

ICP – Johannes-Kepler-Str. 7 – 54634 Bitburg
Verbandsgemeindeverwaltung Prüm
Tiergartenstraße 54

54595 Prüm



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.: SB20147
Projekt: OG Sellerich – Neubaugebiet „In den Peschen“
Betreff: Baugrunderkundung mit geotechnischem Bericht
Bearbeiter: Aaron Schardong (M.Sc. Geowissenschaften) / mm
Datum: 13.01.2021
Verteiler: vorab per e-mail an herbert.meyer2@t-online.de
Kopie per e-mail an stefan.jovy@scheuch-ingenieure.de

ICP, Zentrale

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

www.icp-geologen.de

ICP, Büro Eifel

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

Kreissparkasse Kaiserslautern
Volksbank Kaiserslautern-Nordwestpfalz eG

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

BIC MALA DE 51 KLK
BIC GENO DE 61 KL1

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Leistungsumfang	3
2	Aufschlussresultate und Kenngrößen	5
3	Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung	8
3.1	Leitungsgräben	9
3.2	Gründung von Gebäuden	9
4	Erdbautechnische Hinweise	11
4.1	Baugruben und Gräben, Wasserhaltung	11
4.2	Grabenverfüllung	14
4.3	Rohr- und Schachtgründung	16
4.4	Anordnung von Sperrriegeln	17
4.5	Wiedereinbaubarkeit von Aushubböden	17
5	Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung	19
6	Versickerungseignung der anstehenden Böden	21
6.1	Allgemeines	21
6.2	Ermittlung des k_r -Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 18123	22
6.3	Ermittlung des k_f -Wertes im Feld	23
6.4	Interpretation der Ergebnisse	23
7	Empfehlungen zum Straßenbau	24
7.1	Erdplanum	24
7.2	Straßenoberbau	27
7.2.1	Oberbau in Verbindung mit Bodenaustausch und Geogitter	27
7.2.2	Oberbau in Verbindung mit Unterbau durch Bodenaustausch	28
7.3	Gehwege	28
8	Schlussbemerkung	29

Anlagen:

- Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
- Bohrprofile nach DIN 4023
- Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- Versickerungsversuch / Auffüllversuch im verrohrten Bohrloch nach USBR Earth Manual (Open-End-Test)
- Prüfbericht der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein, Nr. 5083699 vom 11.12.2020
- Lageplan

1 Vorgang und Leistungsumfang

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP), Johannes-Kepler-Straße 7, 54634 Bitburg wurde von Herrn Jovy, Ingenieurbüro Scheuch, 54595 Prüm im Namen und auf Rechnung Verbandsgemeindeverwaltung Prüm mit der Erkundung des Baugrundes sowie der Erstellung eines geotechnischen Berichts für das oben genannte Bauvorhaben beauftragt.

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

- [1] Übersichtslageplan, M. 1 : 10 000, Ingenieurbüro Scheuch (Stand: 25.03.2020)
- [2] Lageplan mit Eintragung der Untersuchungsstellen, M. 1 : 250, Ingenieurbüro Scheuch (Stand: 05.10.2020)

Geplant ist die Erschließung des Neubaugebiets „In den Peschen“ in der Ortsgemeinde Sellerich.

Es wird darauf hingewiesen, dass sich der Umfang der durchgeführten Untersuchungen auftragsgemäß im Wesentlichen auf die Erschließung des Baugebietes (Straßenbau und Kanalbau) sowie die Versickerungseignung beschränkte und nicht auf die Bebaubarkeit der einzelnen Grundstücke. Die Angaben zur Gebäudegründung haben nur orientierenden Charakter und sollen zu einer Ersteinschätzung der Baugrundsituation dienen. Detailangaben bezüglich der Wohnbebauung (Grundstücksgößen, Gebäudeabmessungen, Gründungstiefen, Bauwerkslasten, etc.) liegen im derzeitigen Projektstadium nicht vor, so dass zu Gründungsfragen bzw. zur baugeologischen und hydrogeologischen Beurteilung nachfolgend nur in allgemeiner Form Stellung genommen werden kann.

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

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

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am 30.11.2020 insgesamt **-3-** Kleinrammbohrungen RB 1 – RB 3 (DN 80, 60) ohne durchgehenden Gewinn gekernter Bodenproben nach DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft. Die Bohrungen RB 1 und RB 3 wurden im Bereich der geplanten Straße, die Bohrung RB 2 im Bereich der geplanten Versickerungsfläche abgeteuft. Die Zieltiefe der Bohrungen von 2,50 m wurde vom Ingenieurbüro Scheuch vorgegeben. Die geforderte Zieltiefe konnte lediglich beim Punkt RB 3 nicht erreicht werden, wo ab einer Tiefe von 2,10 m u AP kein Bohrfortschritt mehr zu erzielen war.

Die Aufschlussergebnisse wurden in Schichtenverzeichnissen und Bohrprofilen nach DIN 4022 und DIN 4023 dargestellt (Anlagen 1 und 2).

An **-1-** charakteristischen Bodenprobe des natürlich anstehenden Untergrundes im Bereich der geplanten Versickerungsfläche wurde im bodenmechanischen Labor die Korngrößenverteilung mittels kombinierter Sieb-/ Schlämmanalyse nach DIN 18123 bestimmt (Anlage 3).

An **-1-** weiteren charakteristischen Bodenprobe wurden zudem die Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen nach Atterberg) nach DIN 18122 bestimmt (Anlage 4).

Im Feld wurde **-1-** Versickerungsversuch / Auffüllversuch SV 1 im verrohrten Bohrloch nach USBR Earth Manual (Open-End-Test) durchgeführt. Das Versuchsprotokoll ist als Anlage 5 beigefügt.

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurde **-1-** Mischprobe zur orientierenden abfallrechtlichen Voruntersuchung nach LAGA Mitteilung 20¹ (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein übergeben. Der Prüfbericht Nr. 5083699 vom 11.12.2020 zur o.g. Untersuchung ist als Anlage 6 beigefügt.

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

Die Aufschlusspunkte wurden mittels GNSS Vermessung nach Lage (Koordinaten WGS 84) und (Höhe m ü NN) durch Herrn Knauf eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist im Lageplan (Anlage 7) dargestellt.

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

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

2 Aufschlussergebnisse und Kenngrößen

Die Ansatzhöhen und Endteufen sowie die Lage nach WGS 84 Koordinaten der Aufschlüsse gehen aus nachfolgender Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1: Ansatzhöhen und Endteufen

Kleinrammbohrung (RB) / „Schluckversuch“ (SV)	Ansatzpunkt (AP) [m ü NN]	Endteufe [m u AP]	Rechtswert (32U) (Meter)	Hochwert (Meter)
RB 1	465,49	2,50	301510,942	5565924,078
RB 2	464,52	2,50	301551,698	5565962,000
SV 1	464,48	1,00	301651,753	5566059,080
RB 3	467,59	2,10	301627,042	5566103,356

Basierend auf den Ergebnissen der Kleinrammbohrungen lässt sich hinsichtlich der Baugrundsichtung im Untersuchungsgebiet das nachfolgende Grundsatzprofil unterhalb der ca. 10 cm mächtigen Oberbodendecke (SG 0, Homogenbereich 1) ableiten:

SG I: Verwitterungslehme

Schluffe, tonig, feinkiesig, mittelkiesig, grobkiesig, feinsandig, teils schwach sandig
 Kiese, tonig, schluffig, schwach feinsandig, schwach mittelsandig,
 schwach grobsandig
 Farbe: graubraun, grau, braun, braunschwarz
 Konsistenz: breiig-weich bis halbfest fest
 Bodengruppe: TL, UM nach DIN 18196

SG II: Übergangszone (Festgestein)

Dunkle, sandige Tonschiefer und Sandsteine
 Bodenklasse 6, 7 nach DIN 18300:2012-09

Das im tieferen Untergrund anstehende Festgestein wurde mit den durchgeführten Kleinrammbohrungen verfahrensbedingt nicht direkt aufgeschlossen. Der Übergang der Lockergesteinsböden in das Festgestein vollzieht sich i.d.R. in Abhängigkeit von Verwitterungsgrad und Gesteinsbeschaffenheit sowie Anteilen an Gesteinsschutt allmählich über die Übergangszone.

Bei der Bohrung RB 3 war ab einer Tiefe von 2,10 m kein weiterer Bohrfortschritt mehr zu erzielen, die erbohrten, braunschwarzen, tonigen Schluffe wurden in einer bereits halbfesten (bis festen) Konsistenz aufgeschlossen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass ab dieser Tiefe die Lockergesteinszone in die Übergangszone zum Festgestein übergeht. Aus gutachterlicher Sicht wird daher empfohlen, für die tief einbindenden Kanalgräben zumindest in Teilbereichen im Rahmen der Ausschreibung auch Böden der Bodenklasse 6 (Homogenbereich 3a) zu berücksichtigen.

Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten sowie den ggfs. erforderlichen erdstatischen Berechnungen kann von den in nachfolgender Tabelle 3 angegebenen Bodenkennwerten und den dort tabellarisch nach DIN 18196, DIN 18300:2012-09 dokumentierten Bodengruppen/-klassen ausgegangen werden. Die Festlegung der Frostschutzklassen erfolgte auf der Grundlage der ZTV E-StB 17-Klassifizierung. In Bezug auf die Rohrstatik bzw. die Eignung als Verfüllmaterial wurden die Bodenarten nach DIN 18196 den Bodengruppen G1 bis G4 gemäß ATV – A127 zugeordnet.

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

Tabelle 2: Charakteristische Kenngrößen und Parameter

	SG I Verwitterungslehme	SG II Übergangszone / (Festgestein) *)
Bodengruppe (DIN 18196)	TL, UM	--
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)	4, (2) ⁺	6, 7
Homogenbereich ¹⁾ (DIN 18300:2019-09)	2a, 2b	3a
Bodengruppe (ATV DVWK-A 127)	G3: UM G4: TL	--
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 09)	F3	--
Konsistenz	breiig-weich bis halbfest-fest	--
Konsistenzzahl I _c	0,5 – 1,7	--
Plastizität	leichte bis mittlere	--
Plastizitätszahl I _p [%]	10 – 16,5	--
Wichte (DIN 1055) erdfeucht γ_k [kN/m ³] unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	19,5 - 21,0 9,5 - 11,0	22,0 – 24,0 12,0 – 14,0
Reibungswinkel ϕ'_k [Grad] (DIN 1055)	22,5 - 27,5	27,5 – 37,5 <i>Kluftreibungswinkel</i>
undrainede Scherfestigkeit c_u [kN/m ²] (DIN 1055)	0 – 40	--
Kohäsion c' [kN/m ²] (DIN 1055)	0 – 5	--
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	1 – 30	>80
Massenanteil (M.-%) Steine Blöcke große Blöcke	0 – 30 --- ---	nicht abschätzbar, da verfahrens- bedingt nicht aufgeschlossen
Organischer Masseanteil (M.-%)	< 5,0	--
Dichte feucht (kg/m ³)	1600 bis 2100	2300 bis 2670
Kornkennzahl (T/U/S/G) obere untere	Angabe aufgrund zu geringer Analysenanzahl nicht möglich	--
LAGA -Analytik (siehe Kapitel 5)	Z1.1	--

- *) Auf Grundlage der regionalgeologischen Situation angenommene Werte
- +*) Fein- und gemischtkörnige Böden verändern ihre Konsistenz bereits bei geringer Veränderung des Wassergehaltes. Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr und dynamische Belastung lässt sie in die Bodenklasse 2 nach DIN 18300:2012-09 übergehen.
- 1) Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgte nicht nur entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen, sondern aufgrund der ausgeführten LAGA-Analytik auch in Bezug auf die umweltrelevanten Inhaltsstoffe, siehe Kapitel 5. Die nach DIN 4020 anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite (sofern eine Ermittlung der Bandbreite möglich war) sind in obiger Tabelle enthalten.

Tabelle 3: Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche

Homogenbereich	Kennwerte
1	Oberboden Organischer Anteil > 5 M.%
2	Lockergesteinsböden Böden der Bodengruppen TL und UM
2a	in breiiger bis breiig-weicher Konsistenz
2b	in weicher bis halbfester Konsistenz leicht bis mittel plastisch Steinanteil 0-30% LAGA-Zuordnungsklasse Z1.1
3	Übergangszone / Festgestein
3a	Übergangszone zum Festgestein vollständig bis mäßig verwittert Steinanteil >30 % Fels mit Abmessungen der Gesteinskörper: sehr klein bis mittel (≙Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm)
3b	Festgestein schwach verwittert bis frisch Fels mit Abmessungen der Gesteinskörper: mittel bis sehr groß

Hydrogeologische Verhältnisse

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bis zur Endteufe der durchgeführten Aufschlüsse RB 2 und RB 3 (sowie SV 1) nicht angetroffen, aufgrund der lediglich breiig-weichen Konsistenz im Bereich der Bohrung RB 1 war keine Messung bis zur Endteufe möglich, das Bohrloch war in einer Tiefe von 1,10 m kollabiert. Eine zeitweilige, jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Schichtwasserführung bzw. die Ausbildung staunasser Horizonte ist generell nicht auszuschließen.

3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

Bezüglich der Erdbebeneinwirkung gehört das Untersuchungsgebiet gemäß DIN EN 1998-1/NA:2011-01 zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse R.

Im Zuge der Erdarbeiten werden hauptsächlich Böden der Bodenklasse 4, bereichsweise Bodenklasse 2 sowie gegebenenfalls bereichsweise Fels der Bodenklasse 6 nach DIN 18300:2012-09 zu bearbeiten sein.

Die unterhalb des Oberbodens aufgeschlossenen, natürlich anstehenden Lockergesteinsböden (Verwitterungslehme) wurden zum Zeitpunkt der Feldarbeiten teilweise in breiig-weicher bis weichsteifer Konsistenz (Bereich RB 1), teilweise in bereits halbfester bis fester Konsistenz (Bereich RB 3) aufgeschlossen.

Die Böden sind in Anhängigkeit ihres Feinkornanteils als stark wasserempfindlich einzustufen, d. h., sie weichen bei Wasserzutritten bzw. Durchfeuchtung rasch auf und verlieren so ihre in ungestörtem Zustand ab mindestens steifer Konsistenz befriedigenden bodenmechanischen Eigenschaften.

Ab mindestens steifer Konsistenz stellen bindige Böden allgemein einen mäßig tragfähigen, zu Setzungen neigenden Baugrund dar, für Straßenbaumaßnahmen hingegen stellen sie erfahrungsgemäß erst ab mindestens halbfester Konsistenz einen gut tragfähigen Untergrund/Unterbau dar.

Aufgeweichte bindige Böden sind allgemein aufgrund ihrer ausgeprägten Setzungswilligkeit kaum belastbar und als ungeeignet für bautechnische Zwecke zu beurteilen.

Die regionalgeologisch anstehenden Gesteine konnten mit den Kleinrammbohrungen verfahrensbedingt nicht direkt aufgeschlossen werden. Da die Bohrung RB 3 bereits in einer Tiefe von 2,10 m zum Stillstand kam, kann ein Übergang zum Festgestein ab diesem Tiefenbereich nicht aufgeschlossen werden.

Eine tiefenhorizontierte Zuordnung hinsichtlich der Felsklasse nach DIN 18300:2012-09 kann somit bei derzeitigem Kenntnisstand nicht erfolgen. Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass das Festgestein im Bereich der Übergangszone mehr oder weniger stark verwittert bzw. entfestigt ist und somit noch zur Felsklasse 6 gehört.

Für eine Wiederverwendung der Materialien sind auch die Angaben in Kapitel 4.5 zu beachten.

3.1 Leitungsraben

Da ein Wasserzutritt in den Kanalgraben je nach Grundwasserstand / Jahreszeit vor allem im Unterhangbereich nicht auszuschließen ist empfehlen wir, einen verformungsarmer Verbau auszuführen, welcher unter Berücksichtigung der erdstatischen Parameter der Tabelle 2 für den Erdruchdruck zu bemessen und dementsprechend konstruktiv auszubilden ist (siehe auch Abschnitt 4.1). Dies kann z. B. durch Kammerdielen oder gleitschienegeführte Verbauplatten mit ergänzenden Maßnahmen sichergestellt werden.

Auch bei geringeren Grabentiefen ohne Grund- und Schichtwassereinfluss, muss aufgrund der Aufschlussergebnisse zumindest in Teilbereichen davon ausgegangen werden, dass der Graben nicht standfest ist und ein Verbau des Leitungsrabens erforderlich wird.

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

3.2 Gründung von Gebäuden

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

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

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

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

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

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

Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse ist eine Gründung von Gebäuden mittels herkömmlicher Flach-/Flächengründungen nur teilweise möglich.

Stehen breiig-weiche bis weich-steife Böden im entsprechenden Baufeld je nach Lage im Neubaugebiet an, werden Sondermaßnahmen wie Bodenaustausch, Tieferführen der Fundamente oder ggfs. Brunnengründungen notwendig. Entscheidend ist auch, ob die Gebäude unterkellert oder nicht unterkellert ausgeführt werden.

Im Oberhangbereich ist anhand der Bohrung RB 3 von „günstigen“, im Unterhangbereich anhand der Bohrung RB 1 von „ungünstigen“ Baugrundverhältnissen auszugehen.

Eine Anwendung der Tabellenwerte der DIN 1054:2010 wird daher nicht empfohlen, eine objektspezifische Baugrunderkundung ist unerlässlich!

4 Erdbautechnische Hinweise

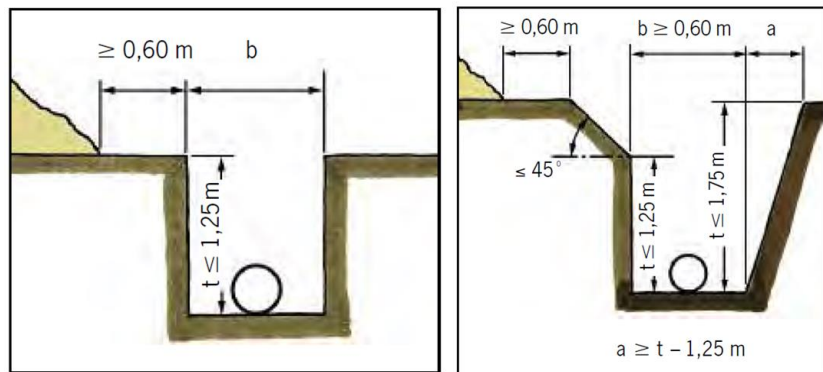
4.1 Baugruben und Gräben, Wasserhaltung

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

Nicht verbaute senkrechte Baugrubenwände

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

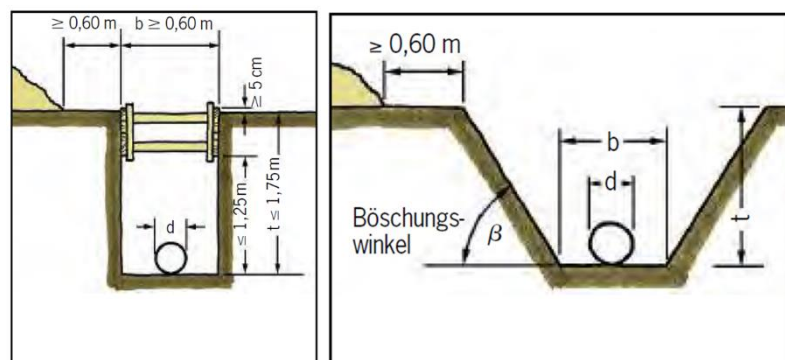
- nichtbindige und weiche bindige Böden maximal 1:10
- mindestens steife bindige Böden maximal 1:2



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

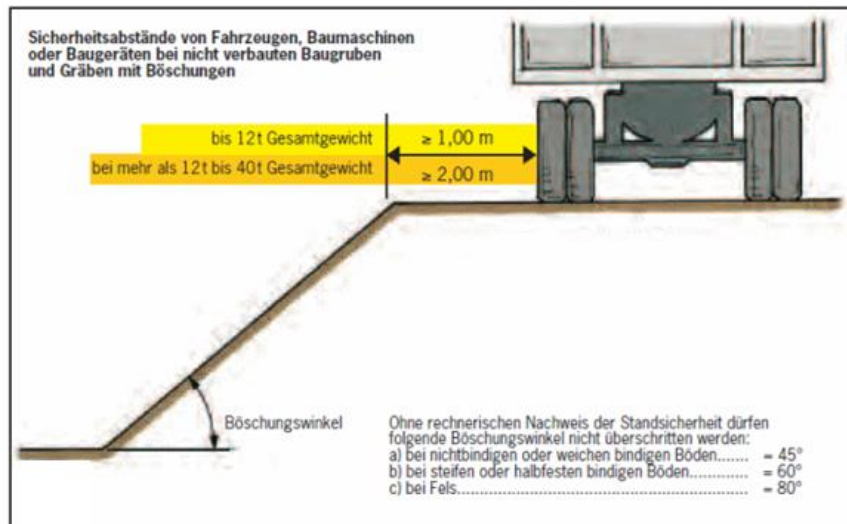
Baugruben mit einer Tiefe > 1,25 m bzw. > 1,75 m

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



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

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



Verbau

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

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

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

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

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



Gegebenenfalls anfallendes Schicht- bzw. Stauwasser ist zusammen mit Niederschlagswasser mittels **offener Wasserhaltung** ordnungsgemäß zu fassen und aus dem Baufeld abzuleiten. Liegen Baugruben länger offen, so sind die Böschungen durch sorgfältige Folienabdeckung vor Erosion durch Witterungseinflüsse zu schützen.

Hinweis

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

4.2 Grabenverfüllung

Folgende Empfehlungen gelten für die Bereiche, welche im Einflussbereich von Verkehrsflächen liegen. Außerhalb dieser Bereiche kann beliebiges Material eingebaut werden, jedoch in der Form, dass der vorherige Zustand wieder hergestellt wird.

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. Wegen der beengten Platzverhältnisse und um eine Beschädigung der Leitung zu vermeiden, sollten sowohl in der Leitungszone als auch im Bereich der Verfüllzone bis rund 1,0 m über Rohrscheitel nur leichte Verdichtungsgeräte eingesetzt werden.

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

Die aufgeschlossenen Lockergesteinsböden sind als stark wasserempfindlich einzustufen.

Die im Bereich RB 1 aufgeschlossenen bindigen, aufgeweichte Böden 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. Wir empfehlen daher, im Zuge der Ausschreibung für Teilbereiche einen Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung einzuplanen.

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.

Die Böden, die für den späteren Wiedereinbau verwendet werden sollen, sind mit Planen oder Folien gegen Durchfeuchtung oder Austrocknung zu schützen.

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 3 angegebenen Mindestanforderungen bezüglich des Verdichtungsgrades D_{Pr} in den jeweiligen Tiefenbereichen gestellt:

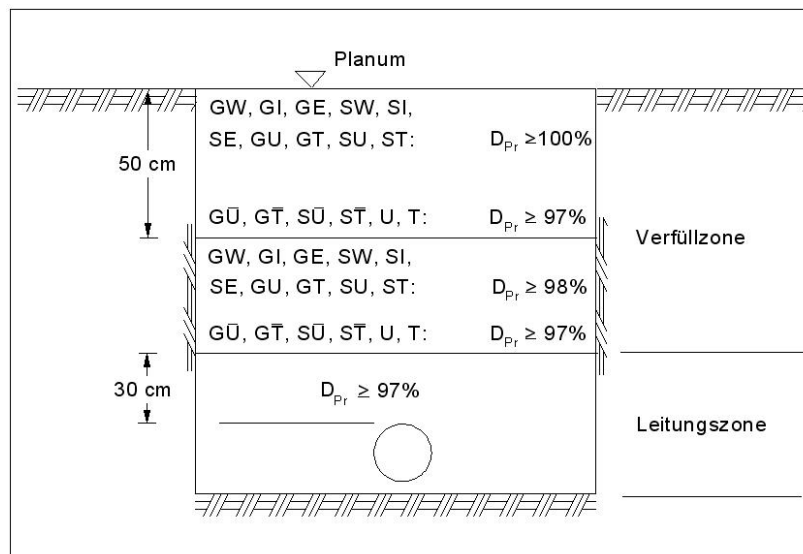


Abb. 3: Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 17

Wird der Kanalgraben mit grobkörnigem Ersatzmaterial verfüllt, empfiehlt es sich, im Abstand von rund 30 m Querschläge aus Beton/Lehm/Ton einzubauen. Diese verhindern eine Dränwirkung des grobkörnigen Verfüllmaterials. Die Vorgaben des DWA-A 139 Merkblatts bezüglich der Dichtriegel sind zu beachten (siehe auch Kapitel 4.4).

Auf dem Planum, d.h. der Verfüllzone, ist ein Verformungsmodul von mindestens 45 MN/m² nachzuweisen.

Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren!

In den Leitungsgräben ist nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen nicht mit Wasserzutritten zurechnen.

4.3 Rohr- und Schachtgründung

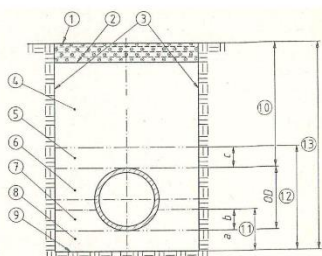
Eine **Rohrbettung in den Lockergesteinsböden** des Schichtglieder SG I kann erst bei mindestens steifer Konsistenz der Böden ohne zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erfolgen. Dabei ist auf die Steinfreiheit des Bettungsmaterials zu achten.

Weiche, nicht standfeste Partien sind 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 Rohrauflager ist nachzuverdichten.

Bei einer eventuellen Rohrgründung im Fels (ggfs. Bereich RB 3) ist darauf zu achten, dass keine Punktauflagerungen entstehen, da hieraus resultierende „Lastspitzen“ zu Schäden an den Rohren führen können. Beim Aushub der Leitungsgräben, die im Festgestein liegen, sind in beengten Leitungsgräben besondere Maßnahmen erforderlich. Üblicherweise wird hierzu ein Hydraulikmeißel eingesetzt. Weiterhin sollte beachtet werden, dass das Festgestein vorsichtig gelöst werden muss, um einen Mehraushub so gering wie möglich zu halten.

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

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



$a \geq 100$ mm bei normalen
Bodenverhältnissen

bzw.

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

$c \geq 100$ mm über Verbin-
dung

bzw.

$c \geq 150$ mm über Rohr-
schaft

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

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

4.4 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 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.

4.5 Wiedereinbaubarkeit von Aushubböden

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

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

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

Festgestein

Sollte im Zuge der Erdarbeiten Fels zu lösen sein, kann grundsätzlich für größere Schüttungen im Erd- und Straßenbau wiederverwendet werden, sofern im Rahmen der Verdichtungsarbeiten eine hinreichende Zerkleinerung des Festgesteins gewährleistet ist. Größere Steine/Findlinge/Blöcke können nur nach entsprechender Aufbereitung im Brecher oder Überfahung 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 Leitungsgrabenverfüllung entsprechend 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.

Hinweis

Die o. a. Angaben beziehen sich ausschließlich auf die bodenmechanischen Eigenschaften der Aushubböden. Einschränkungen der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurden durch eine Deklarationsanalytik bestimmt (siehe Abschnitt 5).

5 Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung

Bei Baumaßnahmen anfallendes Aushubmaterial ist bei externer Entsorgung hinsichtlich einer Verwertung in Rheinland-Pfalz nach den Kriterien der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA TR Boden 2004 zu beurteilen. Hier sind anhand von Zuordnungswerten (Z-Werten) Einbauklassen definiert, die unterschiedliche technische Anforderungen an die Verwertung stellen, wobei die Verwertung von Boden und Bauschutt unterschiedlich geregelt sind. Boden-Gemische mit über 10 Vol.-% Fremdbestandteilen sind in RLP nach LAGA 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 4: Einbauklassen nach LAGA

Einbauklasse	Entsorgung
Z0	Ohne Einschränkungen, Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen, Verfüllung von Abgrabungen.
Z0*	Zuordnungswerte für Bodenmaterial, das für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelten Bodenschicht verwertet wird.
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.

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurde **-1-** Mischprobe **MP 1** zur orientierenden abfallrechtlichen Voruntersuchung nach LAGA² (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein übergeben.

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

Tabelle 5: Untersuchungsergebnisse und orientierende Einstufung Boden, Analytik nach LAGA

Beschreibung	MP 1
Probenart	Boden, natürlich anstehend Verwitterungslehme
Analyseumfang	LAGA (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat)
Entnahme durch	Knauf (ICP)
Entnahmedatum	30.11.2020
Entnahmestelle	RB 1, P1-P3 RB 2, P1+2 RB 3, P1+2
Entnahmetiefe [m]	0,10 – 2,50
Beurteilung	
Befund	<i>Metalle im Feststoff</i> <i>Blei: 80 mg/kg TR</i> <i>Kupfer: 56 mg/kg TR</i> <i>Nickel: 53 mg/kg TR</i> <u>EOX: 2,3 mg/kg TR</u>
LAGA	Z1.1
AVV	17 05 04

Bei der untersuchten Mischprobe wurden leicht erhöhte Werte dreier Metalle (Pb, Cu und Ni) im Feststoff gemessen. Ausschlaggebend für die Einstufung in die Zuordnungsklasse Z1.1 war der Gehalt an EOX (Extrahierbare organisch gebundene Halogene) mit einem Wert von **2,3 mg/kg TR**.

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

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

6 Versickerungseignung der anstehenden Böden

6.1 Allgemeines

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

Neue Flächenbefestigungen sind ggf. wasserdurchlässig herzustellen.

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

Die prinzipiellen technischen Lösungen sind:

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

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

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

Weiterhin muss zur Reinigung der eingeleiteten Niederschlagswässer eine ausreichend mächtige, belebte Bodenzone vorhanden sein (ca. 0,3 m bis 0,5 m). Bei einer Bodenpassage in entsprechender Größenordnung wird ein Großteil der zumeist partikelgebundenen Schadstoffe zurückgehalten.

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

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

Die Bestimmung der k_f -Werte erfolgte unter anderem näherungsweise anhand der Kornverteilung über die empirischen Verfahren nach BEYER, HAZEN, SEELHEIM und MALLET/PAQUANT. Zur näherungsweisen Bestimmung der charakteristischen Durchlässigkeit der im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden wurden daher an -1- charakteristischen Bodenprobe im Bereich der Versickerungsmulden die Korngrößenverteilungen mittels kombinierter Sieb-/Schlammanalyse nach DIN 18123 bestimmt (s. Anlage 3).

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

Tabelle 6: 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 jedoch noch ein Korrekturfaktor von 0,2 zu berücksichtigen, um der Ungenauigkeit des empirischen Bestimmungsverfahrens über die Korngrößenverteilung Rechnung zu tragen.

Tabelle 7: Ergebnisse der k_f -Wert-Bestimmung anhand der Korngrößenverteilung

Proben-Nr.	Bodengruppe (DIN 18196)	Entnahmetiefe [m uGOK]	k_f – Wert im Versuch [m/s]	Korrekturfaktor nach DWA-A 138	Bemessungs- k_f [m/s]
RB 2 / P2	TL	1,00 – 2,50	$5,1 \times 10^{-9}$	0,2	$1,03 \cdot 10^{-9}$

6.3 Ermittlung des kf-Wertes im Feld

Open-End-Test

Zur Ermittlung der Infiltrationsrate wurde im Bereich der RB 5 (südwestlicher Bereich der Versickerungsfläche) insgesamt **-1-** Schluckversuch, sog. Open-End-Test, **SV 1** durchgeführt. Das Versuchsprotokoll liegt in Anlage 5 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).

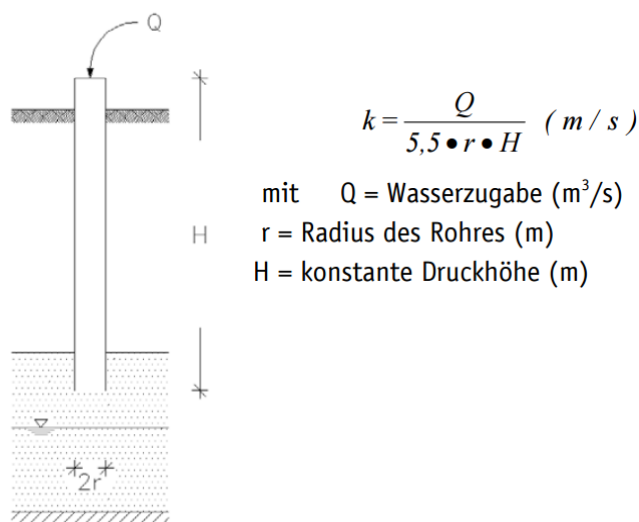


Abb. 2: Versuchsanordnung Open-End-Test und Bestimmungsgleichung

Bei dem durchgeführten Versuch lag die Rohrsohle in einer Tiefe von 1,00 m u GOK. Bei den in diesen Tiefenbereichen anstehenden Böden handelt es sich um kiesige, tonige, schwach sandige Schluffe der Bodengruppe TL nach DIN 18196 in weicher Konsistenz (vgl. Anlage 2.2).

Für diese Schicht wurde im Open-End-Test ein **Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 3,05 \times 10^{-6}$ m/s** ermittelt.

6.4 Interpretation der Ergebnisse

Das DWA-A 138 Regelwerk (Ausgabe April 2005) gibt eine Mindestdurchlässigkeit für gezielte Regenwasserversickerungen von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s an, demnach sind die anstehenden Lockergesteinsböden für eine Versickerung nach diesem Regelwerk im oberflächennahen Tiefenbereich (ca. 0,10 m bis 1,20 m) an der unteren Grenze der Mindestdurchlässigkeit und somit noch als **geeignet** zu charakterisieren. In den tieferen Bereichen (1,20 m bis 2,50 m) ist die Durchlässigkeit als sehr schwach zu klassifizieren, eine Versickerung ist ab diesem Tiefenbereich gemäß dem o.g. Regelwerk **nicht möglich**.

7 Empfehlungen zum Straßenbau

7.1 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 $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ dauerhaft erreicht werden.

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

Im Bereich der Bohrung RB 1 wurden bis in eine Tiefe von 2,50 m uGOK breiig-weiche bis weich-steife Böden der Bodengruppe TL angetroffen, die den Bodenklassen 2 und 4 nach DIN 18300:2012-09 zugeordnet werden.

Auf Grundlage der durchgeführten Aufschlussarbeiten, basierend auf Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden, muss davon ausgegangen werden, dass die in Höhe des Erdplanums überwiegend anstehenden feinkörnigen Böden die Tragfähigkeitsanforderung $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ erfahrungsgemäß **nur unter optimalen Bedingungen** (geeigneter Wassergehalt, gute Witterungsbedingungen, mindestens steif-halbfeste Konsistenz, geeignetes Verdichtungsgerät, etc.) erfüllen.

Aufgrund der lediglich in breiig-weicher bis weich-steifer Konsistenz aufgeschlossenen Böden muss davon ausgegangen werden, dass vielmehr auch bei optimalen Witterungsbedingungen und fachgerechter Bauausführung lediglich erzielbare Tragfähigkeiten in der Größenordnung von ca. $E_{v2} \approx 15 \text{ MPa}$ bis ca. $E_{v2} \approx 20 \text{ MPa}$ zu erwarten sind.

Die Einschätzung der Tragfähigkeit des Erdplanums von Verkehrsflächen im Rahmen der geotechnischen Baugrunduntersuchung ist schwierig und kann im Vorfeld nur abgeschätzt werden, gleichzeitig ist die Bestimmung der Tragfähigkeit des Erdplanums eine wichtige Aufgabenstellung im Rahmen der Straßenplanung, um gegebenenfalls erforderliche Mehrdicken zur Herstellung ausreichend tragfähiger Unterbauten benennen zu können.

Zur Herstellung eines den Anforderungen der RStO 12 / ZTV E-StB 17 genügenden Erdplanums muss aus diesem Grund im Rahmen der Ausschreibung ein Bodenaustausch mit grobkörnigem Material aufgeführt werden.

Bei Verwendung von grobkörnigem Bodenaustauschmaterial der Bodengruppen GW oder GI ist gem. ZTV E-StB 17 auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens 100 MPa erforderlich. Wir empfehlen, auf der untersten Lage ein Geogitter in Kombination mit einem Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) zur Trennung vom anstehenden Untergrund zur Gewährleistung der Filterstabilität zu verlegen (z. B. Tensar TriAx TX150-GD).

Kann auf dem anstehenden, unverbesserten Erdplanum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \approx 20 \text{ MPa}$ nachgewiesen werden, so ist basierend auf Erfahrungswerten und Literaturangaben (z. B. FLOSS-Kommentar zur ZTV E, Bild 83) von einer erforderlichen Austauschmächtigkeit von **ca. 50 cm** zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$ auszugehen (siehe Bild 83 aus ZTVE-StB).

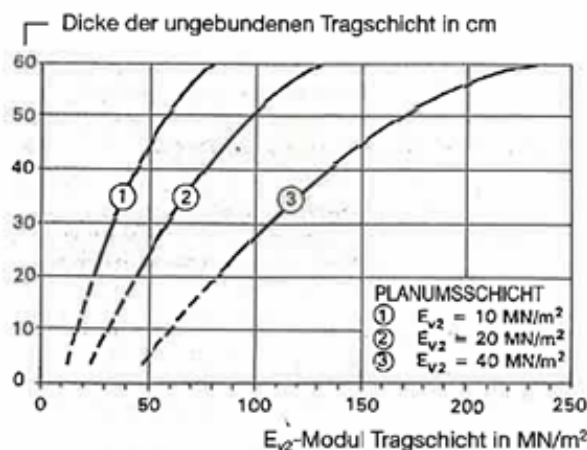


Bild 83: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum

Der Bodenaustausch ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) vom anstehenden Untergrund zu trennen, oder die Filterstabilität des Austauschmaterials gegenüber dem anstehenden Erdreich ist nachzuweisen.

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

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

Durch den erforderlichen Bodenaustausch wäre dies im vorliegenden Fall durch Verwendung von gebrochenem Hartgestein der Frostempfindlichkeitsklasse F1 der Bodengruppe GW möglich. Wir empfehlen einen zweischichtigen Aufbau, untere Lage Lieferkörnung 0/56, obere Lage Lieferkörnung 0/32.

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

Die Anwendung von Geogittern ermöglicht in vielen Fällen die Reduzierung der Tragschichtdicken bzw. der erforderlichen Bodenaustauschmächtigkeiten um ein wirtschaftliches Maß, kann somit im gesamten Bereich des Erdplanums Anwendung finden und bietet eine wirtschaftliche Alternative. Um dies optimal durchführen zu können, werden Geogitter projektspezifisch anhand mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 189134 ermittelter Tragfähigkeiten durch die Herstellerfirmen bemessen. Zur Herstellung eines den Anforderungen der RStO 12 genügenden Erdplanums kann im Rahmen der Ausschreibung die Verlegung eines **monolithischen, knotensteifen Geogitters** (z. B. Geogitter TriAx TX150 der Marke Tensar) vorgesehen werden.

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

Das Erdplanum ist generell mit ausreichendem Längs- bzw. Quergefälle entsprechend den Empfehlungen der ZTV E-StB 17 herzustellen, und es ist auf eine ausreichende Drainage- bzw. Entwässerungsmöglichkeit zu achten. Die im Bereich des Erdplanums anstehenden fein- und gemischtkörnigen Böden sind allgemein als stark wasserempfindlich einzustufen. Aus diesem Grund kann empfohlen werden, das Erdplanum dauerhaft vor Feuchteschäden durch die Verlegung einer Drainage zu schützen.

Der Verdichtungsgrad und die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen.

7.2 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 sowie den ausgeführten bodenmechanischen Laborversuchen stehen im Bereich des Erdplanums überwiegend Böden der Frostempfindlichkeitsklasse **F2** an.

7.2.1 Oberbau in Verbindung mit Bodenaustausch und Geogitter

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:

Gemäß den standardisierten Ausbauvarianten für Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F2-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 I basierend auf den punktuellen Aufschlussergebnissen der Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 3 beispielsweise folgender Regelaufbau für die **Belastungsklasse Bk0,3**:

Belastungsklasse Bk0,3: 40cm

4 cm Asphaltdecke	
10 cm Asphalttragschicht	
26 cm Frostschuttschicht	$E_{V2} \geq 100 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2 (D_{Pr} \geq 103 \%)$
Erdplanum	$E_{V2} \geq 45 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3$

≥ 25 cm Unterbau / Bodenaustausch

-.-.-.- Geogitter (z.B. Tensar TriAx TX150 GD)	
Erdplanum	$E_{V2} > 25 \text{ MPa}$

Allgemein:

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

Bei F3-Böden ist der frostsichere Oberbau um 10 cm zu erhöhen.

7.2.2 Oberbau in Verbindung mit Unterbau durch Bodenaustausch

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

Bei Einstufung in die **Belastungsklasse Bk0,3** entsprechend Tabelle 2 der RStO 12, Unterbau durch Bodenaustausch der Bodengruppe GW/GI und der Lage des Projektgebiets in der Frosteinwirkungszone I schlagen wir in Verbindung mit Tabelle 6 der RStO 12 beispielsweise folgenden Regelaufbau vor:

Bauweise mit Asphaltdecke:

Belastungsklasse Bk0,3: Gesamtaufbaustärke 64 cm

4 cm Asphaltdecke

10 cm Asphalttragschicht

50 cm Bodenaustausch Erdplanum $E_{V2} \geq 100 \text{ MPa}$, $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ ($D_{Pr} \geq 103 \%$)

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

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

Allgemein:

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

7.3 Gehwege

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für Gehwege beträgt innerhalb geschlossener Ortschaften 30 cm. Bei den im Untergrund anstehenden F2- oder F3-Boden ist eine Mindesttragfähigkeit von **80 MN/m²** unterhalb der Befestigung 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.

8 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.

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

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

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

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

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH



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

gez.
Aaron Schardong
(M.Sc. Geowissenschaften)

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: SB20147 Anlage: 1
--	---	----------------------------------

Vorhaben: OG Sellerich - NBG "In den Peschen"

Bohrung RB 1 / Blatt: 1	Höhe: 465,49 m ü NN Datum: 30.11.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.10	a) Schluff, tonig, feinsandig, humos, Gras, Wurzeln			DN 80				
1.10	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig			DN 80, 60		bp3	P1	1.10
1.80	a) Schluff, feinkiesig, mittelkiesig, grobkiesig, tonig, feinsandig			DN 60		bp3	P2	1.80
2.50	a) Schluff, feinkiesig - mittelkiesig, tonig, grobkiesig, schwach sandig			DN 60; Zieltiefe; kein Wasser messbar		bp3	P3	2.50
	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	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Bericht: SB20147 Anlage: 1
--	---	----------------------------------

Vorhaben: OG Sellerich - NBG "In den Peschen"

Bohrung RB 2 / Blatt: 1	Höhe: 464,52 m ü NN Datum: 30.11.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.10	a) Schluff, tonig, feinsandig, humos, Gras, Wurzeln				DN 80	bp3	kP	0.10
	b)							
	c) weich	d) sehr leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)				
1.20	a) Schluff, kiesig, tonig, schwach sandig				DN 80, 60	bp3	P1	1.20
	b)							
	c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) braun					
	f)	g)	h) TL	i)				
2.50	a) Kies, tonig, schluffig, schwach feinsandig, schwach mittelsandig, schwach grobsandig				DN 60; Zieltiefe; kein Wasser messbar	bp3	P2	2.50
	b)							
	c) halbfest	d) schwer zu bohren	e) braun					
	f)	g)	h) TL	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	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: SB20147 Anlage: 1
--	---	----------------------------------

Vorhaben: OG Sellerich - NBG "In den Peschen"

Bohrung SV 1 / Blatt: 1	Höhe: 464,48 m ü NN Datum: 30.11.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.10	a) Schluff, tonig, feinsandig, humos, Gras, Wurzeln			DN 80					bp3
	b)				DN 80; Zieltiefe				
	c) weich	d) sehr leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
1.00	a) Schluff, kiesig, tonig, schwach sandig								
	b)								
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) braun						
	f)	g)	h) TL						i)
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)						i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel.: 06561-18824 Fax: 06561-942558	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Bericht: SB20147 Anlage: 1
--	---	----------------------------------

Vorhaben: OG Sellerich - NBG "In den Peschen"

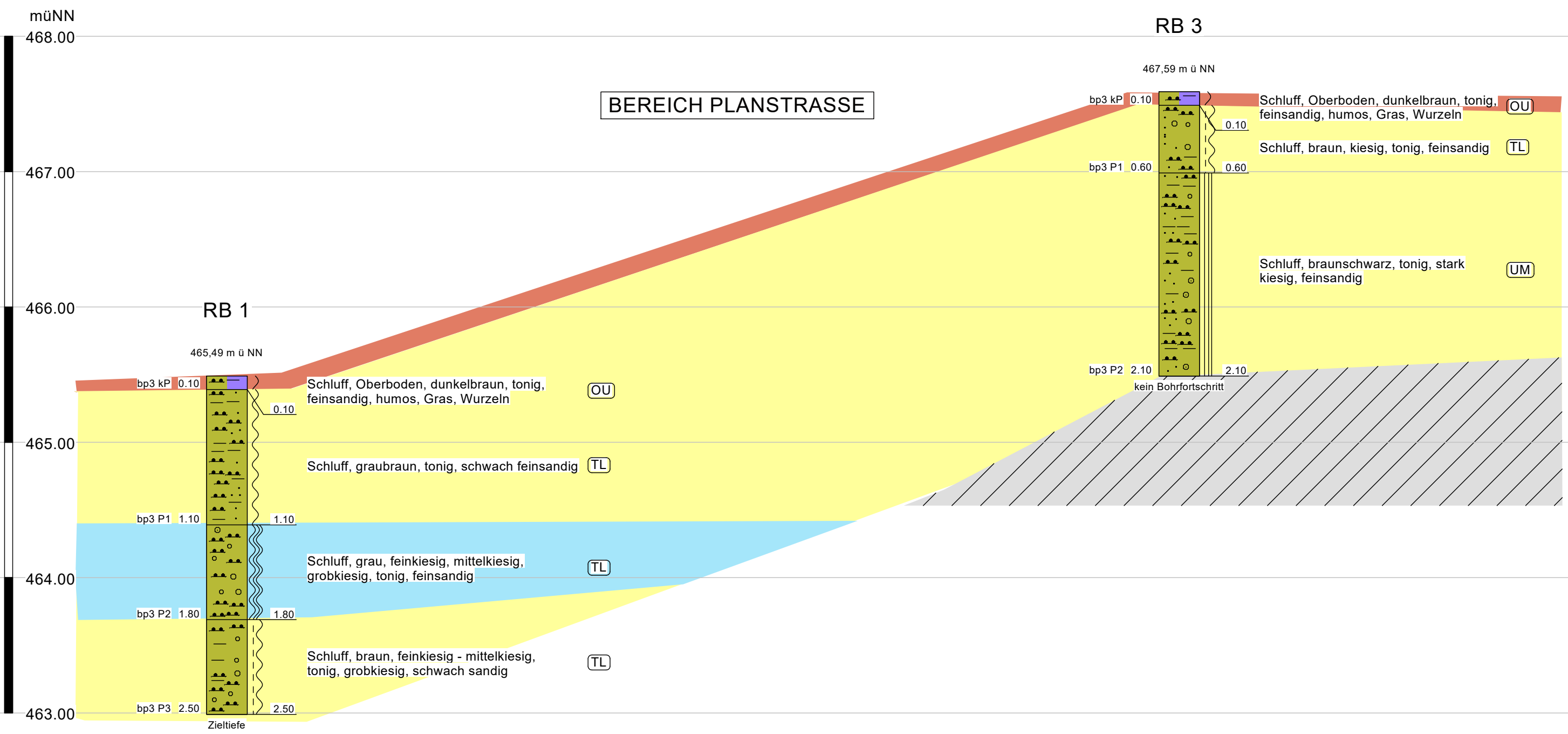
Bohrung RB 3 / Blatt: 1	Höhe: 467,59 m ü NN Datum: 30.11.2020
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.10	a) Schluff, tonig, feinsandig, humos, Gras, Wurzeln				DN 80	bp3	kP	0.10
	b)							
	c) weich	d) sehr leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)				
0.60	a) Schluff, kiesig, tonig, feinsandig				DN 80	bp3	P1	0.60
	b)							
	c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) braun					
	f)	g)	h) TL	i)				
2.10	a) Schluff, tonig, stark kiesig, feinsandig				DN 60; kein Bohrfortschritt; kein Wasser messbar	bp3	P2	2.10
	b)							
	c) halbfest - fest	d) sehr schwer zu bohren	e) braunschwarz					
	f)	g)	h) UM	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

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (30.11.2020) bei der Bohrung RB 3 bis zur Endtiefe nicht angetroffen.
 Bei der Bohrung RB 1 war das Bohrloch in einer Tiefe von 1,10 m zusammengefallen, sodass eine Messung bis zur Endtiefe nicht stattfinden konnte.
 Aufgrund der lediglich breiig-weichen Konsistenz ist im Bereich der Bohrung RB 1 jedoch mit Grund-, Schicht- oder Stauwasser zu rechnen.

BEREICH PLANSTRASSE



Legende Bodenarten & Konsistenzen

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

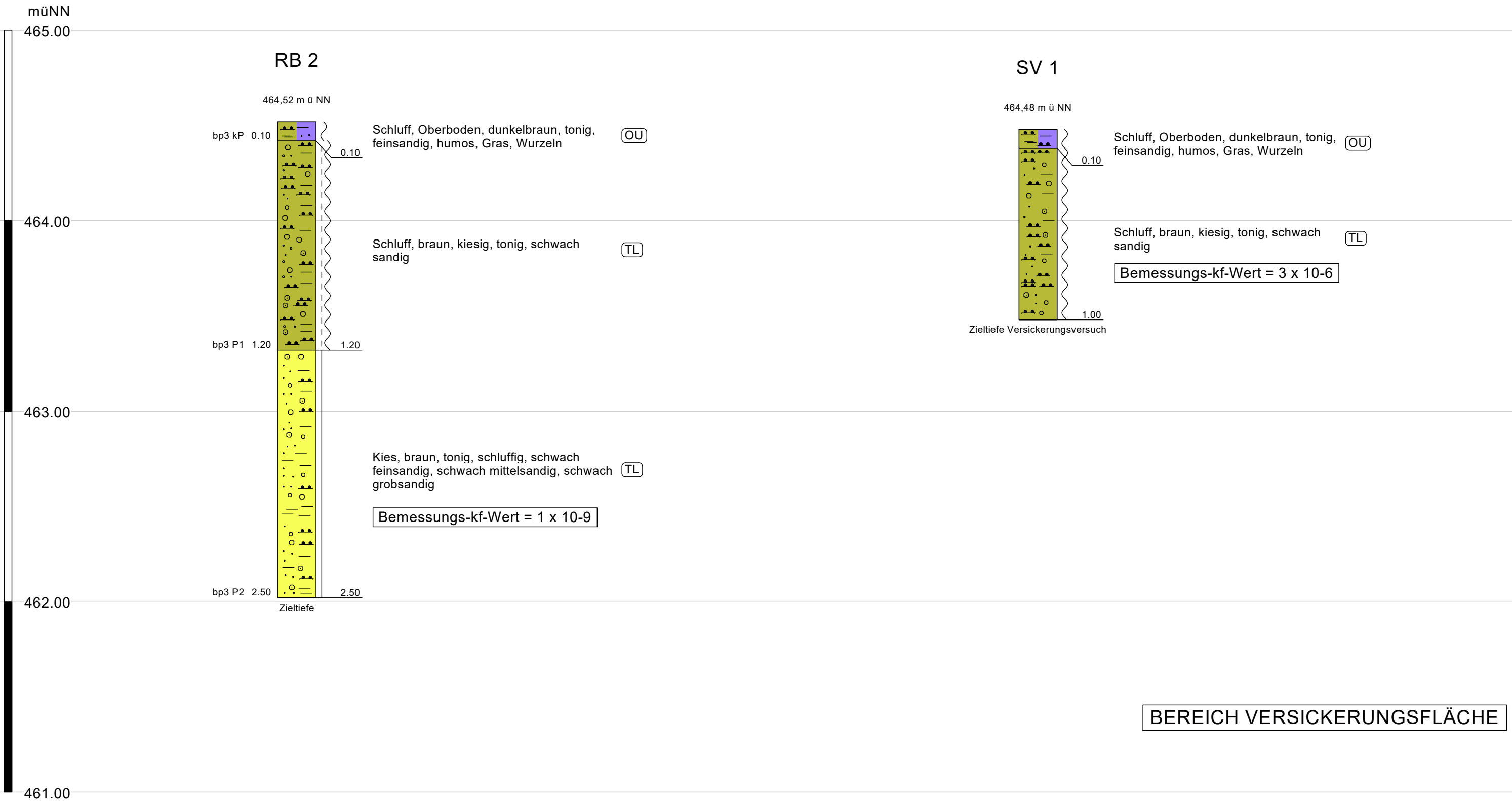
Legende Homogenbereiche

	Homogenbereich 1: Oberboden
	Homogenbereich 2a: Bindige Böden (breiig-weich)
	Homogenbereich 2b: Bindige Böden (weich-halbfest)
	Homogenbereich 3a: Übergangszone zum Festgestein

Darstellung der Homogenbereiche schematisch!
 Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!

 ICP Geologen und Ingenieure für Wasser und Boden Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel. (06561) 18824 Fax 942558	Objekt: OG Sellerich NBG "In den Peschen"	Anlage 2.1 zu Bericht Nr.: SB20147
	Bohrprofile Höhenmaßstab: 1: 30	Dat.:30.11.2020 Bearb.: AS

Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (30.11.2020) bei der Bohrung RB 2 bis zur Endteufe nicht nachgewiesen.



Legende Bodenarten & Konsistenzen

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

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!

 Johannes-Kepler-Straße 7 54634 Bitburg Tel. (06561) 18824 Fax 942558	Objekt: OG Sellerich NBG "In den Peschen"	Anlage 2.2 zu Bericht Nr.: SB20147
	Bohrprofil / Versickerungsversuch Höhenmaßstab: 1: 20	Dat.:30.11.2020 Bearb.: AS

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

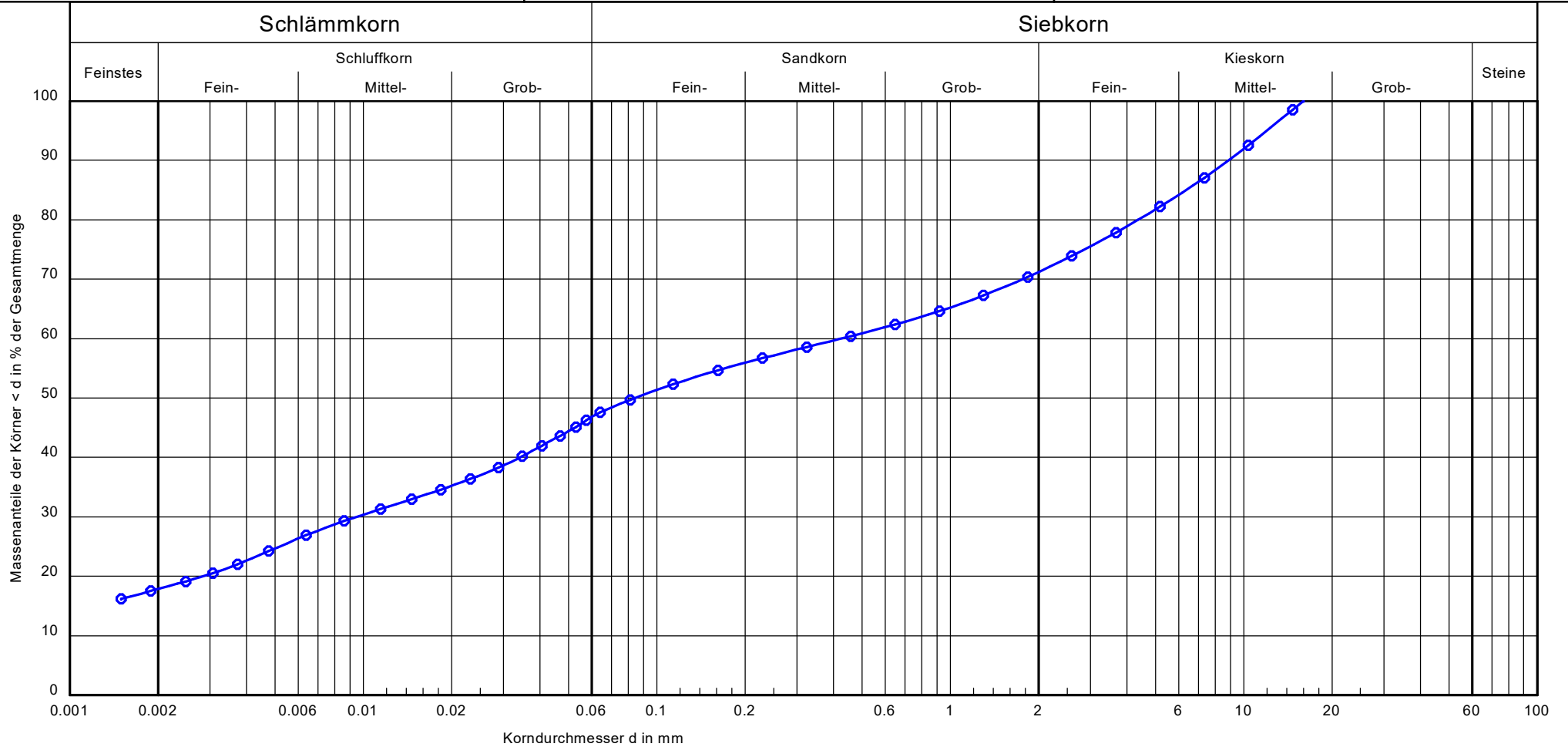
Bearbeiter: Hienerwadel Datum: 19.12.2020

Körnungslinie

NBG "In den Peschen"

OG Sellerich

Prüfungsnummer: SB20147 RB2/P2
 Probe entnommen am: 30.11.2020
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb-/Schlämmanalyse



Bezeichnung:	RB2/P2
Tiefe:	1,00 - 2,50 m
Bodenart:	G, t, u, fs', ms', gs'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$5.1 \cdot 10^{-9}$
U/Cc:	-/-
Bodengruppe:	TL
T/U/S/G [%]:	17.8/29.0/24.4/28.8
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:
 Wassergehalt: 11,9 M.-%
 Feinkornanteil: 46,8 M.-%

Bericht:
 SB20147
 Anlage:
 3

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17 892 - 12

NBG "In den Peschen"

OG Sellerich

Bearbeiter: Hienerwadel

Datum: 07.01.2021

Prüfungsnummer: SB20147

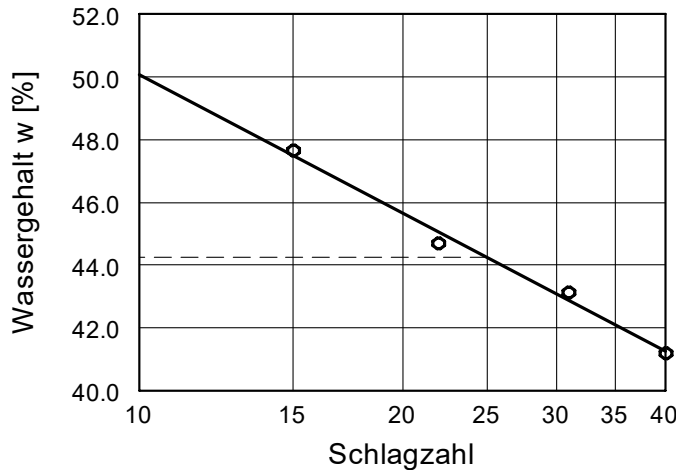
Entnahmestelle: RB 3 / P 2

Tiefe: 0,6 - 2,1 m

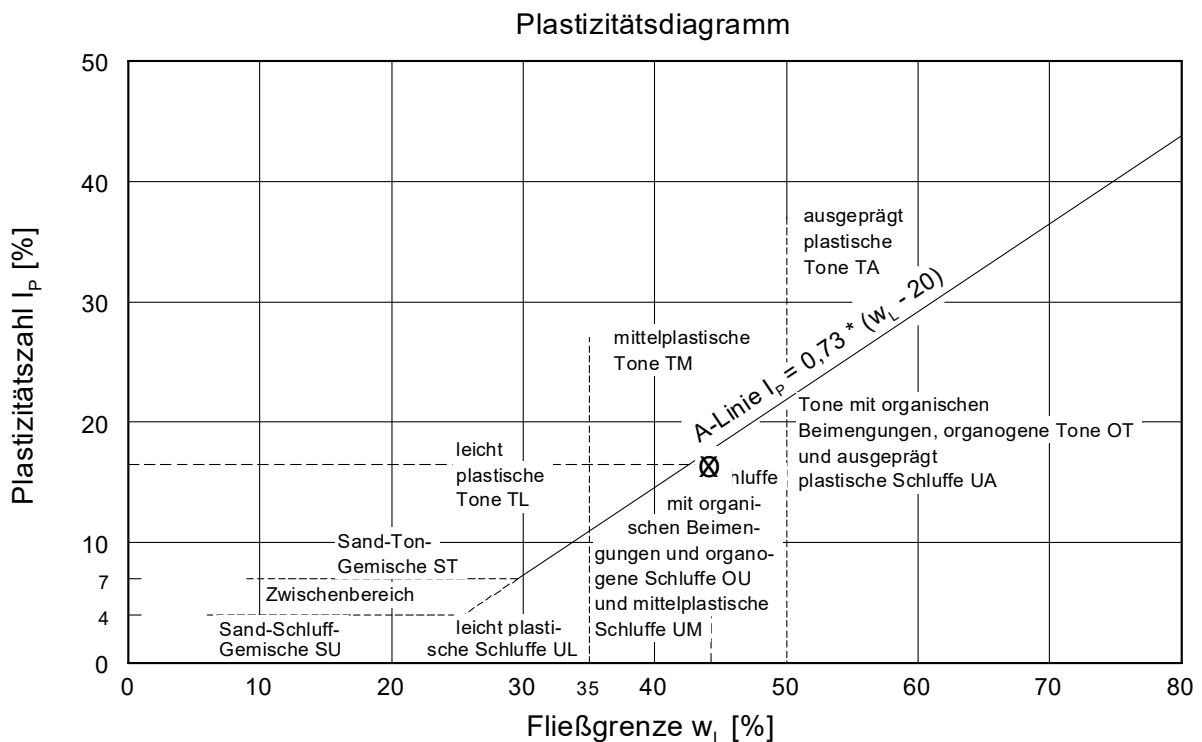
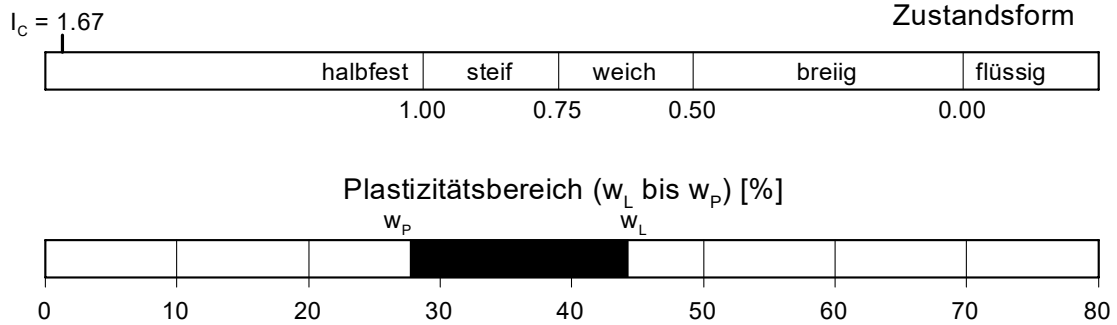
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U,s,g',t'

Probe entnommen am: 30.11.2020



Wassergehalt w =	11.9 %
Fließgrenze w_L =	44.2 %
Ausrollgrenze w_P =	27.7 %
Plastizitätszahl I_P =	16.5 %
Konsistenzzahl I_C =	1.67
Anteil Überkorn \ddot{u} =	31.4 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	1.5 %
Korr. Wassergehalt =	16.7 %



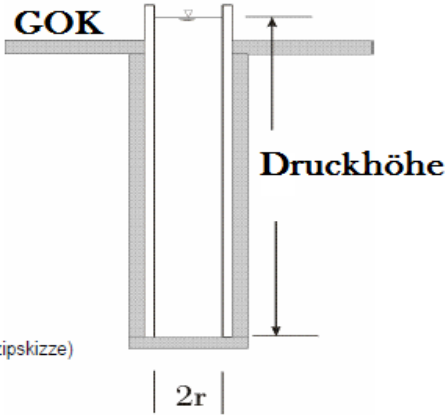
Versickerungsversuch im ausgebauten Bohrloch

Open-End-Test

(nach USBR Earth-Manual 1974)

Anlage 5

Projekt:	OG Sellerich - NBG "In den Peschen"	
Projektnummer:	SB20147	
Ausgeführt am, durch:	30.11.2020	JK
Messstelle:	SV 1	
Versickerungstiefe u GOK [m]	1	
Druckhöhe [cm]	180	
Innenradius Prüfrohr [cm]	3,5	
Versickerungszeit [s]	1800	
Verbrauchte Wassermenge [l]	0,95	
Verbrauchte Wassermenge [cm ³]	950	
Schüttmenge pro Zeit [cm ³ /s]	0,5278	



(unmaßstäbliche Prinzipskizze)

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

mit

- k = Infiltrationsrate [m/s]
- Q = Wasserzugabe [m³/s]
- r = Radius [m]
- H = konstante Druckhöhe [m]

k_f [m/s]	1,52E-06
Bemessungswert k_f [m/s] (Faktor 2)	3,05E-06

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Postfach 1261 D-65220 Taunusstein

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

Prüfbericht 5083699
Auftrags Nr. 5591028
Kunden Nr. 10040865

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



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Im Maisel 14
D-65232 Taunusstein

Taunusstein, den 11.12.2020

Ihr Auftrag/Projekt: NBG "In den Peschen", OG Sellerich
Ihr Bestellzeichen: SB20147
Ihr Bestelldatum: 04.12.2020

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

Prüfzeitraum von 07.12.2020 bis 11.12.2020
erste laufende Probenummer 201231808
Probeneingang am 07.12.2020

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.A. Vanessa Kullik
Kundenbetreuung

Seite 1 von 5

Probe 201231808

MP1

Eingangsdatum: 07.12.2020 Eingangsart: durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix: Boden

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

Feststoffuntersuchungen :

Trockensubstanz	Masse-%	83,1	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	0,6	0,1	DIN EN 13137	HE

Metalle im Feststoff :

Königswasseraufschluß				DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	14	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	80	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	33	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	56	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	53	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	0,2	0,1	DIN EN 1483	HE
Thallium	mg/kg TR	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2	HE
Zink	mg/kg TR	79	1	DIN EN ISO 11885	HE

KW-Index C10-C40	mg/kg TR	< 10	10	DIN EN 14039	HE
KW-Index C10-C22	mg/kg TR	< 10	10	DIN EN 14039	HE
EOX	mg/kg TR	2,3	0,5	DIN 38414-17	HE

LHKW Headspace :

cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Dichlormethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlormethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlorethen	mg/kg TR	0,080	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Tetrachlorethen	mg/kg TR	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Trichlormethan	mg/kg TR	0,066	0,005	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener LHKW	mg/kg TR	0,146			HE

NBG "In den Peschen", OG Sellerich
SB20147

Prüfbericht Nr. 5083699
Auftrag 5591028 Probe 201231808

Seite 3 von 5
11.12.2020

Probe MP1
Fortsetzung

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

BTEX Headspace :

Benzol	mg/kg TR	0,19	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
Toluol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
Ethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
1,2-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
1,3+1,4-Dimethylbenzol	mg/kg TR	< 0,02	0,02	DIN EN ISO 22155	HE
Summe Xylole	mg/kg TR	-		DIN EN ISO 22155	HE
Summe BTEX	mg/kg TR	0,19			HE
Styrol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
iso-Propylbenzol	mg/kg TR	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 22155	HE
Summe nachgewiesener BTEX	mg/kg TR	0,19			HE

PAK (EPA) :

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

PCB :

PCB 28	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
Summe 6 PCB (DIN)	mg/kg TR	-		DIN 38414-20	HE
Summe PCB nachgewiesen	mg/kg TR	-			HE

NBG "In den Peschen", OG Sellerich
SB20147

Prüfbericht Nr. 5083699
Auftrag 5591028 Probe 201231808

Seite 4 von 5
11.12.2020

Probe MP1
Fortsetzung

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

Eluatuntersuchungen :

Eluatansatz				DIN EN 12457-4	HE
pH-Wert		8,7		DIN EN ISO 10523	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	43	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid	mg/l	< 2	2	DIN ISO 15923-1	HE
Sulfat	mg/l	< 5	5	DIN ISO 15923-1	HE
Cyanide, ges.	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2	HE
Phenol-Index, wdf.	mg/l	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 14402	HE

Metalle im Eluat :

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

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38414-17	1981-05
DIN 38414-20	1996-01
DIN EN 12457-4	2003-01
DIN EN 13137	2001-12
DIN EN 13657	2003-01
DIN EN 14039	2005-01
DIN EN 14346	2007-03
DIN EN 1483	2007-07
DIN EN 27888	1993-11
DIN EN ISO 10523	2009-07
DIN EN ISO 11885	2009-09
DIN EN ISO 12846	2012-08
DIN EN ISO 14402	1999-12
DIN EN ISO 14403-2	2012-02
DIN EN ISO 17294-2	2014-12
DIN EN ISO 17380	2013-10
DIN EN ISO 22155	2016-07
DIN ISO 15923-1	2014-07
DIN ISO 18287	2006-05

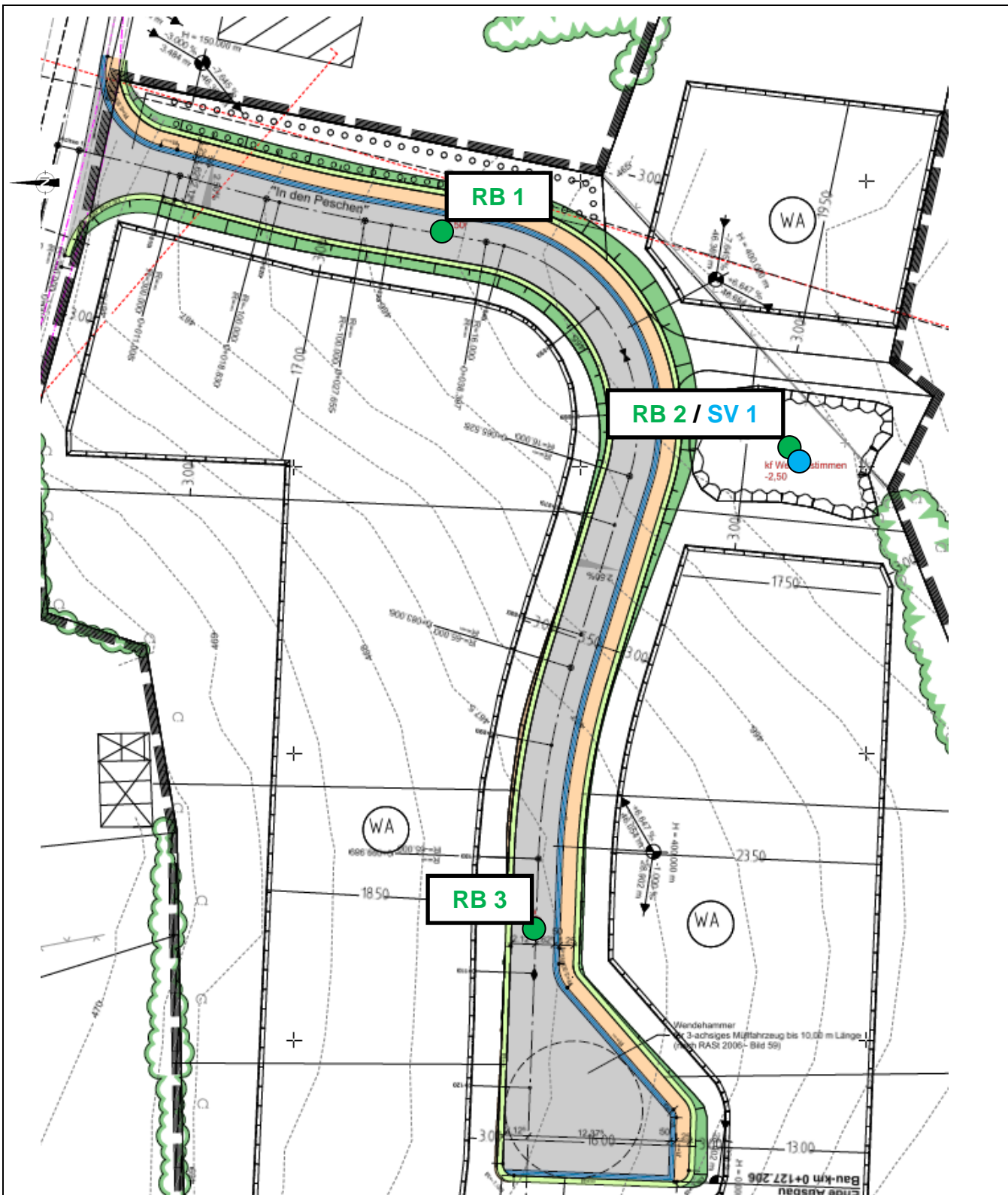
Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter

<http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

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

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



Legende

- RB Kleinrammbohrung DN 80 / 60
- SV Versickerungsversuch

Objekt	OG Sellerich – Neubaugebiet „In den Peschen“
Proj.-Nr.	SB20147
Aufschlussdatum	30.11.2020
Maßstab	schematisch
Anlage	7
Bearbeiter	AS