weshalb – mit Ausnahme oberflächennaher Schichten – von einem ungestörten und homogenen Baugrund ausgegangen werden kann.

Ferner ist mit Erreichen des Kieshorizontes (SG II) von einer ausreichenden bis guten Tragfähigkeit des Baugrundes bei gleichzeitig geringer Setzungsanfälligkeit auszugehen.

Im Zuge der umfangreichen Bauarbeiten im Untersuchungsgebiet ist mit Eingriffen in den bestehenden Baugrund zu rechnen. Eingriffe in den bestehenden Baugrund können die geotechnischen Eigenschaften maßgeblich beeinflussen, was es zu beachten gilt.

Fazit

Oberflächennah stehen im Untersuchungsgebiet geringmächtige bindige Böden von nur weicher bis weich-steifer Konsistenz an, die sich für Bautechnische Zwecke nicht eignen.

Selbst bei Erreichen einer mind. steifen Konsistenz, die als mäßig bis ausreichend tragfähig zu klassifizieren ist, sollten die oberflächlich anstehenden bindigen Lehme, aufgrund ihres erhöhten Organik-Gehaltes (s. Glühverlust), nicht für bautechnische Zwecke mit Tragfähigkeitsanforderungen verwendet werden,

Ab 0,5 m uGOK stehen flächig im Untersuchungsgebiet jedoch gemischtkörnige Kiese von mind. mitteldichter bis dichter Lagerung (ab ca. 1,0 m uGOK) an, die einen gut tragfähigen und nur zu geringen Setzungen neigenden Baugrund bilden.

Eine Gründung sollte immer auf gleichwertig tragfähigem Baugrund stattfinden, um zu große Setzungsunterschiede zu vermeiden, welches im vorliegenden Fall gegeben sein kann.

Es sind die Hinweise und Ausführungen in Kapitel 4 zu beachten.

4 Gebäudegründung

Frostsicherheit

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.

Das untersuchte Grundstück fällt gemäß der Karte der Bundesanstalt für Straßenbauwesen in den Einflussbereich der Frosteinwirkungszone II. Daher empfiehlt es sich die Mindesteinbindetiefe um mindestens 0,10 m zu erhöhen.

Erdbebeneinwirkung

Gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01 befindet sich das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 0 und, nach DIN 4149:2005-04, zur Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund) sowie zur Baugrundklasse B (mäßig verwitterte Festgesteine bzw. Festgesteine mit geringer Festigkeit oder grobkörnige bzw. gemischtkörnige Lockergesteine mit hohen Reibungseigenschaften in dichter Lagerung).

Aufgrund der o. g. Tatsachen sind die Werte und Parameter der **Untergrundverhältnisse A-R** (Tab. 4 & Tab.5 in DIN 4149:2005-04) für die Bauwerksplanung zu beachten.

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

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

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

4.1 Allgemeines zur Gründung von Gebäuden

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

Die aufgeführten Werte gehen zurück auf Grundbruch- und Setzungsberechnungen, so dass für Regelfälle auf die Nachweise für die Grenzzustände Grundbruch (GEO-2), Gleiten (GEO-2) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS) verzichtet werden kann. Da das Regelfallverfahren ein vereinfachter Nachweis ist, muss vor jeder Bemessung sorgfältig geprüft werden, ob die in der DIN 1054:2010 angeführten Anwendungsgrenzen eingehalten sind. Liegt ein Regelfall nicht vor, oder sollen die in DIN 1054:2010 angegebenen Werte überschritten werden, so ist der Nachweis zu führen, dass die zu erwartenden Setzungen für das Gebäude unschädlich sind und die Grundbruchsicherheit gewährleistet ist.

Als 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.

Als Hilfskriterium zur Beurteilung einer durchgängig ausreichenden Festigkeit des Baugrunds kann die im Feld durchgeführte Bodenansprache der (Klein)Rammbohrungen RB1-2 sowie SV1-2 sowie die Ergebnisse der durchgeführten Schweren Rammsondierungen DPH1-2 herangezogen werden. Aus den Aufschlussprotokollen geht hervor, dass flächendeckend nichtbindige Böden von mitteldichter bis dichter Lagerung, unterhalb der Oberbodendecke bzw. der oberflächlich anstehenden Decklehme, anstehen (vgl. Anlagen 3 und 4). Für Gründungszecke kann bei einer durchgehend mind. mitteldichter Lagerung der anstehenden Böden i. d. R. von einer mäßigen bis ausreichenden Tragfähigkeit des Untergrundes ausgegangen werden.

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

Einzel-/ Streifenfundamente

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

Auf der sicheren Seite liegend ist allgemein ein Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ mit 250 kN/m^2 und ein Sohlreibungswinkel α von $27,5^\circ$ für Streifenfundamente anzunehmen. Dabei wird angenommen, dass die Fundamente in bindigen Böden (bindige Kiese – Bodengruppe GU*) von mindestens mitteldichter Lagerung zu liegen kommen.

Im Plangebiet stehen (ab. ca. 0,5 m uGOK) gemischtkörnige Böden der Bodengruppe GU*-GU an, weshalb orientierend zur Bemessung der Einzel- und Streifenfundamente die Tabellenwerte nach DIN 1054:2010-12, Tab. 6.1 (nichtbindige Kiese) bzw. Tab. 6.6 (bindige Kiese) herangezogen werden können (s. Tabelle 6). Aus der Bodenansprache der Baugrundaufschlüsse geht hervor, dass der Feinkornanteil in den anstehenden Kiesen mit steigender Tiefe abnimmt. Spätestens ab ca. 1,0 m uGOK ist daher von nichtbindigen Böden auszugehen.

Tabelle 6: DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.1 (Bemessungswerte des Sohlwiderstands auf nichtbindigen Böden)

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m^2] bei Streifenfundamenten mit b bzw. b' von			
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m
0,5	280	420	560	700
1,0	380	520	660	800
1,5	480	620	760	900
2,0	560	700	840	980

Die Anwendung der Werte der DIN-Tabelle A 6.1 für nichtbindigen Boden kann zu **Setzungen von bis zu 2 cm** führen.

In Anlehnung an Bild A 6.3 der DIN 1054:2010-12 kann für eine Flächengründung auf Fels (mürbes bis mäßig mürbes Gestein mit mittelständigen Trennflächen) ein **Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ von 700 kN/m^2** angesetzt werden.

Die Gründungsaufstandsflächen sind vor dem Einbringen des Fundamentbetons gründlich nachzuverdichten. Zur Vermeidung einer Verschlechterung der bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes durch Witterungseinflüsse empfehlen wir bei Gründung mittels Streifenfundamenten, eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton (Stärke ca. 5 – 10 cm) unverzüglich nach Aushub und Abnahme der Fundamentgräben einzubauen.

Tragende, elastisch gebettete Stahlbetonbodenplatte

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

Nachfolgende Bemessungswerte sind lediglich orientierend zu verstehen und ersetzen keine detaillierte objektbezogene Baugrunderkundung!

Beim Einbau eines Gründungspolsters werden die oberflächennah anstehenden z. T. gering tragfähigen Böden ganz oder teilweise durch Fremdmaterial ausgetauscht. Dies führt zur Reduzierung der Absolutbeträge der Setzungen und zur Vergleichmäßigung der Differenzsetzungen.

Wir empfehlen, auch in den Bereichen, in denen kein Gründungspolster erforderlich ist, generell ein Gründungspolster unterhalb der Bodenplatte in einer Mächtigkeit von ca. 0,3 m – 0,5 m zur Homogenisierung des Baugrunds, zur Vermeidung von Spannungsspitzen und zur Reduzierung von Setzungen einzubringen. Gründungspolster fallen je nach Baugrund, Gründungshöhe und Lasten des Gebäudes unterschiedlich mächtig aus und können somit auch ein Vielfaches der angegebenen Mächtigkeiten annehmen.

Je nach Größe der auftretenden Lasten und zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen kann die genaue Dimensionierung eines Gründungspolsters jedoch nur auf Grundlage von Setzungsberechnungen erfolgen.

Bei Wahl einer Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatte und Gründungspolster können für die statische Vorbemessung basierend auf Erfahrungswerten bei ähnlicher Baugrundsichtung **unter der Platte ansetzbare Bettungsmoduln k_s von etwa 10 – 20 MN/m³ für nichtbindige Böden** abgeschätzt werden, die jedoch abhängig von den Belastungen der Platte und den zu erwartenden Setzungen in Abhängigkeit der tatsächlichen Gründungshöhe sind.

Bei Gründung in **intakten Felsgestein** ergeben sich Bettungsmoduln von **30-40 MN/m³**.

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.

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

5 Versickerungseignung der anstehenden Böden

5.1 Allgemein

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

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 kommen für die Versickerung Lockergesteinsböden in Frage, deren k_f -Werte im Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s liegen (Flächenversickerung 2×10^{-5} m/s). Weiterhin muss zur Reinigung der eingeleiteten Niederschlagswässer eine ausreichend mächtige, belebte Bodenzone vorhanden sein (ca. 0,3 m). Bei einer Bodenpassage in entsprechender Größenordnung wird ein Großteil der zumeist partikelgebundenen Schadstoffe zurückgehalten.

Der Abstand zwischen höchstem Grundwasserstand und Sohle der Versickerungsanlage muss mindestens 1 m betragen.

Der Feinkorngehalt des Bodens auf der Muldensohle sollte so gering wie möglich sein, um eine Verstopfung der Poren in diesem Bereich zu verhindern. Die Sohle der Muldenfläche sollte bei der Herstellung der Mulde so wenig wie möglich verdichtet werden. Bei Aushub von gewachsenem Boden ist beim Abziehen der Oberfläche eine Verdichtung durch die Baggerschaufel zu vermeiden.

Zur Ermittlung des k_f -Wertes der anstehenden Böden wurden **-2-** Feldversuche (Anlage 4) sowie **-2-** Laborversuche (Anlage 5) angesetzt. Die einzelnen Versuche sowie deren Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Eine Interpretation der Versuchsergebnisse in Bezug auf die Versickerungseignung der anstehenden Böden liefert Kapitel 5.4. Mögliche Maßnahmen für eine zusätzliche Erhöhung Versickerungsfähigkeit im Untersuchungsgebiet sind in Kapitel 6 erläutert.

5.2 Ermittlung des k_f -Wertes mit dem Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch (Open-End-Test), nach USBR Earth-Manual (1974)

Zur Ermittlung der Infiltrationsrate wurden im Untersuchungsgebiet an den Messpunkten **SV1** und **SV2** jeweils ein Schluckversuch in dem vorher abgeteufte Bohrloch (DN 80) durchgeführt. Das Versuchsprotokoll liegt in Anlage 4 bei.

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

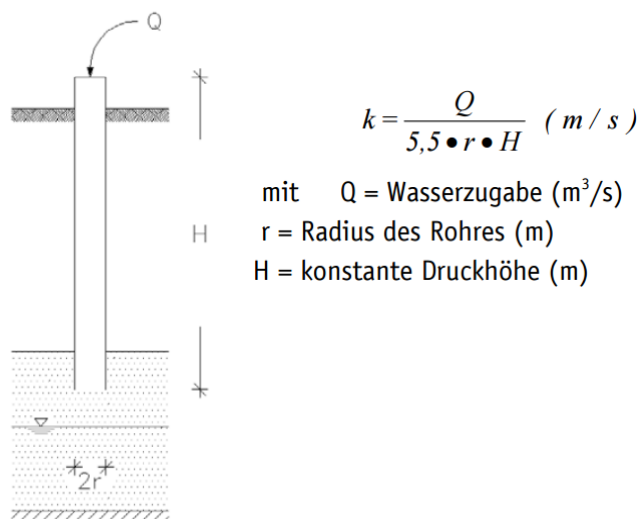


Abb. 1: Versuchsanordnung Open-End-Test und Bestimmungsgleichung

Bei dem durchgeführten Versuchen lag die Rohrsohle in einer Tiefe von 0,9 m uAP. Bei den in diesem Tiefenbereich anstehenden Böden handelt es sich um gemischtkörnige Böden (Kiese) mit variierendem Feinkornanteil (ca. 15-25 %), in vorrangig mitteldichter bis dichter Lagerung.

Bei der Durchführung der Versickerungsversuche wurden Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt. Zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes eines Feldversuches ist nach dem Anhang B des Regelwerkes DWA A 138 ein Korrekturfaktor von 2 zu berücksichtigen, um der Ungenauigkeit durch evtl. nicht ausreichende Aufsättigung der anstehenden Böden entgegenzuwirken.

Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors ergibt sich somit ein Bemessungs- k_f -Wert von $1,60 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ für den Versuch SV1 und $1,38 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ für den Versuch SV2, womit die Böden - gemäß 18130 - in dieser Tiefe als durchlässig zu bezeichnen sind.

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

Neben den Feldversuchen erfolgte die Bestimmung des k_f -Wertes näherungsweise anhand der Kornverteilung über die empirischen Verfahren nach BEYER, HAZEN, SEELHEIM und MALLETT/PAQUANT. Zur näherungsweisen Bestimmung der charakteristischen Durchlässigkeit der im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden wurde daher an -2- Bodenproben die Korngrößenverteilung mittels kombinierter Sieb-/Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17892-4 bestimmt (s. Anlage 5).

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

Tabelle 7: Gültigkeitsgrenzen

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

Zur Festlegung des Bemessungs- k_f -Wertes über eine Sieblinienauswertung ist nach dem Anhang B des Regelwerkes DWA A 138 ein Korrekturfaktor von 0,2 zu berücksichtigen, um der Ungenauigkeit des empirischen Bestimmungsverfahrens über die Korngrößenverteilung Rechnung zu tragen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse der k_f -Wert-Bestimmung anhand der Korngrößenverteilung und der Berechnungsmethode nach MALLETT/PAQUANT

Versuch	Tiefe [m]	Bodengruppe nach DIN 18196	k_f – Wert nach Laborversuch [m/s]	Korrekturfaktor nach DWA-A 138	Bemessungs- k_f -Wert [m/s]	Feinkornanteil [M.-%]
RB2 / P1	0,2 – 0,5 m	TL	$1,4 \times 10^{-8}$	0,2	$2,8 \times 10^{-9}$	70,5
RB2 / P2	0,5 – 1,3 m	GU*	$4,3 \times 10^{-6}$	0,2	$8,6 \times 10^{-7}$	22,7

Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors ergibt sich für die oberflächlich anstehenden Lehme ein Bemessungs- k_f -Wert von $2,8 \times 10^{-9}$ m/s, womit die oberflächennahen Bereiche als sehr schwach durchlässig zu bezeichnen sind. Die unterliegenden gemischtkörnigen Kiese zeigen hingegen einen Bemessungs- k_f -Wert von $8,6 \times 10^{-7}$ m/s, womit die Partien des SG II als schwach durchlässig zu bezeichnen sind.

5.4 Interpretation der Ergebnisse

Die Feldversuche (Versickerung im ausgebauten Bohrloch – Open-End-Test) ergab einen Durchlässigkeitsbeiwerte k_f von **1,38 bis $1,60 \times 10^{-5}$ m/s**. Das DWA-A 138 Regelwerk (Ausgabe April 2005) gibt eine Mindestdurchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerungen von 1×10^{-6} m/s an. Demnach sind die anstehenden Lockergesteinsböden für eine Versickerung nach diesem Regelwerk als **geeignet zu klassifizieren**.

Nach Beachtung des Korrekturfaktors bei den Korngrößenverteilungen ergeben sich des Weiteren für die untersuchten Tiefenbereiche k_f -Werte von **$2,8 \times 10^{-9}$ m/s** in den oberflächennahen Decklehmen und **$8,6 \times 10^{-7}$ m/s** in den unterliegenden Kiesen. Demnach sind die untersuchten Lockergesteinsböden nach DWA-A 138 als im oberflächennahen Bereich als **ungeeignet, jedoch ab ca. 0,5 m uGOK als grenzwertig geeignet zu betrachten, da sie nah am Grenzwert von 1×10^{-6} m/s liegen**.

Darüber hinaus gilt es folgendes zu beachten:

Sind die k_f -Werte nahe am Grenzwert von 1×10^{-6} m/s, stauen Versickerungsanlagen lange ein, und es können anaerobe Verhältnisse auftreten, die Rückhalte- und Umwandlungsvermögen negativ beeinflussen. Die oben genannten Feld- bzw. Laborversuche wurden in Böden durchgeführt, welche gemäß LAGA-Analytik der Zuordnungsklasse Z2 (SG I) bzw. Z1.1 (SGII & SG III) zugeordnet werden müssen (s. Kapitel 8). **In der Regel ist eine Versickerung nur in unbelasteten Böden (Z0) genehmigungsfähig.**

Fazit

Aus den durchgeführten Feld- und Laborversuchen ergibt sich, dass die anstehenden Lockergesteinsböden im Schnitt für eine Flächenversickerung als geeignet zu klassifizieren sind.

Die Abweichung des k_f -Wertes der Sieb – Schlämmanalysen von denen der Schluckversuche im Feld kann mit der teils nur mäßigen Aussagegenauigkeit des angewandten Verfahrens nach MALLET/PAQUANT zu Ermittlung des k_f -Wertes im Labor begründet werden. Den Ergebnissen der Feldversuche ist somit ein höherer Stellenwert zuzuschreiben.

Die Durchlässigkeit der oberflächennahen Lehme ist in der Größenordnung $k_f = 10^{-8}$ bis 10^{-9} m/s anzusetzen. Gemäß dem ARBEITSBLATT DWA-A 138 sind derartige Böden für eine Versickerung als ungeeignet zu erachten.

Um eine ausreichende Versickerungsfähigkeit zu gewährleisten, sollten die feinkörnigen Böden des SG I durchstoßen bzw. abgetragen werden, bis zum Antreffen der unterliegenden Schichten von höherem Kies- bzw. geringerem Feinkorngehalt (SG II). Die aufgeschlossene Mächtigkeit des SG I und somit die erforderliche minimale Aushubtiefe innerhalb der Versickerungsfläche beträgt ca. 0,5 m. Bei größeren Aushubtiefen (SG III) ist jedoch mit sinkendem Feinkorngehalt bzw. steigender Durchlässigkeit der anstehenden Böden zu rechnen.

Innerhalb des Versickerungsfensters muss der Boden gegen gut durchlässiges Material ausgetauscht werden. Die Dimensionierung der Sickerfenster erfolgt durch entsprechende Berechnungen. Es ist darauf zu achten, dass von den eingebauten Materialien keine nachteilige Beeinträchtigung des Sickerwassers ausgehen darf.

Allgemeine Hinweise

Versickerungsanlagen sind entsprechend groß zu dimensionieren, und die Einstautiefe ist möglichst groß zu wählen, so dass ein möglichst großes Rückhaltevolumen zur Verfügung steht. Durch eine angepasste Bepflanzung (Pflanzen mit hoher Wasseraufnahme) kann die Verdunstung durch Transpiration unterstützt werden. Durch den Bau von Pflanzstreifen mit Pflanzgranulat kann weiterhin ein zusätzliches ansetzbares Rückhaltevolumen geschaffen werden.

6. Versickerung von Niederschlagsabflüssen

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

Neue Flächenbefestigungen sind wasserdurchlässig herzustellen.

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

Die prinzipiellen technischen Lösungen sind:

1. Flächenversickerung
2. Muldenversickerung
3. Mulden-Rigolen-Element
4. Rigolen- und Rohr-Rigolenversickerung
5. Schachtversickerung
6. Beckenversickerung und
7. Mulden-Rigolen-System

Dabei eignen sich nicht alle Varianten für das beschriebene Projekt. Flächen-, Mulden- sowie Beckenversickerung benötigen prinzipiell die größten Flächen. Es gilt daher die erforderlichen Platzverhältnisse und die Durchführbarkeit einer Versickerung über rein oberflächliche Anlagen zu prüfen.

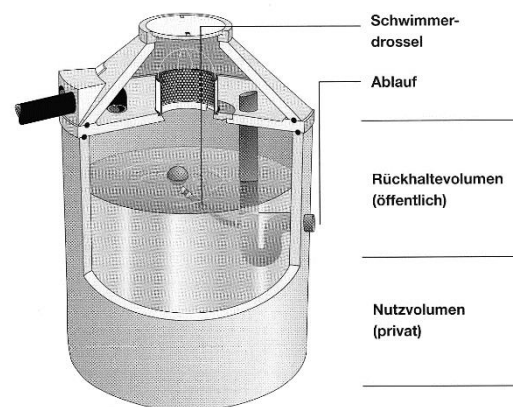
Um den Platzbedarf der Anlagen zu minimieren, empfiehlt sich somit eine Versickerung über Rigolen bzw. eine Kombination von Rigolen mit anderen entsprechend dimensionierten Versickerungselementen oder alternativ Retentionsbauwerken (s. Kapitel 7.2).

6.1 Vorschläge zur Regenwasserbewirtschaftung

Als Alternative zur Versickerung von Niederschlagswässern zur Entlastung des Kanalsystems bietet sich die Herstellung von Retentionsbauwerken zur gedrosselten Ableitung in den Kanal/ Vorfluter an.

Eine weitere Maßnahme ist die Errichtung von Zisternen. Zur Reduzierung der hydraulischen Belastung des Kanalsystems können Retentionsräume in Form von Zisternen auf den Grundstückspartzen geschaffen werden.

Diese können dann als Regenspeicher zur Brauchwassernutzung sowie zur Regenrückhaltung genutzt werden.



Beispiel einer Regenwasserretention

Der abgebildete Wasserspeicher besitzt zusätzlich zum Nutzvolumen zur Brauchwasserentnahme ein (rechnerisch ansetzbares!) Rückhaltevolumen. Dieses Rückhaltevolumen puffert die anfallenden Abflussspitzen der befestigten Oberflächen. Erst wenn das gesamte Speichervolumen erreicht ist, gelangt das Regenwasser über den Notüberlauf in das Kanalsystem. Die Schwimmerdrossel schafft durch konstant gedrosselten Abfluss regelmäßig freies Rückhaltevolumen für die nächste Abflussspitze.

7 Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung

7.1 Allgemeines

Bei Baumaßnahmen anfallendes Aushubmaterial ist bei externer Entsorgung hinsichtlich einer Verwertung in Rheinland-Pfalz nach den Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA TR Boden 2004 zu beurteilen. Hier sind anhand von Zuordnungswerten (Z-Werten) Einbauklassen definiert, die unterschiedliche technische Anforderungen an die Verwertung stellen, wobei die Verwertung von Boden und Bauschutt unterschiedlich geregelt sind. Boden-Gemische mit über 10 Vol.-% Fremdbestandteilen sind in RLP nach LAGA M20 (1997) zu beurteilen.

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

Tabelle 9: Einbauklassen nach LAGA

Einbauklasse	Entsorgung
Z0	ohne Einschränkungen, Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen, Verfüllung von Abgrabungen
Z0*	Verfüllung von Abgrabungen und Wiederverfüllung von ehemaligen Sandgruben Für die Verfüllung von Abgrabungen darf Z0-Material uneingeschränkt verwendet werden. Darüber hinaus darf auch Bodenmaterial bis zu den Zuordnungswerten Z0* verwertet werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind: - Oberhalb des verfüllten Bodenmaterials wird eine Abdeckung aus Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält, aufgebracht (Mindestmächtigkeit von 2 m). - Die Sohle der Verfüllung hat einen Mindestabstand zum höchsten Grundwasserstand von 1 m. - Die Verfüllungen liegen außerhalb folgender (Schutz-)Gebiete: Trinkwasserschutzgebiete, Zone III A; Heilquellenschutzgebiete, Zone III oder III/1, Wasservorranggebiete, die im Interesse der künftigen Wasserversorgung raumordnerisch ausgewiesen worden sind; Karstgebieten ohne ausreichende Deckschichten und Randgebieten, die im Karst entwässern, sowie in Gebieten mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund. Letztere Bedingung entfällt, wenn das eingebaute Bodenmaterial die Z0*IIIA-Zuordnungswerte einhält, keiner Staunässe ausgesetzt wird und über hinreichend Säureneutralisationskapazität verfügt, z.B. bei Bodenmaterial mit mehr als 20 % Kalkgehalt.
Z1.1	Offener Einbau in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen
Z1.2	Offener Einbau in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen in hydrogeologisch günstigen Gebieten.
Z2	Verwertung in technischen Bauwerken bei definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, i.d.R. unter versiegelten Flächen.
> Z2	keine Verwertung – Beseitigung z.B. Auf einer Deponie

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

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

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

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

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

7.2 Aushub

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurden von der AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, an **-2-** repräsentativen Mischproben **MP1-2** des aufgeschlossenen Erdreichs (Bindige Lehme und gemischtkörnige Kiese) chemische Schadstoffuntersuchungen nach LAGA (2004) Tab.II.1.2.-4/-5 (Feststoff und Eluat), durchgeführt. Jede Mischprobe steht dabei charakteristisch für eines der in Kapitel 2.1 definierten Schichtglieder (SG I-II).

Der Prüfbericht der AGROLAB Labor GmbH (Auftrag Nr.: 3399537, vom 13.04.22) ist als Anlage 7 beigelegt.

Tabelle 10: Untersuchungsergebnis und orientierende Einstufung Boden

Beschreibung	MP_1	MP_2
Probenart	Bindige Decklehme (SG I)	Gemischtkörnige Kiese (SG II)
Entnahme durch	ICP	ICP
Entnahmedatum	14.03.2023	14.03.2023
Entnahmestelle (Entnahmetiefe [m])	RB2-P1, SV2-P1 (0,2 – 0,5 m)	RB1-P1, RB2-P2, SV2-P2 (0,2 – 1,3 m)
Befund (Grenzwert Z0)	TOC: 1,54 (0,5) [%] Arsen: 35,1 (15) [mg/kg]	TOC: 0,75 (0,5) [%] Arsen: 51 (15) [mg/kg]
Beurteilung		
LAGA	Z2	Z1.1
AVV	17 05 04	17 05 04

Bewertung

MP_1 (Decklehme – SG I)

Bei der Mischprobe MP_1 handelt es sich um oberflächliche Decklehme, die unter der Oberboden-decke anstehen. Die Probe zeigt erhöhte Arsengehalte. Ausschlaggebend für die Einordnung in die Zuordnungsklasse **Z2** sind jedoch die erhöhten Gehalte an organischen Bestandteilen (TOC), die den Z1-Grenzwert von 1,5 % leicht überschreiten.

MP_2 (Verwitterungslehme)

Bei der Mischprobe MP_2 handelt es sich um die im Untersuchungsgebiet erschlossenen gemischt-körnigen Böden der Bodengruppe GU* bzw. GU. Die Ergebnisse der Deklarationsanalytik zeigen ebenfalls erhöhte Werte für Arsen und organischen Kohlenstoff (TOC).

Der TOC-Gehalt von 0,75 Masse-% TR erfordert eine Einordnung in die Klasse Z1. Der TOC-Gehalt, als ein unspezifischer Summenparameter für den Gesamtgehalt an organisch gebunden Kohlenstoff, ist jedoch kein Schadstoff im eigentlichen Sinn. Liegt der TOC-Wert oberhalb des entsprechenden Zuordnungswertes, muss das Bodenmaterial jedoch nicht zwangsläufig beseitigt werden. Häufig kann und sollte es unter bestimmten Bedingungen verwertet werden („Verwertung vor Beseitigung“ § 6 Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG). Für die Verwertung als Bodenmaterial, das den TOC-Gehalt überschreitet, ist in Zweifelsfällen die zuständige Wasserbehörde einzuschalten. Die Verwertung von solchem Material ist in Wasserschutzgebieten jedoch nicht möglich.

Rundschreiben zum Vollzug des Bodenschutzrechts Rheinland-Pfalz

„Mit Datum **15.01.2016** wurden ergänzende Regelungen zum Rundschreiben von 2006 zu den Anforderungen an Verfüllung von Abgrabungen hinsichtlich des **TOC-Gehaltes** getroffen:

Bodenmaterialien mit höheren TOC-Gehalten, die ausschließlich eine Überschreitung des Zuordnungswertes der Tabelle 3 für den Parameter TOC mit größer 0,5 Masse-% aufweisen, sollen **primär** für die **Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht/Oberböden** genutzt werden.

Um allein wegen Überschreiten des TOC-Gehaltes von 0,5 Masse-% eine Deponierung zu vermeiden, wird aufgrund aktueller Einschätzung des Landesamtes für Umwelt und des Landesamtes für Geologie und Bergbau für Verwertungen von Boden im Rahmen einer bodenähnlichen Anwendung der TOC-Gehalt auf **1,0 Masse-%** angehoben.

Insofern erfolgt die Einstufung in die Zuordnungsklasse Z1.1, der Boden kann aber wie Böden der Zuordnungsklasse Z0 verwendet werden.

Für Böden mit einem TOC-Gehalt größer 1 Masse-% kann auch nach bodenkundlicher Begutachtung durch Sachkundige eine **Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen**, ausgenommen Verfüllungen von Abgrabungen, im Einzelfall möglich sein.“

Aus den o. g. Gründen ist der TOC-Gehalt daher nicht ausschlaggebend für die Deklaration, sondern lediglich die erhöhten **Arsen-Gehalte**, wodurch die Probe als **Z1.1** deklariert wird.

Gemäß Anh. 3, Tab. 2, Spalte 9 der Deponieverordnung halten die Mischproben MP_1 und MP_2 und MP_3 die Zuordnungswerte für Rekultivierungsboden ein und können dementsprechend verwertet werden.

8 Erdbautechnische Hinweise

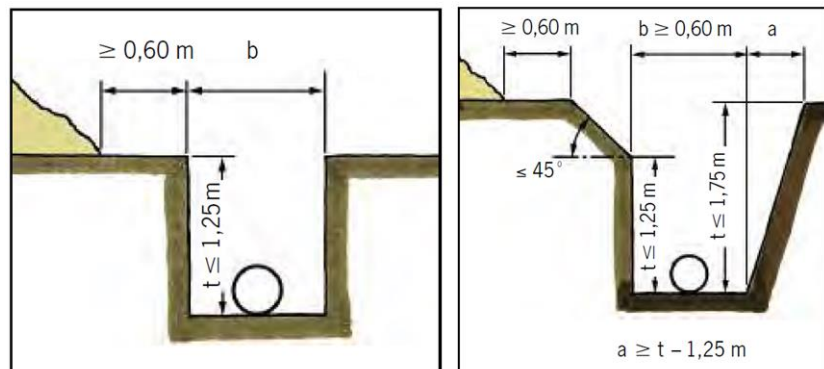
8.1 Baugruben und Gräben, Wasserhaltung

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

Nicht verbaute senkrechte Baugrubenwände

Diese 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

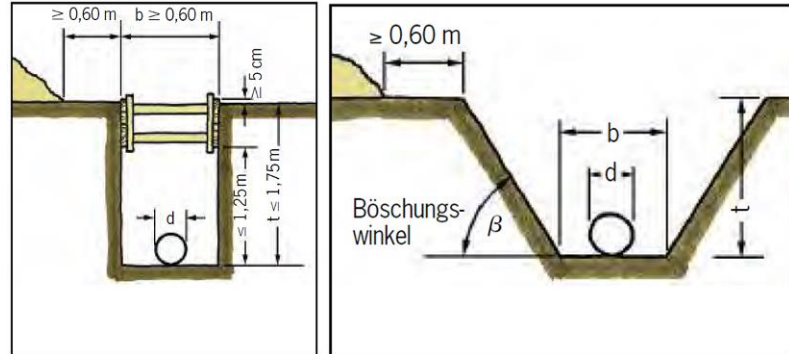


In mindestens steifen bindigen

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) geböscht wird und die anschließende Geländeneigung nicht mehr als 1:10 beträgt.

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

Diese müssen mit abgeböschten Wänden hergestellt oder verbaut werden. Die Böschungsneigung richtet sich 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.



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

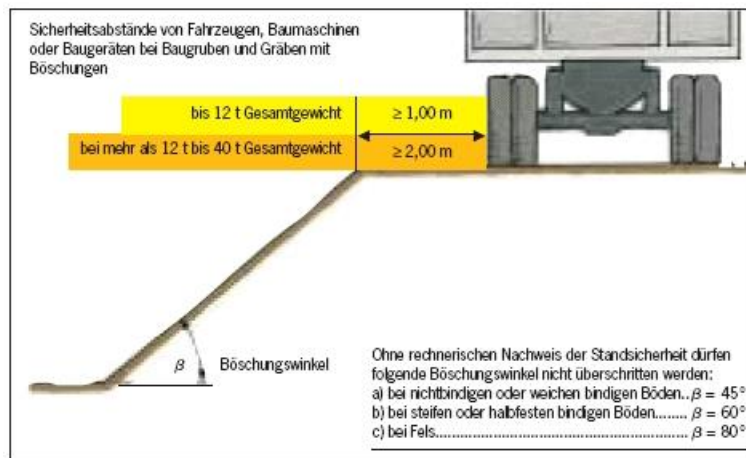
nicht bindige Böden	≤ 45°
bindige Böden	≤ 45° bei weicher Konsistenz
	≤ 60° bei mindestens steifer Konsistenz

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 der Baugrube gegebenenfalls anfallendes Schichtwasser ist zusammen mit zufließendem Niederschlagswasser mittels offener Wasserhaltung (Pumpensümpfe) ordnungsgemäß zu fassen und dauerhaft abzuleiten.

Anmerkung

Die im Abschnitt 6.1 „Erdarbeiten, Baugruben- und Grabenaushub, Wasserhaltung“ verwendeten Graphiken wurden der Info-CD-ROM BG Bau 2012 der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft entnommen.

8.2 Wiederverwendung von Aushubböden

Erfahrungsgemäß können lediglich die beim Aushub anfallenden Böden mit geringerem Feinkornanteil, der Bodengruppe **GU (SG III)** prinzipiell für die lagenweise verdichtete Arbeitsraum-, Kanal- bzw. Leitungsrabenverfüllung entsprechend den Verdichtungsanforderungen der ZTV E-StB 17 verwendet werden.

Die beim Aushub anfallenden bindigen Böden der Bodengruppe **TL (SG I) bzw. GU* (SG II)** sind aufgrund ihres Feinkorngehalts als wasserempfindlich einzustufen und nur innerhalb eines eng begrenzten Wassergehaltsbereichs optimal verdichtbar.

Für einen qualifizierten Wiedereinbau im Gründungsbereich oder anderen Bereichen mit Verdichtungs- oder Tragfähigkeitsanforderungen sind diese **nur unter optimalen Bedingungen** geeignet. Bei geeignetem Wassergehalt (erdfeuchter Zustand) können diese Böden für die lagenweise verdichtete Arbeitsraumverfüllung sowie zu Geländeprofilierungszwecken verwendet werden.

Sofern eine Wiederverwertung der anfallenden bindigen Aushubböden angestrebt wird, sollte der optimale Einbauwassergehalt vorab, mittels geeigneter Verfahren (z. B. Proctorversuch nach DIN 18127), ermittelt werden.

Es wird jedoch empfohlen bindige Aushubböden lediglich zur Geländeprofilierung und nicht in Bereichen mit Tragfähigkeitsanforderungen zu verwerten.

Sollte im Zuge der erforderlichen Erdarbeiten **Fels** gelöst werden, kann dieser grundsätzlich für größere Schüttungen im Erd- und Straßenbau wiederverwendet werden, sofern im Rahmen der Verdichtungsarbeiten eine hinreichende Zerkleinerung des Festgesteins gewährleistet ist. Größere Steine o. ä. können nur nach entsprechender Aufbereitung im Brecher oder Überführung mit schwerem Gerät (Bagger, Raupe) wieder eingebaut werden.

Nach erfolgter Zerkleinerung kann das gebrochene Material prinzipiell bei geeignetem Wassergehalt auch für die lagenweise verdichtete Verfüllung von Arbeitsräumen bzw. die Kanal- und Leitungsgrabenverfüllungen entsprechen den Verdichtungsanforderungen der ZTVE-StB 17 wiederverwendet werden. Gegebenenfalls ist eine dosierte Anfeuchtung des gebrochenen Festgesteins auf einen verdichtungsfähigen Wassergehalt (erdfeuchter Zustand) vor dem Wiedereinbau erforderlich.

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

Die Schütthöhen sollten nicht größer als 0,3 m sein. In beengten Arbeitsräumen sind gegebenenfalls geringere Schütthöhen vorzusehen, da hier erfahrungsgemäß nur leichtes Verdichtungsgerät zum Einsatz kommen kann.

8.3 Grabenverfüllung

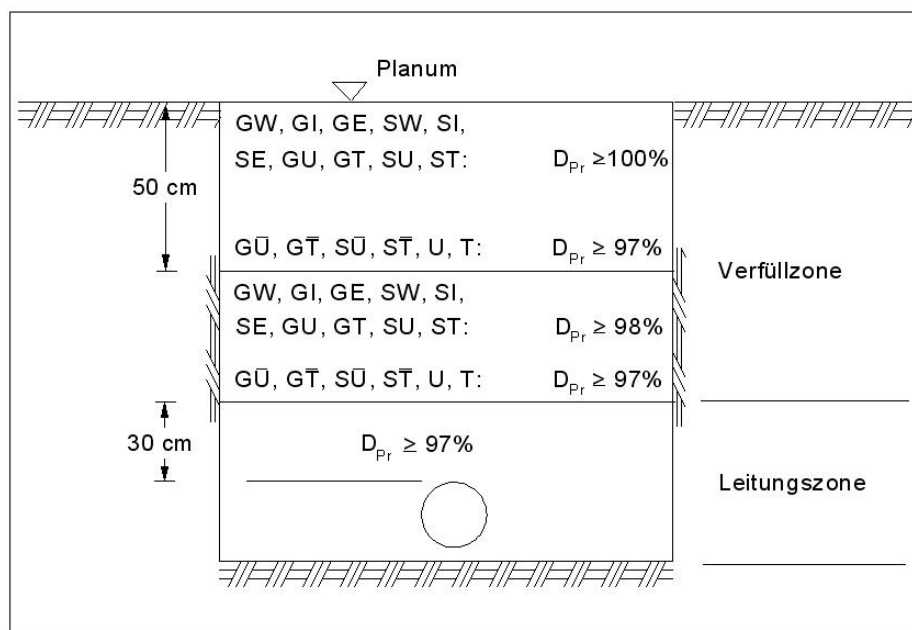
In den ZTV A-StB 12 und in den ZTV E-StB 17 wird im Graben unterschieden zwischen der „Leitungszone“ und der „Verfüllzone“. Die Leitungszone umfasst den Bereich unter und neben dem Rohr sowie bis zu 30 cm über dem Rohrscheitel. In dieser Zone sind Verfüllmaterialien nach den Vorschriften der Veranlasser,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

Gemäß ZTV E-StB 17 sollte hier grobkörniger Boden bis zu einem Größtkorn von 22 mm eingesetzt werden. Darüber hinaus sind ebenfalls die Vorgaben der DIN EN 1610 zu beachten.

Sollen in der über der Leitungszone liegenden Verfüllzone fein- und gemischtkörnige Böden verwendet werden, muss der Einbauwassergehalt nach ZTV A-StB 12 im Bereich von $0,9 \cdot w_{Pr} \leq w \leq 1,1 \cdot w_{Pr}$ liegen.²

² w_{Pr} : optimaler Wassergehalt ermittelt durch Proctorversuch gemäß DIN 18127

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



Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 17

Wird der Kanalgraben mit grobkörnigem Ersatzmaterial verfüllt, empfiehlt es sich, im Abstand von rund 30 m Querschlüge aus Beton/Lehm/Ton einzubauen. Diese verhindern eine Dränwirkung des grobkörnigen Verfüllmaterials (s. Kapitel 8.5).

Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren!

Das Zufließen von Oberflächenwasser aus Niederschlägen sollte durch die Anordnung von Sperrriegeln verhindert werden.

Allgemeiner Hinweis

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

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

8.4 Rohr- und Schachtgründung

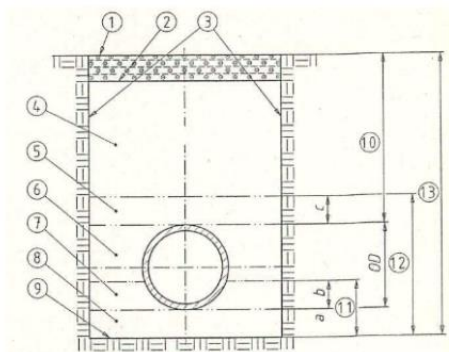
Eine Rohrbettung in den bindigen Lockergesteinsböden des Untersuchungsgebietes kann bei **mindestens steifer Konsistenz** ohne zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erfolgen. Dabei ist auf die Steinfreiheit des Bettungsmaterials zu achten. **Anhand der Aufschlussergebnisse ist jedoch, insbesondere bei den Lockgesteinsböden des SG II, mit steinigem Material zu rechnen.**

Für den Fall, dass bereichsweise weiche, nicht standfeste Partien auftreten, sind diese mit einer Mächtigkeit von mindestens 30 bis 40 cm gegen geeignetes gut verdichtbares Austauschmaterial (z. B. Sandsteinbruch oder Vorsiebmaterial, Bodengruppe GU oder GW, im Bereich der Leitungszone maximal 22 mm Größtkorn gemäß ZTV E-StB 17) auszutauschen. Das Rohraufleger ist nachzuverdichten.

Kann die Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Erdreich nicht gewährleistet werden, ist der Austauschkörper in ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) einzuschlagen oder durch Magerbeton zu ersetzen.

Die Ausbildung (Auflagerwinkel) ist entsprechend den Anforderungen des Rohrtyps zu wählen. Die Verlegehinweise und Richtlinien, insbesondere die statische Berechnung des Rohrherstellers sind zu beachten.

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



$a \geq 100 \text{ mm}$ bei normalen Bodenverhältnissen

bzw.

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

$c \geq 100 \text{ mm}$ über Verbindung

bzw.

$c \geq 150 \text{ mm}$ über Rohrschaft

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

8.5 Anordnung von Sperrriegeln

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

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

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

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

9 Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen

9.1 Erdplanum

Bei Erdarbeiten im Bereich von Verkehrswegen müssen die in der ZTV E-StB 17, Tabelle 2 genannten, bodenartspezifischen Verdichtungsanforderungen eingehalten werden. Es gelten somit folgende Verdichtungsanforderungen:

bindige Böden:**Verdichtungsgrad $D_{PR} \geq 97\%$** **Luftporengehalt $n_a \leq 12\%$**

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

nichtbindige Böden**Verdichtungsgrad $D_{PR} \geq 100\%$**

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

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

1,0 m unter Planum bis Dammsohle

Gleichermaßen muss entsprechend der ZTV E-StB 17 auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ dauerhaft erreicht werden.

Im Untersuchungsgebiet stehen flächig unterhalb der GOK Böden der Bodenklasse 4 bis 6 nach DIN 18300:2012-09 an. Basierend auf Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden muss davon ausgegangen werden, dass die in Höhe der GOK anstehenden bindigen Böden der Bodengruppe **TL bzw. GU*** die Tragfähigkeitsanforderung $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ selbst bei optimalen Wassergehalten (erdfeuchter Zustand, mindestens steife Konsistenz) und ordnungsgemäßer Verdichtung nicht gänzlich erfüllen. Vielmehr sind auch bei optimalen Witterungsbedingungen und fachgerechter Bauausführung lediglich erzielbare Tragfähigkeiten, ausgehend von einer steifen Konsistenz, in der Größenordnung $E_{v2} \approx 30 \text{ MN/m}^2$ zu erwarten.

In diesen Bereichen sollte zur Herstellung eines den Anforderungen der RStO 12 genügenden Erdplanums im Rahmen der Ausschreibung ein Bodenaustausch mit grobkörnigem Material (z. B. gebrochenes Hartgestein der Lieferkörnung 0/56) vorgesehen werden. Kann auf dem anstehenden, unverbesserten Erdplanum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \approx 30 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden, so ist basierend auf Erfahrungswerten und Literaturangaben (z. B. FLOSS-Kommentar zur ZTVE) von einer erforderlichen Austauschmächtigkeit bzw. Mächtigkeit der einzubringenden Tragschicht von ca. **15 cm**, zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auszugehen.

Ab halbfester Konsistenz bzw. dichter Lagerung der anstehenden Böden (ca. ab 1,0 m uGOK) kann jedoch eine Tragfähigkeit von bis zu 45 MN/m^2 erzielt werden.

Der Bodenaustausch ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) vom anstehenden Untergrund zu trennen. Falls keine Austauschmaßnahme notwendig sein sollte, ist dennoch die Frostschutzschicht durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 vom anstehenden Erdreich zu trennen, wenn die Filterstabilität nicht gewährleistet werden kann.

Sofern der anstehende Untergrund aus grobkörnigen Böden (z. B. GW oder GI) besteht und ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen wurde (ggf. bei Abtragung bis zu SG III), ist kein Bodenaustausch bzw. Einbringen einer Tragschicht nötig und der Oberbau kann ab der Oberkante der Frostschutzschicht angesetzt werden.

Kann auf dem anstehenden, unverbesserten Erdplanum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \approx 40 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden, so ist basierend auf Erfahrungswerten und Literaturangaben (z. B. FLOSS-Kommentar zur ZTV E, Bild 83) von einer erforderlichen Austauschmächtigkeit von **ca. 35 cm** zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ auszugehen.

Kann auf dem anstehenden unverbesserten Erdplanum jedoch nur eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \approx 30 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden, so ist die erforderliche Austauschmächtigkeit auf **ca. 45 cm** zu erhöhen.

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

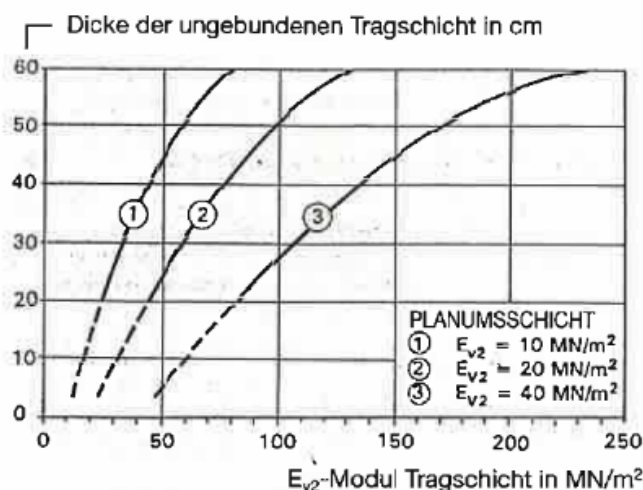


Bild 83: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum

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

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

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

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

9.2 Hinweise zum Straßenoberbau

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

Nach den Aufschlussergebnissen stehen im Bereich des Erdplanums überwiegend Böden der Frostempfindlichkeitsklasse **F3 (ggf. auch F2, je nach Planumsniveau)** an.

Ausgehend von den typischen Entwurfssituationen der RStO, Tabelle 2, lassen sich die die geplanten Wohnstraßen der Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk1,0 zuordnen.

Für die nachfolgenden Empfehlungen wird folglich einmal der „worst case“ (F3-Untergrund + Bk1,0) sowie einmal der „best-case“ (F2-Untergrund + Bk0,3) beschrieben:

Worst case

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

Bauweise mit Asphaltdecke, Tafel 1, Zeile 1 RStO 12:

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

Belastungsklasse Bk1,0:	60 cm frostsicherer Oberbau (+ 5 cm für FII)
04 cm Asphaltdecke	
14 cm Asphalttragschicht	
37 cm Frostschutzschicht	$E_{V2} \geq 120 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3 (D_{Pr} \geq 100 \%)$
Erdplanum	$E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,5 (D_{Pr} \geq 97 \%)$
(≥ 15 cm Unterbau / Bodenaustausch (bei Bedarf))	
-.-.-.- Geogitter (bei Bedarf, z.B. Tensar TriAx TX150 GD)	
Untergrund	$E_{V2} > 30 \text{ MPa}$

Best case

Nach der RStO 12, Tabelle 6 ist für die Verkehrswege der Belastungsklasse Bk0,3 auf F2-Untergrund eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von **40 cm** erforderlich.

Bauweise mit Asphaltdecke, Tafel 1, Zeile 1 RStO 12:

Gemäß den standardisierten Ausbauvarianten für Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2- und F3-Untergrund/Unterbau ergibt sich somit gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 1 in Verbindung mit RStO 12, Tabelle 7 und 8 und der Lage des Projektgebietes in der **Frosteinwirkungszone II** basierend auf den punktuellen Aufschlussergebnissen der Kleinrammbohrungen beispielsweise folgender Regelaufbau für die **Belastungsklasse Bk0,3:**

Belastungsklasse Bk0,3:	40 cm frostsicherer Oberbau (+ 5 cm für FII)
04 cm Asphaltdecke	
10 cm Asphalttragschicht	
31 cm Frostschutzschicht	$E_{V2} \geq 100 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3 \text{ (D}_{Pr} \geq 100 \text{ \%)}$
Erdplanum	$E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,5 \text{ (D}_{Pr} \geq 97 \text{ \%)}$
($\geq 15 \text{ cm}$ Unterbau / Bodenaustausch (bei Bedarf))	
-.-.-.- Geogitter (bei Bedarf, z.B. Tensar TriAx TX150 GD)	
Untergrund	$E_{V2} > 30 \text{ MPa}$

Ergänzender Hinweis für Verkehrsflächen in geschlossener Ortslage

Bei der Erschließung von Baugebieten ist in der Regel ein stufenweiser Aufbau der Befestigung vorzusehen, dessen erste Baustufe den zu erwartenden Baustellenverkehr aufnehmen muss. Dazu sind in der Regel Bauweisen zu wählen, die Tragschichten mit Bindemitteln aufweisen. Soll nach weitgehender Fertigstellung der angrenzenden Bebauung der vollständige Oberbau hergestellt werden, ist der Zustand der verbleibenden Teilbefestigung gemäß RStO Abschnitt 4 zu berücksichtigen (RStO, Anhang 2, Beispiel 8). Sowohl bei stufenweisem als auch bei nicht stufenweisem Aufbau der Befestigung ist bei der Ermittlung der Belastungsklassen der Baustellenverkehr mit zu berücksichtigen.

Allgemein:

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen!

Bei Einstufung in eine andere Belastungsklasse oder Wahl eines anderen Oberbaus wird analog auf den entsprechenden Regelaufbau nach RStO 12 verwiesen.

Wird auf F3-Böden im Bereich des Erdplanums zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeitsanforderung jedoch ein **Bodenaustausch** oder eine **qualifizierte Bodenverbesserung** nach den ZTV E-StB 17 in einer Stärke von ≥ 25 cm ausgeführt, so wird diese durch Einstufung des Erdplanums in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 berücksichtigt (Kapitel 3.2.1 der RStO 12). Demnach kann die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus der einzelnen Belastungsklassen um jeweils 10 cm reduziert werden. Die Einsparung wird durch Reduktion der Schichtdicke der Frostschuttschicht realisiert, die erforderliche Mindestdicke der Frostschuttschicht zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeit ist jedoch einzuhalten (vgl. Tabelle 8 der RStO 12).

9.3 Gehwege

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus beträgt für Gehwege innerhalb geschlossener Ortschaften 30 cm. Steht im Untergrund ein F2- oder F3-Boden an, so ist eine Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$ unterhalb der Deckschicht zu erreichen. Bei Belastung durch Fahrzeuge (z. B. Wartung und Unterhaltung), ist die Mindesttragfähigkeit $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ zu erreichen.

Um Schäden durch häufige Überfahr- oder Parkvorgänge zu vermeiden, empfehlen wir für die Gehwege den gleichen Aufbau zu wählen, wie für den Straßenbereich.

10 Qualitätssicherung

Für die durchzuführenden Erdarbeiten wird empfohlen, folgende Prüfungen vorzunehmen:

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

11 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 Fehlauslegung ist der Gutachter heranzuziehen.

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH

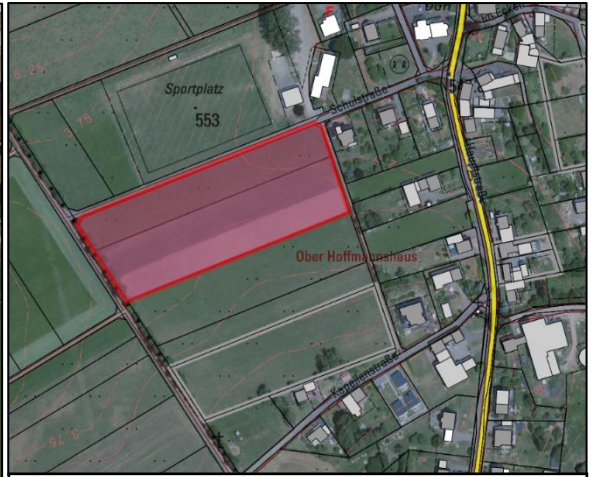


Frank Neumann
(Dipl.-Geologe/Berat. Geowissenschaftler)

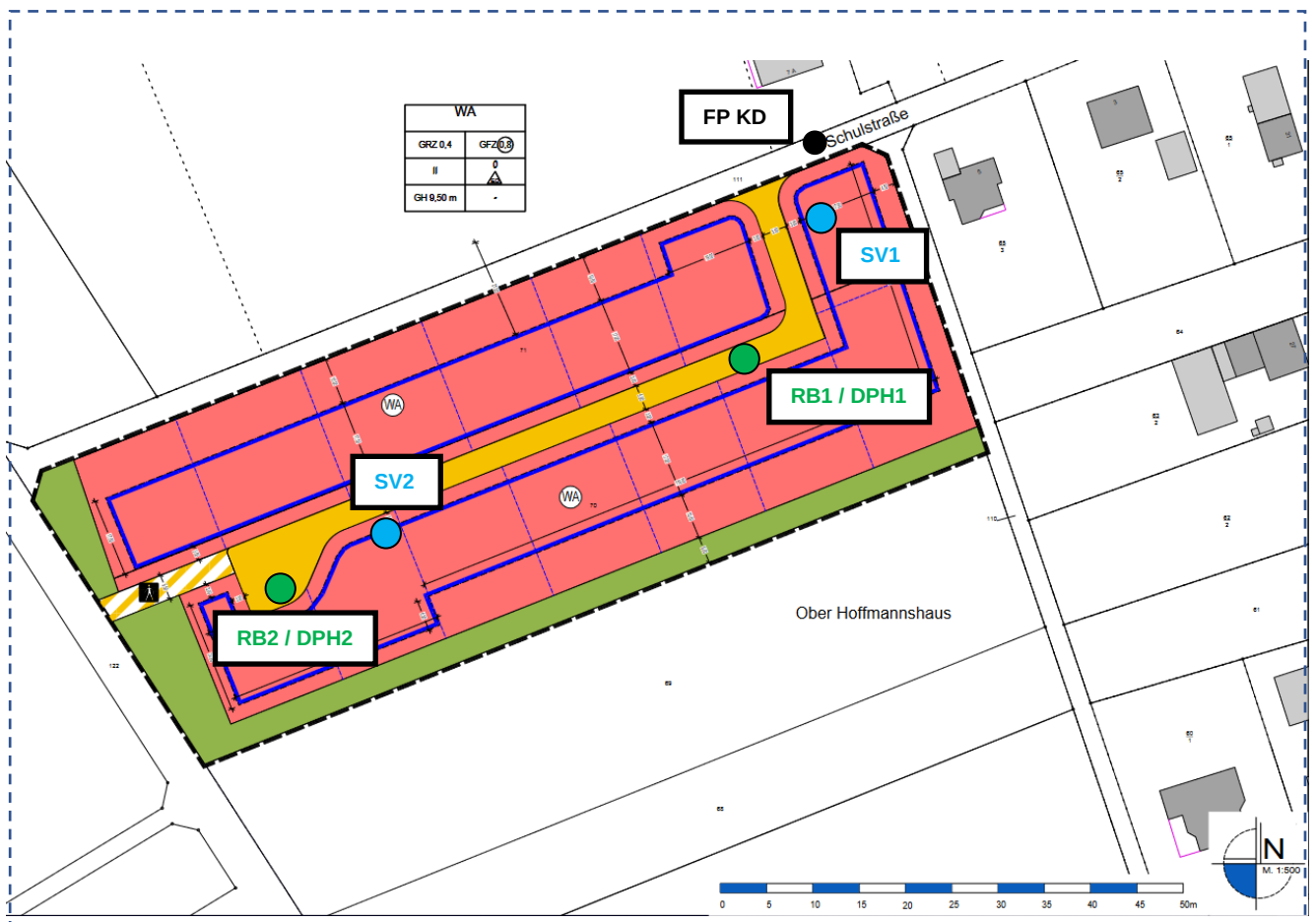


gez.
Marius Lauer
(M.Sc. Ang. Geowiss.)

Google Earth Luftbild,
Stand 2022



Auszug aus Geobasisdaten [1]
Maßstab 1:5000



Legende

- RB (Klein-)Rammbohrung
- DPH Schwere Rammsondierung
- Festpunkt / Bezugspunkt
- SV Versickerung Schluckversuch im Bohrloch

Objekt	VGV Gerolstein – Fachbereich 2 Neubaubereich « Ober Hoffmannshaus » OG 54585 Esch
Proj.-Nr.	SB23009
Aufschlussdatum	14.03.2023
Maßstab	schematisch
Anlage	1
Bearbeiter	ML

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB23009 Anlage: 2 1
--	---	---

Vorhaben: VGV Gerolstein - Fachbereich 2: NBG "Ober Hoffsmannshaus", OG 54585 Esch

Bohrung RB 1 / Blatt: 1							Höhe: 553,36 m üNN			Datum: 14.03.2023		
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							
0.20	a) Schluff, humos, tonig, feinsandig					DN 80, Wurzeln, Gras		kP	0.20			
	b)											
	c) weich		d) leicht zu bohren		e) dunkelbraun							
	f) Oberboden		g)		h) OU i)							
0.80	a) Kies, schluffig, tonig, steinig					DN 80 schwach feucht		P1	0.80			
	b) dicht gelagert											
	c)		d) sehr schwer zu bohren		e) braun							
	f)		g)		h) GU*-GU i)							
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h) i)							
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h) i)							
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h) i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB23009 Anlage: 2 2
--	---	---

Vorhaben: VGV Gerolstein - Fachbereich 2: NBG "Ober Hoffsmannshaus", OG 54585 Esch

Bohrung RB 2 / Blatt: 1							Höhe: 553,16 m üNN			Datum: 14.03.2023		
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							
0.20	a) Schluff, humos, tonig, feinsandig						DN 80, Wurzeln, Gras		kP	0.20		
	b)											
	c) weich		d) leicht zu bohren		e) dunkelbraun							
	f) Oberboden		g)		h) OU i)							
0.50	a) Schluff, tonig, schwach kiesig, schwach feinsandig						DN 80		P1	0.50		
	b)											
	c) weich		d) leicht zu bohren mäßig schwer zu b		e) braun							
	f)		g)		h) TL i)							
1.30	a) Kies, schluffig, tonig, sandig						DN 80 sehr feucht - naß		P2	1.30		
	b) dicht gelagert											
	c)		d) sehr schwer zu bohren		e) ockerbraun							
	f)		g)		h) GU*-GU i)							
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h) i)							
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h) i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB23009 Anlage: 2 3
--	---	---

Vorhaben: VGV Gerolstein - Fachbereich 2: NBG "Ober Hoffsmannshaus", OG 54585 Esch

Bohrung SV 1 / Blatt: 1	Höhe: 552,16 m üNN	Datum: 14.03.2023
-------------------------	--------------------	----------------------

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				
0.20	a) Schluff, humos, tonig, feinsandig				DN 80, Wurzeln, Gras		kP	0.20
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)				
0.90	a) Kies, sandig, schluffig, tonig, steinig				DN 80, stark geklüftet schwach feucht		kP	0.90
	b) dicht gelagert							
	c)	d) sehr schwer zu bohren	e) braun					
	f)	g)	h) GU*-GU	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

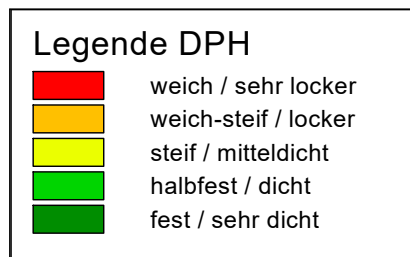
1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Bericht: SB23009 Anlage: 2 4
--	---	---

Vorhaben: VGV Gerolstein - Fachbereich 2: NBG "Ober Hoffsmannshaus", OG 54585 Esch

Bohrung SV 2 / Blatt: 1							Höhe: 553,49 m üNN			Datum: 14.03.2023		
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						
0.20	a) Schluff, humos, tonig, feinsandig						DN 80, Wurzeln, Gras		kP	0.20		
	b)											
	c) weich		d) leicht zu bohren		e) dunkelbraun							
	f) Oberboden		g)		h) OU	i)						
0.30	a) Schluff, tonig, feinsandig						DN 80		P1	0.30		
	b)											
	c) steif		d) mäßig schwer zu bohren		e) braun							
	f)		g)		h) TL	i)						
0.90	a) Kies, schluffig, tonig, sandig, steinig						DN 80 sehr feucht - naß		P2	0.90		
	b) dicht gelagert											
	c)		d) sehr schwer zu bohren		e) ockerbraun							
	f)		g)		h) GU*-GU	i)						
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h)	i)						
	a)											
	b)											
	c)		d)		e)							
	f)		g)		h)	i)						

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor



 Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH ICP Geologen und Ingenieure für Wasser und Boden Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel. (06561) 18824 Fax 942558	Objekt: VGW Gerolstein - Fachbereich 2 NBG "Ober Hoffmannshaus" OG 54585 Esch	Anlage 3
	Baugrunderkundung	zu Bericht Nr.: SB23009
	Bohrprofil / Rammdiagramme Höhenmaßstab: 1: 30	Dat.: 14.03.2023 Bearb.: ML

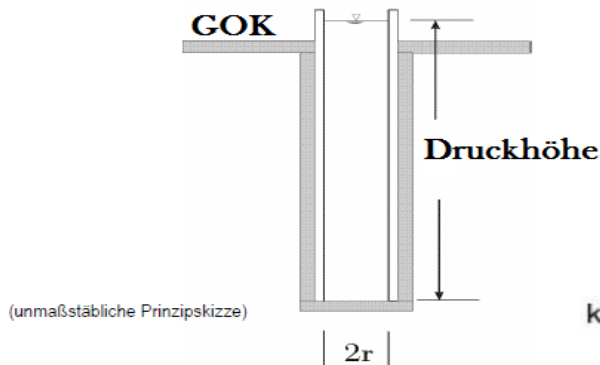
Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch

Open-End-Test

(nach USBR Earth-Manual 1974)

Anlage 4.1

Projekt:	VGV Gerolstein - Neubaugebiet "Ober Hoffmannshaus", OG 54585 Esch		
Projektnummer:	SB23009		
Ausgeführt am, durch:	14.03.2023	Kn / MS	
Messstelle:	SV1		
Versickerungstiefe u GOK [m]	0,9		
Druckhöhe H [m]	1,8	Innenradius Prüfrohr r [m]	0,035
Versickerungszeit [s]	1800		
Versickerungsmenge	5000 [ml]	<=>	0,005 [m³]
	0,28		
Wasserzugabe Q [m³/s]	2,778 [ml/s]	<=>	2,77778E-06 [m³/s]



$$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H}$$

mit k = Infiltrationsrate [m/s]

Q = Wasserzugabe [m³/s]

r = Radius [m]

H = konstante Druckhöhe [m]

k_f [m/s]	8,02E-06
Bemessungswert k_f [m/s] (Faktor 2)	1,60E-05

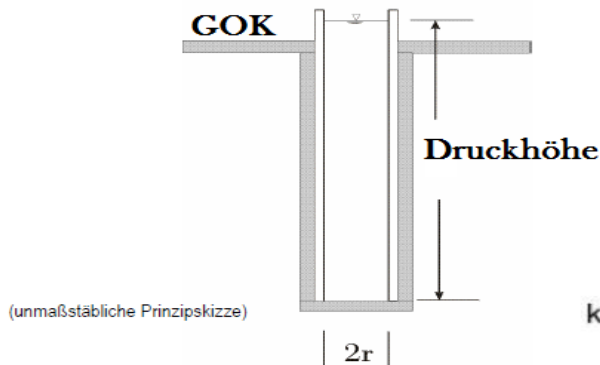
Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch

Open-End-Test

(nach USBR Earth-Manual 1974)

Anlage 4.2

Projekt:	VGV Gerolstein - Neubaugebiet "Ober Hoffmannshaus", OG 54585 Esch		
Projektnummer:	SB23009		
Ausgeführt am, durch:	14.03.2023	Kn / MS	
Messstelle:	SV2		
Versickerungstiefe u GOK [m]	0,9		
Druckhöhe H [m]	1,8	Innenradius Prüfrohr r [m]	0,035
Versickerungszeit [s]	1800		
Versickerungsmenge	4310 [ml]	<=>	0,00431 [m³]
	0,28		
Wasserzugabe Q [m³/s]	2,394 [ml/s]	<=>	2,39444E-06 [m³/s]



$$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H}$$

mit k = Infiltrationsrate [m/s]

Q = Wasserzugabe [m³/s]

r = Radius [m]

H = konstante Druckhöhe [m]

k_f [m/s]	6,91E-06
Bemessungswert k_f [m/s] (Faktor 2)	1,38E-05

ICP - Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Johannes-Kepler-Straße 7
54634 Bitburg

Bearbeiter: Unterberg

Datum: 21.04.2023

Körnungslinie

VGW Gerolstein -

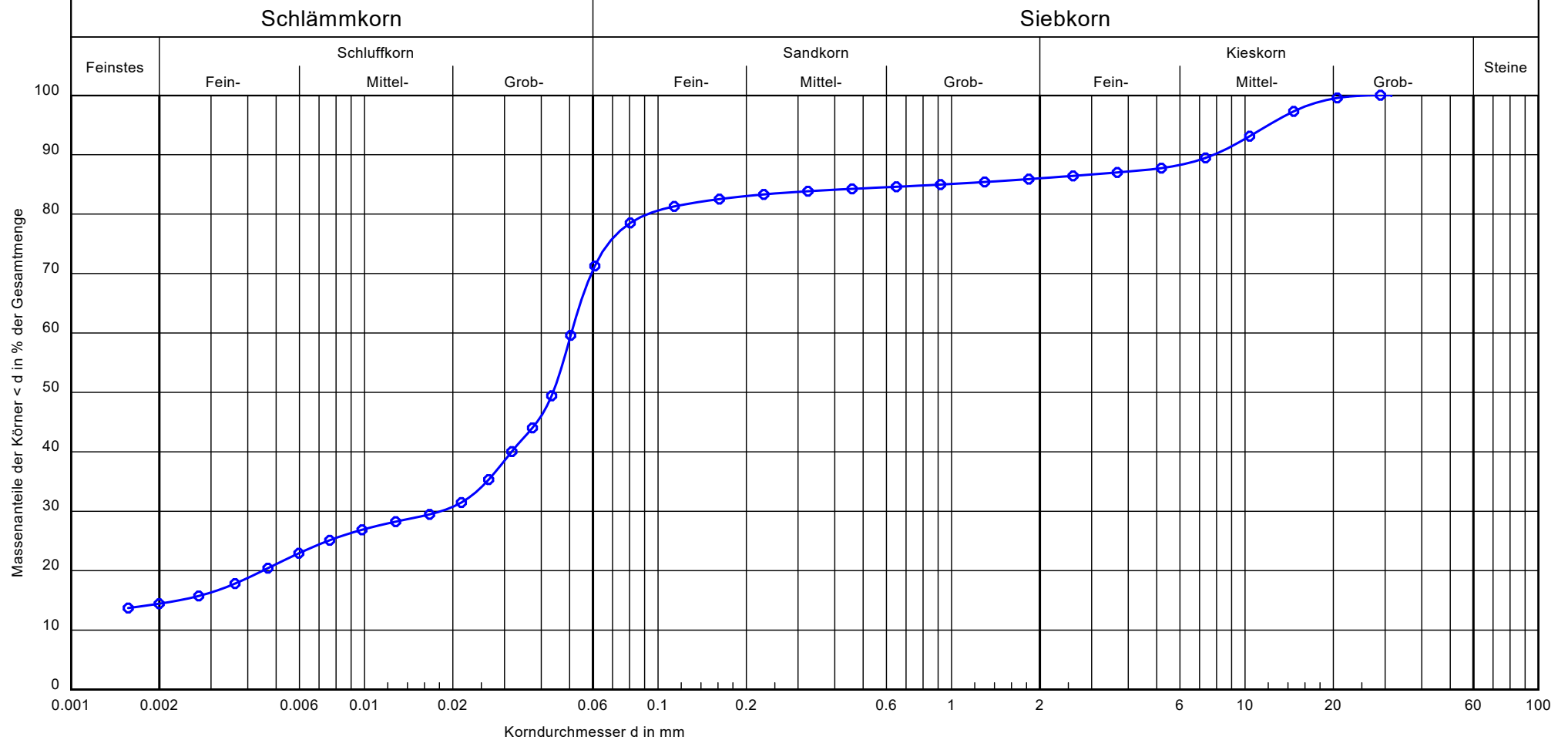
NBG in Esch

Prüfungsnummer: SB23009 RB2 / P1

Probe entnommen am: 14.03.2023

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb- Schlämmanalyse



Bezeichnung:	RB2 / P1
Tiefe:	0,2 - 0,5 m
Bodenart:	U, t', fs', mg'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	1,4 * 10 ⁻⁸
U/Cc:	-/-
Bodengruppe:	TL
T/U/S/G [%]:	14.4/56.1/15.5/14.0
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:

Wassergehalt: 12,6 M.-%

Feinkornanteil: 70,5 M.-%

Bericht:
SB23009
Anlage:
5.1

ICP - Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Johannes-Kepler-Straße 7
54634 Bitburg

Bearbeiter: Unterberg

Datum: 21.04.2023

Körnungslinie

VGW Gerolstein -

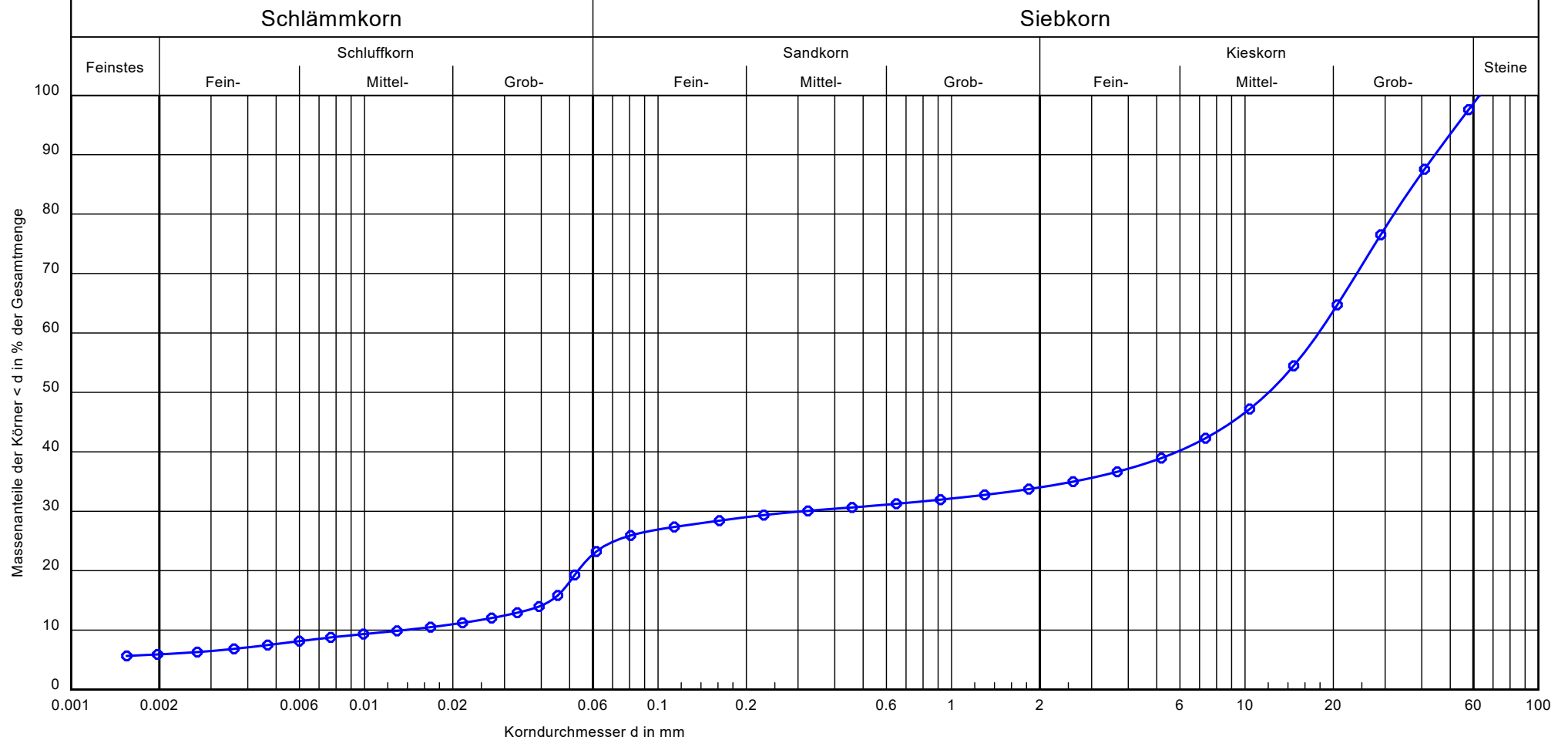
NBG in Esch

Prüfungsnummer: SB23009 RB2 / P2

Probe entnommen am: 14.03.2023

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb- Schlämmanalyse



Bezeichnung:	RB2 / P2
Tiefe:	0,5 - 1,3 m
Bodenart:	G, u, t', fs'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$4.3 \cdot 10^{-6}$
U/Cc:	1306.1/0.4
Bodengruppe:	GU*
T/U/S/G [%]:	5.9/16.8/11.3/64.6
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:

Wassergehalt: 12,5 M.-%

Feinkornanteil: 22,7 M.-%

Bericht:
SB23009
Anlage:
5.2

Bestimmung des Glühverlustes DIN 18128 - GL

Bauvorhaben:	VGW Gerolstein - NBG in Esch	Projekt: SB23009 Anlage 6
Messung am:	21.04.2023	
Prüfer:	Unterberg	
Bemerkungen:		

Prüfungsnummer		GL-1			
Entnahmestelle:		SV2			
Probenbezeichnung:		P1			
Entnahmetiefe:		0,1 - 0,3			
Bodenart:		T, u*, fg', s'			
nat. Wassergehalt		24,8%			
Glühzeit 550°C		4 h			
		Bestimmung des Glühverlustes			
Teilprobe 1					
Tara T	[g]	26,63			
Einwaage m(d)+T	[g]	46,14			
Auswaage m(gl)+T	[g]	45,00			
m(d)	[g]	19,51			
m(gl)	[g]	18,37			
V(gl)	[%]	5,84%			
		Bestimmung des Glühverlustes			
Teilprobe 2					
Tara T	[g]	23,50			
Einwaage m(d)+T	[g]	44,19			
Auswaage m(gl)+T	[g]	43,01			
m(d)	[g]	20,69			
m(gl)	[g]	19,51			
V(gl)	[%]	5,70%			
		Bestimmung des Glühverlustes			
Teilprobe 3					
Tara T	[g]	26,06			
Einwaage m(d)+T	[g]	45,51			
Auswaage m(gl)+T	[g]	44,39			
m(d)	[g]	19,45			
m(gl)	[g]	18,33			
V(gl)	[%]	5,76%			
Mittelwert V(gl)	[%]	5,77%			

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

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

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

Datum 13.04.2023
Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag
Analysennr.
Probeneingang
Probenahme
Probenehmer
Kunden-Probenbezeichnung

3399537 SB23009 - NBG in Esch
770777
06.04.2023
14.03.2023
Auftraggeber (Kn / MS)
MP1_TL

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraktion					DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	%	79,7	0,1		DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%	1,54	0,1		DIN EN 15936 : 2012-11
Cyanide ges.	mg/kg	0,8	0,3		DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg	<1,0	1		DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg	35,1	0,8		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/kg	50	2		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,5	0,2		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/kg	39	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/kg	20	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/kg	45	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,05	0,05		DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg	0,4	0,1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Zink (Zn)	mg/kg	146	6		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Phenanthren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoranthren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Pyren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Chrysen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN ISO 18287 : 2006-05

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dr. Carlo C. Peich
Dr. Paul Wimmer
Dr. Torsten Zurmühl



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14289-01-00

Datum 13.04.2023

Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag 3399537 SB23009 - NBG in Esch

Analysennr. 770777

Kunden-Probenbezeichnung MP1_TL

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Dichlormethan	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlormethan	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,02	0,02	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Trichlorethen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Benzol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Toluol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Ethylbenzol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
m,p-Xylol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
o-Xylol	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Cumol	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Styrol	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Summe BTX	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB (28)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB (52)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB (101)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB (118)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB (138)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB (153)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB (180)	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Temperatur Eluat	°C	20,7	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		7,9	0	DIN 38404-5 : 2009-07
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	74	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid (Cl)	mg/l	<2,0	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	3,0	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Datum 13.04.2023
Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag **3399537** SB23009 - NBG in Esch
Analysennr. **770777**
Kunden-Probenbezeichnung **MP1_TL**

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 06.04.2023
Ende der Prüfungen: 13.04.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Christian Reutemann, Tel. 08765/93996-500
serviceteam2.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "°" gekennzeichnet.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

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

Datum 13.04.2023
Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag 3399537 SB23009 - NBG in Esch
Analysennr. 770778
Probeneingang 06.04.2023
Probenahme 14.03.2023
Probenehmer Auftraggeber (Kn / MS)
Kunden-Probenbezeichnung MP2_GU

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraction					DIN 19747 : 2009-07
Trockensubstanz	%	°	88,2	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Kohlenstoff(C) organisch (TOC)	%		0,75	0,1	DIN EN 15936 : 2012-11
Cyanide ges.	mg/kg		0,5	0,3	DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg		<1,0	1	DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg		27,4	0,8	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/kg		29	2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,4	0,2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/kg		19	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/kg		14	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/kg		25	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/kg		<0,05	0,05	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg		0,2	0,1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Zink (Zn)	mg/kg		106	6	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthylen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Phenanthren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Anthracen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoranthren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Pyren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)anthracen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Chrysen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)pyren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(ghi)perylene	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "n.a." gekennzeichnet.

Datum 13.04.2023

Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag

3399537 SB23009 - NBG in Esch

Analysennr.

770778

Kunden-Probenbezeichnung

MP2_GU

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>Dichlormethan</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>cis-1,2-Dichlorethen</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>trans-1,2-Dichlorethen</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Trichlormethan</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>1,1,1-Trichlorethan</i>	mg/kg	<0,02	0,02	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Trichlorethen</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Tetrachlormethan</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Tetrachlorethen</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>Benzol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Toluol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Ethylbenzol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>m,p-Xylol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>o-Xylol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Cumol</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Styrol</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Summe BTX	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>PCB (28)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (52)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (101)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (118)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (138)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (153)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (180)</i>	mg/kg	<0,005	0,005	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Temperatur Eluat	°C	20,1	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		8,6	0	DIN 38404-5 : 2009-07
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	64	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid (Cl)	mg/l	<2,0	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	<2,0	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Seite 2 von 3

Datum 13.04.2023
Kundennr. 27068630

PRÜFBERICHT

Auftrag **3399537** SB23009 - NBG in Esch
Analysennr. **770778**
Kunden-Probenbezeichnung **MP2_GU**

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 06.04.2023
Ende der Prüfungen: 12.04.2023

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Christian Reutemann, Tel. 08765/93996-500
serviceteam2.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2017 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich mit dem Symbol "®" gekennzeichnet.