

ICP – Am Tränkwald 27 – 67688 Rodenbach
Ortsgemeinde Hillesheim
über
Verbandsgemeindeverwaltung Rhein-Selz
Sant´ Ambrogio Ring 33
55276 Oppenheim



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.: B15160
Projekt: NBG in der OG Hillesheim
Betreff: Baugrunderkundung mit Geotechnischem Bericht
Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) Oliver Semmelsberger
Datum: 16.02.2016
Verteiler: vorab per e-mail an michael.hildebrandt@vg-rhein-selz.de
Kopie per e-mail an fehrenreich@wsw-partner.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 Leistungsumfang4
- 2 Aufschlussergebnisse und Kenngrößen7
- 3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung.....11
 - 3.1 Allgemein11
 - 3.2 Gründung von Gebäuden12
 - 3.3 Leitungsraben.....16
- 4 Erdbautechnische Hinweise17
 - 4.1 Baugruben und Gräben, Wasserhaltung.....17
 - 4.2 Grabenverfüllung.....20
 - 4.3 Rohr- und Schachtgründung.....22
 - 4.4 Anordnung von Sperrriegeln.....23
 - 4.5 Wiedereinbaubarkeit von Aushubböden23
- 5 Gebäudeabdichtung24
- 6 Versickerungseignung der anstehenden Böden26
 - 6.1 Allgemeines.....26
 - 6.2 Ermittlung der Durchlässigkeiten nach DIN 18130.....27
 - 6.3 Ermittlung des k_f -Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 1812327
 - 6.4 Versickerungsversuche im Feld.....28
 - 6.5 Bewertung nach dem „Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung“29
 - 6.6 Interpretation der Ergebnisse30
 - 6.7 Vorschläge zur Regenwasserbewirtschaftung31
- 7 Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen.....32
 - 7.1 Erdplanum.....32
 - 7.2 Straßenoberbau33
 - 7.3 Gehwege.....34
- 8 Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung34
 - 8.1 Straßenaufbruch/Ausbauasphalt34
 - 8.2 Aushub.....38
- 9 Radonpotential38
- 10 Schlussbemerkung40

Anlagen:

1. Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
2. Bohrprofile nach DIN 4023
und Rammdiagramme in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2
3. Korngrößenverteilungen nach DIN 18123
4. Zustandsgrenzen nach DIN 18122
5. Glühverluste nach DIN 18128
6. Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130
7. Messprotokoll zur Durchlässigkeitsbestimmung von Böden im Feld mittels Absenkversuch
8. Prüfbericht der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein
Nr. 2802248 vom 15.01.2016
9. Lageplan (schematisch)

1 Vorgang und Leistungsumfang

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP) wurde vom Planungsbüro für Umwelt, Städtebau und Architektur, WSW + Partner GmbH im Namen und auf Rechnung der Ortsgemeinde Hillesheim hinsichtlich der beabsichtigten Erschließung eines Neubaugebiets in der OG Hillesheim mit der orientierenden Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Berichts beauftragt.

Für die Bearbeitung standen folgende Entwurfsunterlagen auftraggeberseitig zur Verfügung:

- [1] Bebauungsvorschlag – Variante 6a, M.: 1 : 1000, aufgestellt durch WSW + Partner, Kaiserslautern, Stand 11.09.2015
- [2] Übersichtslageplan + Teilpläne 1-3, Vermessung, M.: 1 : 1000 / 1 : 250, aufgestellt durch WSW + Partner, Kaiserslautern, Stand 20.11.2015

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 lediglich orientierenden Charakter und sollen zu einer Ersteinschätzung der Baugrundsituation dienen. Detailangaben bezüglich der Wohnbebauung (Grundstücksgrößen, Gebäudeabmessungen, Gründungstiefen, Bauwerkslasten, etc.) liegen im derzeitigen Projektstadium nicht vor, so dass zu Gründungsfragen bzw. zur baugelogischen 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.

Im derzeitigen Planungsstadium lagen auch noch keine Planunterlagen zur Erschließung des Baugebiets (Trassenführung von Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Höhenangaben zur Straßenführung) vor, so dass auch hierzu nur in allgemeiner Form Stellung genommen werden kann.

Nach [1] ist im östlich angrenzenden Bereich des Projektgebiets die Errichtung einer Rückhalte- und Versickerungsfläche vorgesehen. Gleichzeitig ist in den Planunterlagen ein Alternativstandort für diese Fläche südöstlich ausgewiesen. Im Zuge der Baugrunderkundung sollten beide Flächen untersucht werden.

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

Zur Erkundung des Untergrundes wurden 07.01.2016 insgesamt **-5-** Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 5 (DN 80/60/50) mit durchgehendem Gewinn gekernter Bodenproben nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen von 5,00 m unter Ansatzpunkt (uAP) (RB 1 – RB 3) bzw. 3,00 m uAP (RB 4 und RB 5) abgeteuft. Die Bohrungen wurden nach Erreichen der Zieltiefen beendet.

Weiterhin kamen zur Beurteilung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der im Bereich des Baufeldes anstehenden Lockergesteinsböden insgesamt **-3-** schwere Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 3 nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung. Die Sondierungen waren nicht ausgerammt und wurden in Tiefen von 6,00 m bzw. 7,00 m uAP nach Erreichen der Zieltiefen beendet.

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

Im Anschlussbereich an die Bahnhofstraße im nordöstlichen Bereich des Baufeldes wurde mittels Kernbohrung **-1-** Bohrkern BK 1 (DN 150) der Oberflächenbefestigung (Schwarzdecke) zur Analytik auf Teerstämmigkeit entnommen.

Zur Durchlässigkeitsbestimmung der anstehenden Böden im Bereich der Versickerungsflächen wurden **-2-** Absenkversuche ausgeführt. Die Messprotokolle sind in Anlage 7 beigelegt. Weiterhin wurden in diesen Bereichen oberflächennah **-2-** ungestörte Bodenproben (Sonderproben) mittels Stechzylinder zur anschließenden Bestimmung der Durchlässigkeit im bodenmechanischen Labor nach DIN 18130 entnommen.

Die Ansatzpunkte der Kleinrammbohrungen, schweren Rammsondierungen, Versickerungsversuche und Probenahmen wurden nach Lage eingemessen. Die Kleinrammbohrungen und schweren Rammsondierungen wurden zusätzlich nach Höhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt (FP) diente der Kanaldeckel des Schachts 306074 in der Bahnhofstraße, der nach [2] die absolute Höhe 158,41 m üNN aufweist. Die Lage der Aufschlusspunkte und des Höhenbezugspunktes geht aus dem beigelegten Lageplan hervor (Anlage 9).

Zur Bodenklassifikation nach DIN 18196 wurden im bodenmechanischen Labor an **-3-** charakteristischen Bodenproben die Körnungslinien durch kombinierte Sieb-/Schlammanalyse gemäß DIN 18123 bestimmt (Anlage 3). An **-2-** weiteren charakteristischen Bodenproben wurden die Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen nach Atterberg) nach DIN 18122 bestimmt (Anlage 4). Ferner wurde an **-1-** weiteren Bodenprobe der Glühverlust nach DIN 18128 bestimmt (Anlage 5). An den **-2-** entnommenen Sonderproben wurde die Durchlässigkeit nach DIN 18130 bestimmt (Anlage 6).

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurde -1- Mischprobe des aufgeschlossenen Erdreichs aus den Bohrungen RB 1 bis RB 3 zur orientierenden abfallrechtlichen Voruntersuchung nach LAGA¹ (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein übergeben. Der Prüfbericht Nr. 2802248 vom 15.01.2016 ist als Anlage 8 beigefügt.

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des Straßenaufbruchs wurde der entnommene Bohrkern (Straßenaufbruch) aus dem Anschlussbereich an die Bahnhofstraße auf den Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK nach EPA) durch die SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein analysiert. Das Analyseergebnis ist ebenfalls im Prüfbericht Nr. 2802248 vom 15.01.2016 in Anlage 8 enthalten.

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

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 der niedergebrachten Aufschlüsse gehen aus nachfolgender Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1: Nivellement

Nivellement			
Projekt:	NBG in der OG Hillesheim		
Datum:	07.01.2016		
Beobachter:	Schreiner		
Bezugshöhe:	Festpunkt: Kanaldeckel in der Bahnhofstraße, Schacht 306074; Höhe: 158,41 m üNN		
Kleinrammbohrung (RB) Schwere Rammsondierung (DPH) Stechzylinder (SZ) Versickerungsversuch (VS)	Ansatzpunkt (AP) [m üNN]	Endteufe [m u AP]	Endteufe [m üNN]
RB 1 / DPH 1	160,07	5,00 / 6,00	
RB 2 / DPH 2	160,03	5,00 / 7,00	
RB 3 / DPH 3	159,46	5,00 / 7,00	
RB 4	159,78	3,00	
RB 5	160,30	3,00	
SZ 1 bei RB 4	ca. 159,30	0,12	
SZ 2 bei RB 5	ca. 159,80	0,12	
VS 1 bei RB 4	ca. 159,80	1,00	
VS 2 bei RB 5	ca. 160,30	1,00	

Gemäß der geologischen Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1:300000 (herausgegeben vom Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz) liegt das Untersuchungsgebiet im Ausstrichbereich von Abschwemm-Massen des Quartär (Zh) zu Löß, Lößlehm, Schwemmlöß und Sandlöß des Quartär (Lo).

Die Schichten der Abschwemm-Massen werden aus locker gelagerten z.T. steinigem, kiesigem, humosen Lehm und Sand aufgebaut, während die Sedimente des Löß, Lößlehm, Schwemmlöß und Sandlöß aus z. T. umgelagerten Schluffen bis schluffigen Lehmen und sandigen Schluffen bestehen.

Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse lässt sich das nachfolgende Grundsatzprofil unterhalb der Oberbodendecke ableiten:

SG I: bindige Böden

Schluff, ± tonig, ± sandig, ± kalkhaltig
 Bodengruppen: TL, TM nach DIN 18196
 Konsistenz: weich-steif bis steif-halbfest
 Farbe: dunkelbraun, hellbraun, beige-hellbraun

Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten sowie den ggfs. erforderlichen erdstatischen Berechnungen kann von den in Tabelle 2 angegebenen Bodenkennwerten (Rechenwerte) und den dort tabellarisch nach DIN 18196 und 18300:2012-09 dokumentierten Bodengruppen ausgegangen werden. Die Festlegung der Frostschutzklassen erfolgte auf der Grundlage der ZTV E-StB 09-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 des anstehenden Schichtgliedes sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Kenngrößen und Bodenparameter

	SG I bindige Böden
Bodengruppe (DIN 18196)	TL, TM
Bodengruppe (ATV DVWK-A 127)	G4
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)	4, (2) ^{*)}
Konsistenz / Lagerungsdichte	weich-steif bis steif-halbfest ---
Wichte (DIN 1055) [kN/m ³] cal γ cal γ'	19,5 – 21,0 9,5 – 11,0
Reibungswinkel cal φ' [Grad] (DIN 1055)	22,5 – 27,5
Kohäsion (DIN 1055) [kN/m ²] cal c_u cal c'	15 – 60 2 – 10
Steifemodul cal E_s [MN/m ²]	8 – 30
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 09	F3
Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] nach DIN 1054:2010-12	TL, TM: 200 ¹⁾
Durchlässigkeit k_f [m/s] gemäß Literatur	10 ⁻⁶ – 10 ⁻¹¹ gefügeabhängig

^{*)} 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 übergehen.

¹⁾ Dieser Wert gilt nur für Streifenfundamente mit b bzw. $b' = 0,5$ bis $2,0$ m und kleinster Fundamenteinbindetiefe von $1,0$ m bei Einhaltung sämtlicher Anwendungsvoraussetzungen der DIN 1054:2010-12, die vor Anwendung der Tabellenwerte zu prüfen sind. Insbesondere wird auf die erforderliche ausreichende Festigkeit des Baugrunds nochmals hingewiesen. Der angegebene Tabellenwert gilt für eine mindestens steife Konsistenz. Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halb-feste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A. 6.7. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden. Die Anwendung der Werte der Tabellen A 6.6 und A 6.7 kann zu Setzungen in einer Größenordnung von 2 cm bis 4 cm führen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.

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

Löß bildet damit ebenso wie der durch physikalisch-chemische Verwitterungsprozesse aus ihm entstehende Lößlehm einen nur bedingt tragfähigen Untergrund. Aus diesem Grund wird empfohlen, die in obiger Tabelle 2 angegebenen Werte (Bemessungswerte des Sohlwiderstands in Regelfällen nach DIN 1054) nicht voll auszunutzen.

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

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

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

Aufgrund der braunen Färbung mit dem Verdacht auf einen erhöhten organischen Gehalt (zeretzte Pflanzenreste) wurde an einer Probe des Unterbodens (RB 3 / P 1 (0,30 – 0,50 m uAP)) im bodenmechanischen Labor der Glühverlust nach DIN 18128-GL bestimmt (vgl. Anlage 5). Der Glühverlust entspricht dem Masseverlust des bei 105°C getrockneten Bodens bei einer Glühtemperatur von 550°C.

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). Ab diesem Gehalt an organischen Bestandteilen weisen diese Böden bereits erheblich veränderte plastische Eigenschaften auf. Böden mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen sind daher für Gründungszwecke als ungeeignet zu beurteilen.

Bei der untersuchten Bodenprobe unterhalb des Oberbodens wurde ein Glühverlust von 4,5 M.-% ermittelt, er liegt damit knapp unterhalb des genannten Grenzwertes.

Grund-, Schicht- oder Stauwasser konnte zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (07.01.2016) bis in Tiefen von 1,30 m uAP bei der schweren Rammsondierung DPH 3 bzw. 2,70 m uAP bei der Kleinarrammbohrung RB 4 nicht nachgewiesen werden. Für größere Tiefen kann aufgrund Zufallens des Bohr-/Sondierlochs keine Aussage getroffen werden. Bei den übrigen Aufschlusspunkten war bis zu den jeweiligen Endteufen der Bohrungen und Sondierungen kein Wasser nachweisbar.

Generell ist eine zeitweilige, jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Schichtwasserführung bzw. die Ausbildung staunasser Horizonte nicht auszuschließen.

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

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

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

Der nächstgelegene Vorfluter „Sauerwiesengraben“ befindet sich in etwa 200 m Entfernung östlich des geplanten Neubaugebiets.

Bodengruppen nach ATV-A127

Im Bereich der Rohrgrabensohlen, der Bettungsschicht, der Seitenverfüllung und Abdeckung nach DIN EN 1610 stehen schlecht verdichtbare bindige Bodenarten an. Diese bindigen Deckschichten sind nach ATV-A127 der Bodengruppe G4 zuzuordnen und nur bedingt für den Wiedereinbau geeignet. Bindige Böden der Bodengruppe G4 können bei zu hohem Wassergehalt durch ungünstige Witterungseinflüsse (Regen, Frost, Austrocknung) für den Einbau unbrauchbar werden. Sie sind vor entsprechenden Einflüssen zu schützen.

3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

3.1 Allgemein

Bezüglich der Erdbebeneinwirkung gehört das Untersuchungsgebiet gemäß DIN EN 1998-1/NA: 2011-01 zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung).

Nach der Hangstabilitätskarte des linksrheinischen Mainzer Beckens 1 : 50000, herausgegeben vom Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz liegt das Baufeld nicht im Bereich eines vermuteten oder nachgewiesenen Rutschgebiets. Im nordöstlichen Bereich der Gemarkung Hillesheim liegt jedoch ein nachgewiesenes Rutschgebiet. Hier kam es in den Jahren 1979 und 1981 zu zwei Rutschungen (Gleitbewegungen). In dem Rutschungsgebiet steht jedoch im Gegensatz zu den im Baufeld nach der Geologischen Karte vorherrschenden Formationen aus Abschwemm-Massen, Löß, Lößlehm, Schwemmlöß und Sandlöß der Mergeltertär (Tonmergel und Ton mit feinsandigen Einschaltungen) des Mainzer Beckens an. Tonmergel mit Feinsand-Einlagerungen sind besonders bei Wasserzutritt sehr rutschungsanfällig. Weiterhin kann das Schrumpfen und Quellen von Tonmergel bei unterschiedlichen Wassergehalten zu Verformungen des Untergrunds führen.

Die natürlich anstehenden feinkörnigen Böden sind stark kalkhaltig und den Bodengruppen TL und TM nach DIN 18196 zugehörig. Sie wurden in weich-steifer bis halbfester-fester Konsistenz aufgeschlossen.

Die feinkörnigen Böden der Bodengruppen TL und TM stellen ab mindestens steifer Konsistenz allgemein einen mäßig tragfähigen, zu Setzungen neigenden Baugrund dar. Bindige Böden von weicher bzw. breiiger Konsistenz sind aufgrund ihrer ausgeprägten Setzungswilligkeit hingegen nicht belastbar und als ungeeignet für Gründungszwecke zu beurteilen. Die aufgeschlossenen bindigen Böden gehören nach DIN 18300:2012-09 in die Bodenklasse 4. Durchnässte, breiige Böden sind in die Bodenklasse 2 einzuordnen. Sie sind als stark wasserempfindlich einzustufen, d. h., Schichten mit erhöhtem Feinkornanteil 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.

Der im Baufeld, im Mittel in einer Mächtigkeit von 30 cm Stärke, anstehende Oberboden der Bodengruppe OU nach DIN 18196 ist aufgrund des Gehaltes an organischen Bestandteilen für gründungstechnische Zwecke als ungeeignet zu beurteilen.

3.2 Gründung von Gebäuden

Wichtiger Hinweis zur Gründung von Gebäuden

Die Gründungssohlen der Gebäude und damit auch die umlaufenden Ringdränagen werden in kalkhaltigen Böden zu liegen kommen. Das im verfüllten Arbeitsraum versickernde, erfahrungsgemäß saure Niederschlagswasser ($\text{pH-Wert} \leq 7$) kommt daher mit den kalkhaltigen Erdstoffen unmittelbar in Kontakt und kann den freien Kalkanteil im Laufe der Zeit herauslösen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass unter Umständen im angrenzenden Gründungsrandbereich das stützende Korngerüst aufgelöst bzw. zumindest stark geschwächt wird.

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

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.

Tabelle 3: Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig ausreichender Festigkeit

Schwere Rammsondierung (DPH)	Baugrund mit durchgängig ausreichender Festigkeit [m unter Ansatzpunkt]	Baugrund mit durchgängig ausreichender Festigkeit [m ü NN]
DPH 1	0,90	ca. 159,2
DPH 2	4,20	ca. 155,8
DPH 3	3,80	ca. 155,7

Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse ist die Anwendung des vereinfachten Verfahrens nicht möglich.

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 weichsteifer Konsistenz bzw. lockerer Lagerung die Bauwerksverträglichkeit der zu erwartenden Setzungen und die Sicherheit gegen Grundbruch gesondert nachzuweisen. Eine objektbezogene Baugrunderkundung ist daher unerlässlich.

Aufgrund der lokalen geologischen Verhältnisse sind Bauvorhaben im Untersuchungsgebiet mindestens in die Geotechnische Kategorie 2 einzustufen. Für derartige Baumaßnahmen fordert die DIN 1054 ein einzelfallbezogenes Baugrundgutachten sowie den rechnerischen Nachweis der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit.

Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse sowie den o. a. Angaben und Hinweise raten wir von Gebäudegründungen mittels Streifenfundamenten in weich-steifem Löss und Lösslehm bzw. Abschwemm-Massen von lockerer Lagerung ab und empfehlen die Gründung mittels elastisch gebetteter, tragender Stahlbetonbodenplatten. Zur Homogenisierung des Baugrundes sowie zur Minimierung der Setzungsdifferenzen und Spannungsspitzen empfehlen wir weiterhin, unterhalb der Bodenplatten ein Gründungspolster (Bodenaustausch) aus gut verdichtbaren, nichtbindigen Erdstoffen in einer Mächtigkeit von mindestens 0,50 m einzubauen. Die genaue Dimensionierung der erforderlichen Gründungspolster (abhängig nach Größe der auftretenden Lasten und der zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen) kann jedoch nur auf Grundlage ergänzender objektbezogener Baugrundaufschlüsse und detaillierten Setzungsberechnungen erfolgen.

Beim Einbau eines Gründungspolsters werden die oberflächennah gering tragfähigen bindigen Böden zum Teil durch Fremdmaterial ausgetauscht. Dies führt zur Reduzierung der Absolutbeträge der Setzungen und zur Vergleichmäßigung der Differenzsetzungen.

Zur Ausführung des Gründungspolsters empfehlen wir die Verwendung von gut verdichtbaren grob- bzw. gemischtkörnigen, gut kornabgestuften Erdstoffen der Bodengruppen SW, GW (z. B. Sandsteinbruch, Kies-Sand oder Hartsteinmaterial der Lieferkörnung 0/45, 0/56, 0/100 oder vergleichbares) als Fremdmaterial.

Die Gründungspolster sind lagenweise (Schüttstärke maximal 30 cm) herzustellen und zu verdichten. Dabei ist ein Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} \geq 98\%$ zu gewährleisten. Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren und nachzuweisen (mittels Plattendruckversuch nach DIN 18134).

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

Bei einem in der Höhe gestaffelten Gründungspolster ist dieses abgetreppt einzubauen.

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

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

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

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

Bei Wahl einer Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatte und Gründungspolster können basierend auf Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bauvorhaben bei ähnlicher Baugrundsichtung unter der Platte ansetzbare Bettungsmoduln von etwa $2 - 5 \text{ MN/m}^3$ abgeschätzt werden, die jedoch abhängig von den Belastungen der Platte und den zu erwartenden Setzungen sind. Bei genauer Berechnung ergeben sich die ansetzbaren Bettungsmoduln aus der rechnerischen Sohlspannungsverteilung nach der Beziehung $k_s = \sigma/s$.

Hinweis

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

Schlussbemerkungen zur Gebäudegründung

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

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

Die dauerhafte Entwässerung des jeweiligen Arbeitsplanums ist während der gesamten Bau-phase sicherzustellen.

3.3 Leitungsgräben

Nach den Aufschlussergebnissen befindet sich die geplante Leitungstrasse nicht im Grund- oder Schichtwassereinflussbereich. Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse muss jedoch davon ausgegangen werden, dass der Graben nicht standfest ist. Es ist daher ein 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).

Es können z. B. gleitschienengeführte Verbauplatten oder großformatige Verbaufeln Verwendung finden. Verschiedene Herstellerfirmen bieten für unterschiedliche Grabentiefen und Anwendungsbereiche entsprechende Gleitschienensysteme an, so dass eine Vielzahl von Kombinationen der Einzelelemente möglich ist. In der verbauten Baugrube gegebenenfalls anfallendes Grund-, Schicht- bzw. Stauwasser ist zusammen mit Niederschlagswasser mittels **offener Wasserhaltung** (z.B. einem Draingraben mit Pumpensumpf) ordnungsgemäß zu fassen und aus dem Kanalgraben abzuleiten. Die entsprechende Ausrüstung ist vorzuhalten. Bei einem stärkeren Wasserzufluss ist der Grabenverbau so zu wählen, dass sichergestellt ist, dass kein Erdreich mit dem zulaufenden Wasser ausgeschwemmt wird, da dies zu Sackungen und Setzungen führen kann. Lücken im Verbau (z. B. im Bereich von Hausanschlüssen) sind mittels geeigneter Maßnahmen zu sichern. Die gesamte Maßnahme ist in kleinen Abschnitten durchzuführen. Bei geringen Aufgrablungen und der Leitungsverlegung mit entsprechendem Gefälle ist davon auszugehen, dass eine zusätzliche Entwässerung der Grabensohle durch eine mitgeführte Drainageleitung (PVC-Sickerstrang) nicht erforderlich wird.

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

4 Erdbautechnische Hinweise

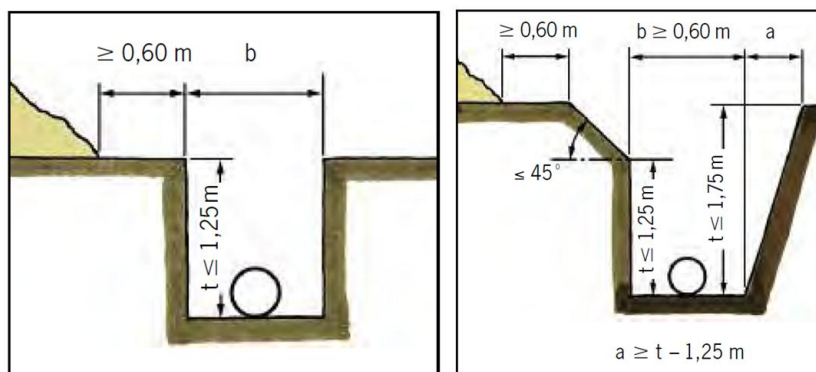
4.1 Baugruben und Gräben, Wasserhaltung

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

Nicht verbaute senkrechte Baugrubenwände

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

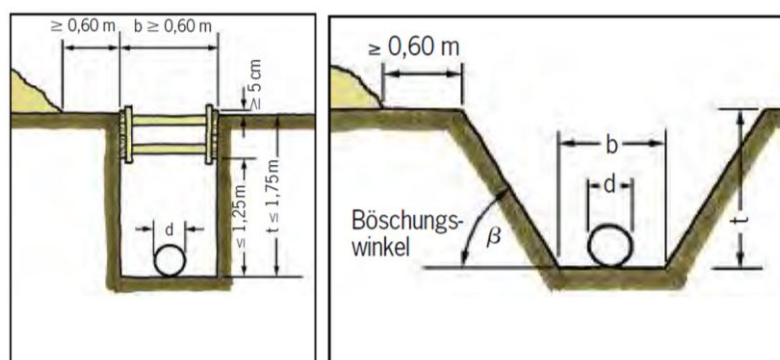
- nichtbindige und weiche bindige Böden maximal 1:10
- mindestens steife bindige Böden maximal 1:2



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

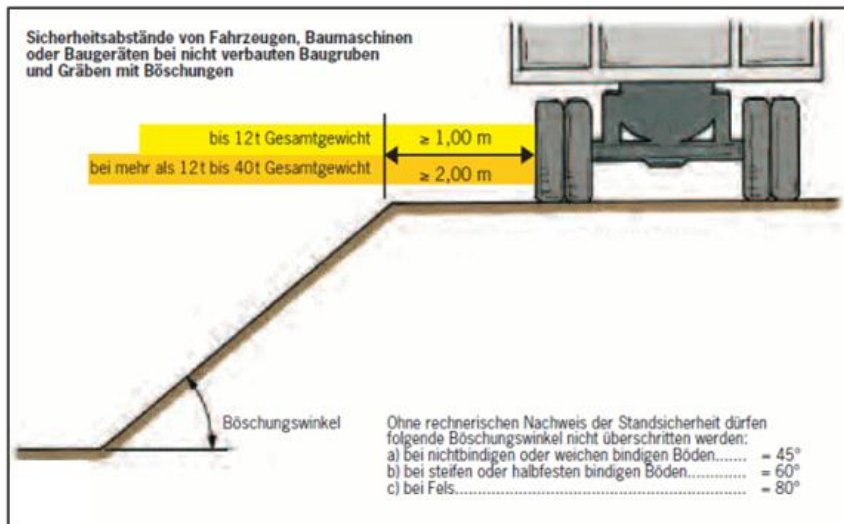
Baugruben mit einer Tiefe > 1,25 m bzw. > 1,75 m

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



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

nichtbindige Böden	$\leq 45^\circ$
bindige Böden	$\leq 45^\circ$ bei weicher Konsistenz $\leq 60^\circ$ bei mindestens steifer Konsistenz



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. $\leq 45^\circ$).

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

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

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

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



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

In den ZTV A-StB 12 und in den ZTV E-StB 09 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 09 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 der Bodengruppen TL und TM sind als stark wasserempfindlich einzustufen. Die Böden, die für den späteren Wiedereinbau verwendet werden sollen, sind mit Planen oder Folien gegen Durchfeuchtung oder Austrocknung zu schützen.

Die aufgeschlossenen bindigen Böden der Bodengruppen TL und TM sind jedoch ohne Bodenverbesserung nur mäßig bis schwer verdichtbar und daher für die Wiederverfüllung der Gräben nur bedingt geeignet. Stattdessen sollte ein weitgestuftes, gut verdichtbares Korngemisch eingebaut werden.

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

Der Wiedereinbau solcher Böden ist nur bei Einsatz von Weißfeinkalk oder hydraulischen Mischbindern zur Reduzierung der Wassergehalte und zur Verbesserung der Verdichtungswilligkeit der Böden möglich. Erfahrungsgemäß ist hierbei von einem Bedarf an Weißfeinkalk oder Mischbinder von ca. 2,0 bis 3,5 M.-% bzw. 40 bis 70 kg/m³ (bei weicher Konsistenz des Erdstoffes) auszugehen.

Gemäß den Richtlinien der ZTV E StB 09 werden an die Verfüllung von Leitungsgräben in Abhängigkeit von der Bodenart (Bodengruppe nach DIN 18196) die in nachfolgender Abbildung 1 angegebenen Mindestanforderungen bezüglich des Verdichtungsgrades D_{Pr} in den jeweiligen Tiefenbereichen gestellt:

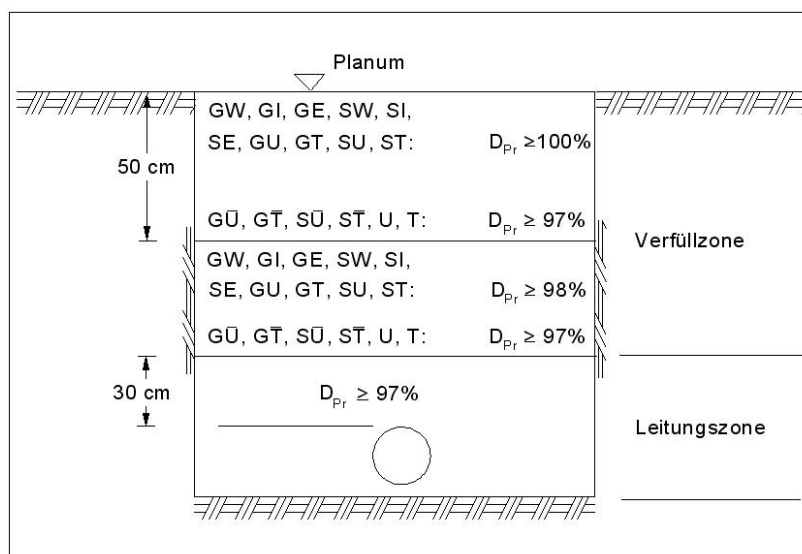


Abb. 1: Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 09

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

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

Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren!

In den Leitungsgräben ist nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen nicht mit Wasserzutritten zu rechnen. Erfahrungsgemäß können jedoch Schichtwasserführungen angeschnitten werden. Diese schichtgebundenen Wasserzutritte sind jedoch mit offenen Wasserhaltungsmaßnahmen ableitbar. Sollten hierzu Drainageleitungen in den Leitungsgräben verlegt werden, müssen diese im Endzustand durch Sperrriegel unterbrochen werden.

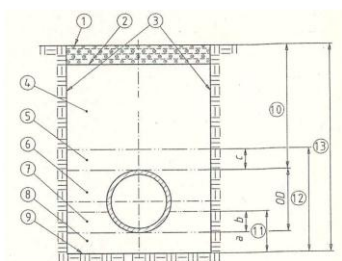
4.3 Rohr- und Schachtgründung

Eine Rohrbettung in den Lockergesteinsböden des Schichtgliedes SG I (Bodengruppen TL und TM) kann bei mindestens steifer Konsistenz und mitteldichter Lagerung grundsätzlich ohne zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erfolgen.

Nasse bzw. durchweichte Gründungsbereiche sind mit einer Mächtigkeit von mindestens 30 bis 40 cm gegen geeignetes Austauschmaterial (z. B. Sandsteinbruch oder Vorsiebmaterial, Bodengruppe GU oder GW, im Bereich der Leitungszone maximal 22 mm Größtkorn gemäß ZTV E-StB 09) auszutauschen. 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. Alternativ zum Bodenaustausch kann eine 10 cm mächtige Magerbetonschicht hergestellt werden. Das Rohrauf-lager ist nachzuverdichten. Die Ausbildung (Auflagerwinkel) ist entsprechend den Anforderungen des Rohrtyps zu wählen. Die Verlegehinweise und Richtlinien, insbesondere die statische Berechnung des Rohrherstellers sind zu beachten.

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:



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

bzw.

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

$c \geq 100 \text{ mm}$ über Verbin-
dung

bzw.

$c \geq 150 \text{ mm}$ 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 Maßnahmen vorgesehen werden, um die dränierende Wirkung des Rohraufagers, der Leitungszone und der Kanalgrabenverfüllung zu unterbinden.

In solchen Bereichen sind Sperrriegel 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.

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

4.5 Wiedereinbaubarkeit von Aushubböden

Die gewonnenen Erdstoffe der Bodengruppen TL und TM können erfahrungsgemäß nur **bei geeignetem Wassergehalt** (erdfeuchter Zustand) prinzipiell bis $\approx 0,50$ m unter Planum entsprechend den Verdichtungsanforderungen der ZTV E-StB 09 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. Schafffußwalze, abschließende Übergänge mit Glattmantelwalze).

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

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

Hinweis

Die Angaben beziehen sich ausschließlich auf die bodenmechanischen Eigenschaften der Aushubböden. Um Aufschluss über die Verwertungsmöglichkeiten geben zu können, wurde eine orientierende Deklarationsanalyse nach LAGA Tab.II.1.2-4/5 ausgeführt (siehe Kapitel 8).

5 Gebäudeabdichtung

Hochwertig genutzte, in das Erdreich einbindende Gebäudeteile (z. B. Kellerräume) müssen dauerhaft gegen Feuchtigkeit aus dem Erdreich geschützt sein. Die Anforderungen an die Abdichtung richten sich nach der Feuchtebelastung. Mit der im August 2000 veröffentlichten Fassung der DIN 18195 ist eine Einstufung der Lastfälle der Feuchtebelastung erfolgt. Unterschieden wird zwischen Bodenfeuchtigkeit, nichtstauendem Sickerwasser, vorübergehend aufstauendem Sickerwasser und drückendem Wasser. Mit Bodenfeuchte ist jedoch immer zu rechnen.

Der Ansatz des Lastfalls „Bodenfeuchte“ setzt nach DIN 18195, Teil 4 eine sehr gute Durchlässigkeit ($k_f > 10^{-4}$ m/s) des anstehenden Bodens und der Arbeitsraumverfüllung voraus.

Bei den in die feinkörnigen Böden ($k_f < 10^{-4}$ m/s) einbindenden Gebäudeteilen besteht die Gefahr des sog. „Badewanneneffekts“, d. h., versickerndes Niederschlagswasser staut sich im verfüllten Arbeitsraum ein und kann nicht abfließen. In derartigen Fällen sind im Regelfall Abdichtungen nach DIN 18195, Teil 6 erforderlich.

Wird ein Aufstauen von Sickerwasser im verfüllten Arbeitsraum durch eine Dränung nach DIN 4095, deren Funktionsfähigkeit auf Dauer sichergestellt ist, verhindert, können Sohle und Außenwände des Erdgeschosses auch in Böden mit $k_f \leq 10^{-4}$ m/s nach DIN 18195, Teil 4 unter Beachtung der nachfolgenden Hinweise abgedichtet werden:

Die Abdichtung muss planmäßig bis 30 cm über Gelände hochgeführt werden, um ausreichende Anpassungsmöglichkeiten der Geländeoberfläche sicherzustellen. Im Endzustand darf dieser Wert das Maß von 15 cm nicht unterschreiten. Ist dies im Einzelfall nicht möglich (z. B. Hauseingänge), sind dort besondere Maßnahmen gegen das Eindringen von Wasser oder das Hinterlaufen der Abdichtung einzuplanen.

Zur Vermeidung von Gebäudeschäden infolge von Durchfeuchtung bzw. Vernässung sind darüber hinaus bei allen Gebäudeteilen die üblichen Abdichtungsmaßnahmen gemäß DIN 18195, Teil 4 zu beachten (Schutz von Außen- und Innenwänden gegen aufsteigende Feuchtigkeit durch mindestens eine waagerechte Abdichtung (Querschnittsabdichtung) u.a.m.).

Die Bodenplatte ist grundsätzlich gegen aufsteigende Feuchtigkeit nach DIN 18195, Teil 4, Abs. 7.4 abzudichten. Als Untergrund für die Abdichtungen ist eine Betonschicht oder ein gleichwertiger standfester Untergrund erforderlich. Die fertig gestellten Abdichtungen sind vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, z. B. durch Schutzschichten nach DIN 18195, Teil 10.

Für die Dränanlage unter Bodenplatten ist die DIN 4095 zu beachten. Gemäß DIN 4095 ist bei Flächen über 200 m² ein Flächendrän zu planen, der über Drainageleitungen entwässert wird. Bei Flächen bis 200 m² darf eine Flächendrängeschicht ohne Dränleitungen zur Ausführung kommen, wenn die Entwässerung sichergestellt ist, z. B. durch Durchbrüche in den Streifenfundamenten bzw. Betonschürzen.

Die Flächendränge vor Wänden, die in das Erdreich einbinden (z. B. Dränplatten aus bituminös verklebten Polystyrolkugeln oder Dränmatten aus Kunststoff-Noppenbahnen) und die Ringdränge am Fundament sind in entsprechender Qualität auszuführen. Dazu gehören auch: Sicherstellung einer funktionsfähigen Vorflut, Herstellung von Kontrollschächten in ausreichender Zahl und jährliche Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Dränung.

Zur Ableitung kapillar aufsteigender Wässer ist unter der Bodenplatte eine kapillARBrechende Schicht vorzusehen (z. B. ≥ 15 cm Kies/Schotter 8/16 DIN EN 12620).

Zwischen anstehendem Untergrund und Kapillarschicht ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 anzuordnen.

Wichtiger Hinweis

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

Als Gegenmaßnahme ist das Herstellen einer Abdichtung im Sohlbereich des Arbeitsraums, d. h. unter der umlaufenden Dränge, mittels einer 5 bis 10 cm dünnen Magerbetonschicht zu empfehlen (s. Abb. 2).

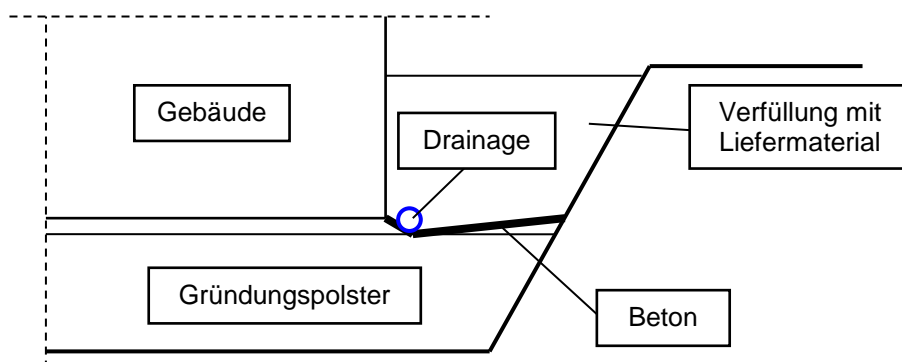


Abb. 2: Systemschnitt

6 Versickerungseignung der anstehenden Böden

6.1 Allgemeines

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 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

Bindige Böden (Schichtglied SG I):

Die tonig-schluffigen Lößlehme, deren Verbreitung im Gebiet als flächig angenommen werden kann, sind generell durch geringe Durchlässigkeiten und geringe Wasserleitfähigkeiten, die gegenüber dem Ausgangssubstrat Löß durch Verwitterung reduziert sind, gekennzeichnet. Nach unseren Erfahrungen an vergleichbaren Böden liegen die Durchlässigkeiten von Lößlehm im Bereich $k_f < 10^{-7}$ m/s.

Die Durchlässigkeiten eines unverwitterten Löß sind aufgrund des geringeren Tonanteils und höherer Porenanzahl mit $k_f < 10^{-6}$ m/s anzusetzen. Sie besitzen ein ausgesprochen gutes Speichervermögen und eine hohe nutzbare Feldkapazität. Bei den Kleinrammbohrungen im Projektgebiet konnte jedoch kein unverwitterter Löß mehr aufgeschlossen werden.

Zur näherungsweise Ermittlung der charakteristischen Durchlässigkeit der anstehenden tonigen, sandigen Schluffe des Schichtglieds SG I im Bereich der geplanten Versickerungsanlage (Kleinrammbohrung RB 4) bzw. dem Alternativstandort (Kleinrammbohrung RB 5) wurde je ein Versickerungsversuch (Auffüllversuch im verrohrten Bohrloch) in einer Tiefe von 1,00 m uGOK ausgeführt.

Zudem wurde für die Bestimmung der oberflächennahen Versickerungseigenschaften (ca. 0,50 m uGOK) von beiden Standorten jeweils eine ungestörte Bodenprobe mittels Ausstechzylinder entnommen und an diesen Proben die Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130 im bodenmechanischen Labor bestimmt. Ergänzend wurden zur Beurteilung der Versickerungseignung im bodenmechanischen Labor die Körnungslinien nach DIN 18123 mittels kombinierter Sieb-/Schlamm-analyse an zwei charakteristischen Bodenproben bestimmt.

6.2 Ermittlung der Durchlässigkeiten nach DIN 18130

Zur ersten Beurteilung der Versickerungseignung können die Durchlässigkeiten der nach DIN 18130 berechneten Durchlässigkeiten aus den untersuchten Bodenproben herangezogen werden (vgl. Anlage 6).

Tabelle 4: Ergebnis der k_f -Wert-Bestimmung nach DIN 18130

Probe	Tiefe [m uGok]	Luftporengehalt [%]	Bodenart DIN 4022	Bodengruppe DIN 18196	Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach DIN 18130 [m/s]
SZ 1 bei RB 4	ca. 0,50 – 0,62	7,7	U, t, fs*	TL	$5,5 \cdot 10^{-8}$
SZ 2 bei RB 5	ca. 0,50 – 0,62	12,6	U, t, s'	TL	$1,3 \cdot 10^{-6}$

Die errechneten k_f -Werte entsprechen nach DIN 18130 einem schwach durchlässigen Boden.

Die höhere Durchlässigkeit bei der Probe SZ 2 im Bereich der Kleinrammbohrung RB 5 (Alternativstandort) ist u.a. auf den wesentlich höheren Luftporengehalt zurückzuführen.

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

Die Bestimmung der k_f -Werte erfolgte ergänzend 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 zwei Bodenproben die Korngrößenverteilungen mittels kombinierter Sieb-/Schlamm-analyse 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 5: Gültigkeitsgrenzen

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

Tabelle 6: Ergebnisse der k_f -Wert-Bestimmung anhand der Korngrößenverteilung

Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m uGOK]	Berechnungs- methode	k_f - Wert [m/s]	Bemessungs- k_f ^{*)} [m/s]	Bodengruppe (DIN 18196)
RB 4 / P 4	1,10 – 3,00	MALLET/PAQUANT	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$2,4 \cdot 10^{-10}$	TL
RB 5 / P 4	1,10 – 3,00	MALLET/PAQUANT	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$2,6 \cdot 10^{-10}$	TL

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

Die untersuchten anstehenden feinkörnigen Lockergesteinsböden (tonige Schluffe) der Bodengruppe TL sind auf Grundlage der Bestimmung der Durchlässigkeit durch Sieblinienauswertung nach MALLET/PAQUANT nach DIN 18130 als „sehr schwach durchlässig“ zu klassifizieren.

6.4 Versickerungsversuche im Feld

Die Ergebnisse der in den verrohrten Bohrlöchern bei 1,00 m Tiefe uGOK ausgeführten Auffüllversuche sind der Anlage 7 zu entnehmen.

Aus den ermittelten Daten lassen sich nachfolgende geohydraulische Kennwerte ableiten:

Tabelle 7: Ergebnisse der k_f -Wert-Bestimmung durch Auffüllversuche

Proben-Nr.	Tiefenlage [m uGOK]	k_f - Wert [m/s]	Bemessungs- k_f ^{*)} [m/s]	Bodengruppe (DIN 18196)
VS 1 bei RB 4	1,00	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$5,2 \cdot 10^{-7}$	TL
VS 2 bei RB 5	1,00	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$	TL

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

Die untersuchten anstehenden feinkörnigen Lockergesteinsböden (tonige Schluffe) der Boden-
gruppe TL sind auf Grundlage der Bestimmung der Durchlässigkeit mittels Auffüllversuchen im
verrohrten Bohrloch nach DIN 18130 als „schwach durchlässig“ zu klassifizieren.

6.5 Bewertung nach dem „Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung“

Nach dem „Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung“ des Landesamtes für
Wasserwirtschaft, Rheinland-Pfalz, Mai 1998, erfolgt eine Bewertung zur Versickerung geeigneter
Flächen anhand folgender Merkmalskomplexe:

- Begrenzung des versickerungsfähigen Volumens (V)
- Bodenarten (B)
- Biotische Merkmale (WB)
- Gefügemerkmale (A)
- Zusatzmerkmale (Z)

Dabei werden zur Bewertung der Flächen aus den Merkmalskomplexen Kennziffern (1-3) abge-
leitet. Die Kennziffern bedeuten:

- 1 – geeignet
- 2 – bedingt geeignet
- 3 – ungeeignet

Für die Versickerungseignung von Standorten ist zunächst der Merkmalskomplex V, also die Be-
grenzung des versickerungsfähigen Volumens maßgebend. Abhängig von diesem Entschei-
dungskriterium erfolgt die weitere Einstufung und Klassifizierung nach den weiteren Merkmals-
komplexen.

Die anstehenden bindigen Böden (Lößlehm) sind gemäß dem „Leitfaden Flächenhafte Nieder-
schlagsversickerung“ als zur Versickerung ungeeignet einzustufen.

Durch Melioration oder Sanierung kann unter bestimmten Bedingungen die Versickerungsleistung
von als „ungeeignet“ eingestuften Böden erhöht werden, so dass sie dann als „geeignet“ einge-
stuft werden können.

Zur Sanierung/Melioration stehen folgende Maßnahmen zur Verfügung:

- Bodenaustausch
- Auflockerung
- Beimengung

Die anstehenden bindigen Böden (Lößlehme) sind aufgrund ihrer ausgesprochenen Verschläm-
mungsneigung der Gruppe X3 zuzuordnen. Eine Auflockerung ist daher als nicht sinnvoll einzu-
stufen.

Eine Erhöhung der Durchlässigkeit durch Bodenaustausch ist möglich. Im Bereich der Versickerungseinrichtung wird ein neuer Bodenkörper eingebracht, dessen Eigenschaften zur Versickerung geeignet sind. Hierzu sollte ein schwach schluffiger bis schluffiger Sand verwendet werden. Es ist sicherzustellen, dass der Austauschboden dem Zuordnungswert Z0 nach LAGA TR 20 genügt.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Versickerungsfähigkeit stellt ein Untermischen von Kalk, Stroh und/oder Grobstoffkomposten dar.

6.6 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 feinkörnigen Lockergesteinsböden (tonige, sandige Schluffe) der Bodengruppe TL für eine Versickerung nach diesem Regelwerk **nicht geeignet**.

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

Bei derzeitigem Kenntnisstand unterschreiten die aus den Versickerungsversuchen errechneten Durchlässigkeiten für die flächig verbreiteten Lößlehme überwiegend dieses Kriterium. Die Versickerungsversuche sind insoweit hinsichtlich der lateralen und vertikalen Wasserleitfähigkeit als repräsentativ anzusehen.

Bei einer dauerhaften Versickerung ist erfahrungsgemäß von einer weiteren Abnahme der Durchlässigkeit aufgrund der Wasserempfindlichkeit der Lößlehme auszugehen, sodass die zu erwartenden Werte erfahrungsgemäß um etwa eine Zehnerpotenz niedriger liegen werden und die Anforderungen langfristig nicht ausreichend erfüllt sind. Die aus den Körnungslinien errechneten Werte nach MALLETT/PAQUANT bestätigen diesen Trend.

Bei Aufsättigung der Lehme ist mit einem tiefgründigen Aufweichen der Lößlehme und Verschlechterung des Baugrundes bei den ohnehin schon nur mäßigen Tragfähigkeiten des Lößlehms im näheren Umfeld zu rechnen, sodass je nach Entfernung der Versickerungsanlage zur Bebauung oberflächliche Frostschäden, Tragfähigkeitseinbußen und Setzungsschäden an Bauwerken nicht auszuschließen sind.

Gemäß dem „Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung“ ist die untersuchte Fläche als ungeeignet für Versickerungszwecke zu bewerten. Eine Durchlässigkeitserhöhung durch eine Bodenauflockerung ist nicht zielführend, weil die vorliegenden Böden aufgrund ihrer Verschlammungsneigung hierfür als ungeeignet (Dauerhaftigkeit) erachtet werden müssen.

Eine Sanierung/Melioration durch Bodenaustausch oder Beimischen von Kalk, Stroh und/oder Grobstoffkomposten im Bereich der Versickerungsanlage ist grundsätzlich möglich, jedoch technisch aufwendig und kostenintensiv.

Wie bereits dargelegt, sind die anstehenden Böden nach den geltenden Vorschriften für eine Versickerung ungeeignet. Sollte trotzdem eine Versickerung des Oberflächenwassers vorgesehen werden, ist das Versickerungsbecken entsprechend groß zu dimensionieren und die Einstautiefe ist möglichst groß zu wählen, so dass ein möglichst großes Rückhaltevolumen zur Verfügung steht. Es kann dann zusätzlich eine Verdunstungsrate berücksichtigt werden. 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.

Sollte ein Versickerungsbecken errichtet werden, ist dies durch weiterführende Berechnungen zu dimensionieren. Es ist auf einen ausreichenden Abstand der Versickerungsanlage zur Bebauung und der Verkehrswege zu achten.

6.7 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 Grundstückspartellen geschaffen werden.

Diese können dann als Regenspeicher zur Brauchwassernutzung sowie zur Regenrückhaltung genutzt werden (siehe Abb. 3)

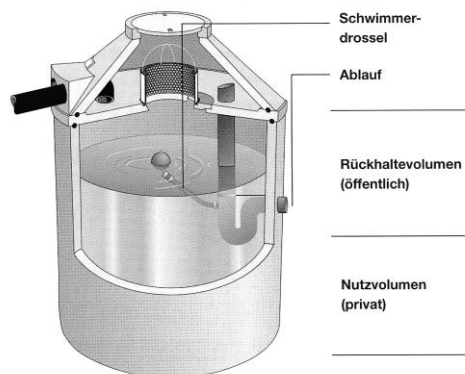


Abb. 3: Beispiel einer Regenwasserretention

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 Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen

7.1 Erdplanum

Im Bereich des Erdplanums sind überwiegend Böden der Bodenklasse 4 nach DIN 18300 zu bearbeiten. Basierend auf Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden muss davon ausgegangen werden, dass die anstehenden bindigen Böden (Bodengruppen **TL und TM**) die Tragfähigkeitsanforderung $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ selbst bei optimalen Wassergehalten (erdfeuchter Zustand, mindestens steife Konsistenz) und ordnungsgemäßer Verdichtung nicht bzw. nicht dauerhaft erfüllen. Vielmehr sind auch bei optimalen Witterungsbedingungen und fachgerechter Bauausführung lediglich erzielbare Tragfähigkeiten in der Größenordnung $E_{v2} \approx 20 \text{ MN/m}^2$ (- 30 MN/m²) zu erwarten.

Zur Herstellung eines den Anforderungen der RStO 12 genügenden Erdplanums sollte aus diesem Grund 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 $E_{v2} \approx 20 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden, so ist basierend auf Erfahrungswerten und Literaturangaben (z. B. FLOSS-Kommentar zur ZTVE) von einer erforderlichen Austauschmächtigkeit von **ca. 30-40 cm** zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auszugehen. Der Bodenaustausch ist durch ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 (Trennvlies mit $\geq 150 \text{ g/m}^2$) vom anstehenden Untergrund zu trennen, oder die Filterstabilität des Austauschmaterials gegenüber dem anstehenden Erdreich ist nachzuweisen.

Alternativ zum Bodenaustausch ist zur Herstellung eines den Anforderungen der ZTV E-StB 09 genügenden Erdplanums auch eine Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln möglich. Dabei ist von einer erforderlichen **Einfrästiefe von 40 cm** auszugehen. Die Bindemittelart und Bindemittelzusammensetzung (Verhältnis Kalk/Zement) sowie die in Abhängigkeit vom Wassergehalt der zu verbessernden Böden erforderliche Zugabemenge sind im Rahmen einer im Vorfeld der Baumaßnahmen durchzuführenden **Eignungsprüfung** festzulegen!

Wir empfehlen grundsätzlich, die auf dem anstehenden, bauseits nachzuverdichtenden Erdplanum vorhandenen Tragfähigkeiten mittels statischer Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 zu überprüfen, um erforderliche Austausch- oder Bodenverbesserungsmaßnahmen im Einzelfall benennen und wirtschaftlich dimensionieren zu können.

Das Erdplanum ist generell mit ausreichendem Längs- bzw. Quergefälle entsprechend den Empfehlungen der ZTV E-StB 09 herzustellen, und es ist auf eine ausreichende Drainage- bzw. Entwässerungsmöglichkeit zu achten.

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 (z. B. Schwerverkehr) sind bei der Bemessung zu berücksichtigen.

Für die Verkehrsflächen im untersuchten Bereich des Neubaugebiets schlagen wir die Einstufung in die typischen Entwurfssituationen „Wohnstraße“ und „Sammelstraße“ nach RAST und somit in die Straßenkategorien Erschließungsstraßen ES V und ES IV vor. Ausgehend von diesen Straßenkategorien sind die Belastungsklassen Bk0,3 bis Bk3,2 zugehörig. Wir empfehlen eine Einstufung in die Belastungsklasse Bk1,0.

Als **Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus** schlagen wir bei Einstufung in die **Belastungsklasse Bk1,0** entsprechend Tabelle 2 der RStO 12 (Wohn- und Sammelstraße) für die basierend auf den punktuellen Aufschlussergebnissen der Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 3 anstehenden F3-Böden sowie aufgrund der Lage des Projektgebiets in der Frosteinwirkungszone I, in Verbindung mit Tabelle 6 der RStO 12 vor:

Belastungsklasse Bk1,0: 60 cm

Gemäß den standardisierten Ausbauvarianten für Bauweisen mit Asphaltdecke für Fahrbahnen auf F3-Untergrund/Unterbau ergibt sich gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 1 in Verbindung mit RStO 12, Tabelle 8 beispielsweise folgender Regelaufbau für die **Belastungsklasse Bk1,0** auf F3-Untergrund:

Belastungsklasse Bk1,0: 60cm

4 cm Asphaltdecke

14 cm Asphalttragschicht

42 cm Frostschuttschicht

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

Erdplanum

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

Bei Ausführung mit Pflasterdecke wird für die **Belastungsklasse Bk1,0** folgender Regelaufbau nach Tafel 3, Zeile 1 der RStO 12 in Verbindung mit Tabelle 8 der RStO 12 empfohlen:

Belastungsklasse Bk1,0: 60cm

8 cm Pflasterdecke

4 cm Bettung

20 cm Schottertragschicht

$E_{V2} \geq 150 \text{ MPa}, E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2 \text{ für } D_{Pr} \geq 103\%$

28 cm Frostschuttschicht

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

Erdplanum

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

Der Verdichtungsgrad sowie die Verformungsmoduln sind zu kontrollieren und nachzuweisen!

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

Sofern auf F3-Böden im Bereich des Erdplanums zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeitsanforderung jedoch ein Bodenaustausch oder eine qualifizierte Bodenverbesserung nach den ZTV E-StB 09 in einer Stärke von ≥ 25 cm ausgeführt wird, wird diese durch Einstufung des Erdplanums in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 berücksichtigt (Kapitel 3.2.1 der RStO 12). Demnach kann die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus der einzelnen Belastungsklassen um jeweils 10 cm reduziert werden. Die Einsparung wird durch Reduktion der Schichtdicke der Frostschutzschicht realisiert, die erforderliche Mindestdicke der Frostschutzschicht zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeit ist jedoch einzuhalten (vgl. Tabelle 8 der RStO 12).

7.3 Gehwege

Sofern im Zuge der Baumaßnahme Gehwege hergestellt werden sollen, beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für Gehwege innerhalb geschlossener Ortschaften 30 cm. Steht im Untergrund ein F2- oder F3-Boden an, so 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 Orientierende abfallrechtliche Voruntersuchung

8.1 Straßenaufbruch/Ausbauasphalt

Im Zuge der Erschließungsarbeiten muss die vorhandene Oberflächenbefestigung in der Bahnhofstraße zum Anschluss an das bestehende Kanalnetz aufgebrochen werden.

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz fordert eine möglichst hochwertige, umweltverträgliche Verwertung von Ausbauasphalt bzw. Straßenaufbruch. Die Verwertungsmöglichkeiten von teerhaltigem Straßenaufbruch sind in den Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01) beschrieben. Auf Länderebene sind diese Regelungen im „Leitfaden für die Behandlung von Ausbauasphalt und Straßenaufbruch mit teer-/pechtypischen Bestandteilen“ („Teer-Richtlinie“) für Rheinland-Pfalz formuliert.

Hierin wird grundsätzlich zwischen zwei Verwertungsklassen unterschieden, wobei als Grenzwert ein PAK-Gehalt von 30 mg/kg TS festgelegt wurde:

- **< 30 mg/kg TS Verwertungsklasse A** (Wiederverwendung im Heißmischverfahren)
- **≥ 30 mg/kg TS Verwertungsklasse B** (Wiederverwendung im Kaltmischverfahren mit hydraulischem Bindemittel)

Zur Prüfung der Verwertungsmöglichkeiten des im Rahmen der Erschließung anfallenden Straßenaufbruchs wurden abfalltechnische Untersuchungen nach den folgenden Regelwerken / Richtlinien durchgeführt:

- [1] LUWG RLP: Handbuch Entsorgungsplanung für den kommunalen Tief und Straßenbau.
- [2] Landesbetrieb Straßen und Verkehr Rheinland-Pfalz: Leitfaden für die Behandlung von Ausbauasphalt und Straßenaufbruch mit teer-/pechtypischen Bestandteilen.
- [3] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung M32, Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfall.
- [4] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung M20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln.

Zur abfallrechtlichen Beurteilung wurde der Straßenaufbruch aus dem Anschlussbereich der Bahnhofstraße (Bohrkern BK 1) auf den Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK nach EPA) durch die SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein analysiert. Der Prüfbericht Nr. 2802248 vom 15.01.2016 ist als Anlage 8 beigefügt.

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

Tabelle 8: Untersuchungsergebnisse und orientierende Einstufung Schwarzdecke

Beschreibung	BK 1
Entnahmestelle	BK 1
Probenart	Straßenaufbruch
Beurteilung	
PAK [mg/kg]	4787,2
Benzo(a)pyren [mg/kg]	190
AVV	17 03 01* (teerhaltig)
Teerrichtlinie RLP	Verwertungsklasse B

Bewertung:

Aufgrund des gemessenen PAK-Gehaltes von **4787,2 mg/kg** ist der Straßenaufbruch im Anschlussbereich der Bahnhofstraße als teerhaltig (Grenzwert: 30 mg/kg) einzustufen und unter der Abfallschlüsselnummer 17 03 01* als gefährlicher Abfall zu entsorgen. Die Entsorgung erfolgt über einen Entsorgungsnachweis im Begleitscheinverfahren.

PAK ist die Abkürzung für „Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe“. Bisher sind mehrere hundert Einzelverbindungen nachgewiesen worden. Da von der amerikanischen Umweltbehörde EPA 16 Einzelkomponenten mit unterschiedlicher chemischer Struktur als repräsentativer Standard festgelegt wurden, werden diese auch nur untersucht.

Die Leitkomponente der PAK ist das Benzo(a)pyren, das aufgrund seines Gefährdungspotentials als krebserzeugend der Kategorie K2 eingestuft ist. Materialien oder Produkte mit einem Gehalt an Benzo(a)pyren von > 50 mg/kg sind entsprechend dem derzeit gültigen Gefahrstoffrecht als krebserzeugend einzustufen.

Für die Schwarzdeckenprobe BK 1 wurde eine Konzentration von Benzo(a)pyren von 190 mg/kg ermittelt. Damit liegt die ermittelte Konzentration deutlich oberhalb des Auslösewertes von 50 mg/kg. Daher sind bei den erforderlichen Ausbauarbeiten in den betroffenen Bereichen Arbeitsschutzmaßnahmen für Arbeiten in kontaminierten Bereichen nach BGR 128, TRGS 905 und TRGS 551 (Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material) zu ergreifen.

Grundsätzlich sind dann bei den Rückbauarbeiten nachfolgend genannte Schutzmaßnahmen / Rahmenbedingungen zu beachten:

Allgemein

- Der Rückbau hat grundsätzlich möglichst staubarm zu erfolgen.
- Die Bauausführung muss von einem Koordinator gemäß BGR 128 dauerhaft begleitet werden.

Organisatorische Schutzmaßnahmen

- Arbeitsbereiche abgrenzen und kennzeichnen
- Erstellung einer Betriebsanweisung
- Unterweisung der Beschäftigten
- Begrenzung der Anzahl der Beschäftigten durch organisatorische Schutzmaßnahmen (Arbeiten vorziehen, sodass keine anderen Unternehmer in diesem Bereich tätig sind)
- Rauch-/Schnupfverbot am Arbeitsplatz
- Waschmöglichkeit vorsehen
- Da der Einsatz von Atemschutz zu empfehlen ist, und da bei den Arbeiten mit belasteten Stäuben zu rechnen ist, wird es als erforderlich angesehen, die Arbeitnehmer entsprechend der arbeitsmedizinischen Voruntersuchung nach den berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen G 1.1 und G 26 zu untersuchen.

Technische Schutzmaßnahmen

- Staubbildung durch Wasser minimieren (Berieselung bei Abstemmarbeiten)
- Zum Absaugen von PAK-belasteten Stäuben baumustergeprüfte Industriestaubsauger der Verwendungskategorie C verwenden
- Einrichten eines Schwarz-Weiß-Bereiches mit getrennter Aufbewahrung der Straßenkleidung, Verzeehr-, Trink-, Rauch- und Schnupfverbot im Schwarzbereich, etc.

Persönliche Schutzmaßnahmen

- Atemschutz:
Empfohlen wird mindestens eine partikelfiltrierende Halbmaske FFP2 bzw. Halbmaske mit P2-Filter oder Filtergerät mit Gebläse TM 1P.
- Schutzhandschuhe:
z.B. nitrilbeschichtete Baumwollhandschuhe
- Empfohlen wird ein atmungsaktiver Schutzanzug Typ 5
- Schutzbrille
- Einwegschutzüberziehhüllen beim Betreten des Arbeitsbereichs verwenden

Entsorgung

Der Abfall ist als gefährlicher Abfall unter der Abfallschlüsselnummer 17 03 01* zu entsorgen.

Folgende Vorschriften sind u.a. zu beachten:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt“
- TRGS 524 „Sanierung und Arbeiten in kontaminierten Bereichen“

Anmerkung:

Aufgrund der hohen PAK-Konzentration des Bohrkerns BK 1 kann nicht ausgeschlossen werden, dass teerstämmige Bestandteile aus dem Oberbau in das Erdreich unterhalb der Schwarzdecke verlagert wurden. Wir weisen darauf hin, dass nach [4] bei teerhaltigem gebundenem Oberbau die oberen 10 cm des ungebundenen Oberbaus mit aufzunehmen und zu entsorgen sind.

8.2 Aushub

Zur orientierenden Überprüfung der Verwertungsmöglichkeiten des anfallenden Aushubs wurde von der SGS Institut Fresenius GmbH, Taunusstein an einer repräsentativen Mischprobe des aufgeschlossenen Erdreichs eine chemische Schadstoffuntersuchung nach LAGA (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) durchgeführt.

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

Tabelle 9: Untersuchungsergebnis und orientierende Einstufung Boden

Beschreibung	MP1
Probenart	Boden (Lehm)
Entnahme durch	ICP
Entnahmedatum	07.01.2016
Entnahmestelle	RB 1 / P 2 – P 4 RB 2 / P 2 – P 4 RB 3 / P 2 – P 4
Entnahmetiefe [m]	RB 1: 0,40 – 4,00 m RB 2: 0,40 – 4,20 m RB 3: 0,50 – 3,00 m
Befund	--
Beurteilung	
LAGA	Z0
AVV	17 05 04

Der Prüfbericht Nr. 2802248 vom 15.01.2016 ist als Anlage 8 beigelegt.

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

9 Radonpotential

Die Untersuchungsfläche liegt nach der Radonprognosekarte, herausgegeben vom Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, im südlichen Bereich in einem Gebiet mit lokal hohem Radonpotential ($> 100 \text{ kBq/m}^3$). In diesem Bereich mit intensiver Bruchtektonik ist ein erhöhtes bis hohes Radonpotential bekannt bzw. kann nicht ausgeschlossen werden. Das Neubaugebiet im nördlichen Bereich liegt in einem Gebiet mit erhöhtem Radonpotential (40 bis 100 kBq/m^3) mit lokal hohem ($> 100 \text{ kBq/m}^3$) Radonpotential, bei dem erhöhtes und lokal über einzelnen Gesteinshorizonten hohes Radonpotential ermittelt wurde.

Radonmessungen in der Bodenluft des Bauplatzes oder Baugebietes werden dringend empfohlen. Die Ergebnisse sollten Grundlage für die Bauplaner und Bauherren sein, sich ggf. für bauliche Vorsorgemaßnahmen zu entscheiden.

(Anmerkung: der Begriff „lokal“ bedeutet hierbei, dass ein erhöhtes bis hohes Radonpotenzial meist eng an geologisch-tektonische Einheiten gebunden ist. Solche Bereiche besitzen deshalb eine sehr begrenzte Ausdehnung.).

Empfehlungen des Landesamts für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz für die Regional- und Bauleitplanung bzw. Bauausführung:

Effiziente und preiswerte Maßnahmen zum Schutz gegen Radon lassen sich am besten beim Bau eines Gebäudes verwirklichen. Nachträgliche Sanierungsmaßnahmen sind in der Regel wesentlich teurer und weniger wirksam. Frühzeitige Kenntnisse über die räumliche Verteilung der Radonkonzentration und Gasdurchlässigkeit des Baugrundes können mit dazu beitragen, dass Neubauten nicht in unangepasster Bauweise errichtet werden. Deshalb wird bereits bei der Planung von Wohnbaugebieten grundsätzlich eine orientierende Radonmessung empfohlen.

Studien des Landesamtes für Geologie und Bergbau haben ergeben, dass für Messungen im Gestein/Boden unbedingt Langzeitmessungen (ca. 3-4 Wochen) notwendig sind. Kurzzeitmessungen sind hierbei nicht geeignet, da die Menge des aus dem Boden entweichenden Radons in kurzen Zeiträumen sehr stark schwankt. Dafür sind insbesondere Witterungseinflüsse wie Luftdruck, Windstärke, Niederschläge oder Temperatur verantwortlich. Nur so können aussagefähige Messergebnisse erzielt werden.

Die bisher gemessenen Radonkonzentrationen in der Bodenluft lassen den Schluss zu, dass bei geeigneter Bauausführung praktisch überall in Rheinland-Pfalz Gebäude errichtet werden können, die bei angepasster Bauweise den notwendigen Schutz vor Radon bieten.

*Bei der Ausweisung von Wohnsiedlungsgebieten – sei es auf Ebene der Regional- oder der Bauleitplanung – sollten diese geologischen Informationen berücksichtigt werden. **So sollten bei der Planung von Neubaugebieten in den Bereichen mit einem möglicherweise erhöhten Radonpotenzial im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung in jedem Fall Untersuchungen der Radonkonzentration in der Bodenluft durchgeführt werden.***

Die erzielten Messergebnisse sollten an das Landesamt für Geologie und Bergbau übermittelt werden, damit sie in die Weiterentwicklung der Radonprognosekarte des Landes einfließen können.

Wirkungsvolle Vorsorgemaßnahmen bedeuten bei Neubauten in den meisten Fällen keine wesentlichen zusätzlichen Kosten. Entsprechend der Ausgangslage ist es zweckmäßig, die Radonprävention mit unterschiedlichem Aufwand zu betreiben.

10 Schlussbemerkung

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

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

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

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

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

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH



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

gez.
Oliver Semmelsberger
(Dipl.-Ing.(FH))

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 1 / Blatt: 1	Höhe: 160,07 m ü NN Datum: 07.01.2016
--------------------------------	--

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, sandig			DN 80; feucht					bp3
b)									
c) weich - steif	d) leicht bis mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun							
f) Oberboden	g)	h) OU	i)						
0.40	a) Schluff, tonig, sandig, kiesig, k4			DN 80; feucht		bp3	P1	0.40	
b)									
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun							
f)	g)	h) TL	i) ++						
0.70	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, k4			DN 80; feucht		bp3	P2	0.70	
b)									
c) weich - steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun							
f)	g)	h) TL	i) ++						
1.20	a) Schluff, tonig, feinsandig, k4			bis 1,00 m DN 80, ab 1,00 m DN 60; feucht		bp3	P3	1.20	
b)									
c) halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun							
f)	g)	h) TL	i) ++						
4.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, k4			bis 3,00 m DN 80, ab 3,00 m DN 50; feucht		bp3	P4	4.00	
b)									
c) steif - halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun							
f)	g)	h) TM	i) ++						

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 1 / Blatt: 2	Höhe: 160,07 m ü NN Datum: 07.01.2016
--------------------------------	--

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				
5.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, k4				DN 50; feucht Zieltiefe erreicht kein Wasser	bp3	P5	5.00
b)								
c) steif - halbfest	d) schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TM	i) ++					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 2 / Blatt: 1	Höhe: 160,03 m ü NN	Datum: 07.01.2016
--------------------------------	---------------------	----------------------

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				
0.30	a) Schluff, humos, tonig, sandig				DN 80; feucht	bp3	kP	0.30
b)								
c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.40	a) Schluff, tonig, sandig, k4				DN 80; feucht	bp3	P1	0.40
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
0.60	a) Schluff, tonig, feinsandig, k4				DN 80; feucht	bp3	P2	0.60
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
1.20	a) Schluff, tonig, stark feinsandig, k4				bis 1,00 m DN 80, ab 1,00 m DN 60; feucht	bp3	P3	1.20
b)								
c) halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
4.20	a) Schluff, tonig, feinsandig, k4				bis 3,00 m DN 80, ab 3,00 m DN 50; feucht	bp3	P4	4.20
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 2 / Blatt: 2	Höhe: 160,03 m ü NN Datum: 07.01.2016
--------------------------------	--

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					
5.00	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, k4				DN 50; feucht Zieltiefe erreicht kein Wasser		bp3	P5	5.00
b)									
c) steif - halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun							
f)	g)	h) TM	i) ++						
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					
	a)								
	b)								
	c)	d)	e)						
	f)	g)	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 3 / Blatt: 1	Höhe: 159,46 m ü NN Datum: 07.01.2016
--------------------------------	--

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				
0.30	a) Schluff, humos, tonig, sandig				DN 80; feucht	bp3	kP	0.30
b)								
c) weich - steif	d) leicht bis mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.50	a) Schluff, tonig, schwach sandig, schwach humos, k4				DN 80; feucht	bp3	P1	0.50
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
1.10	a) Schluff, tonig, sandig, k4				bis 1,00 m DN 80, ab 1,00 m DN 60; feucht	bp3	P2	1.10
b)								
c) steif - halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
2.00	a) Schluff, tonig, schwach sandig, k4				DN 60; feucht	bp3	P3	2.00
b)								
c) steif - halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TM	i) ++					
3.00	a) Schluff, tonig, schwach sandig, k4				DN 60; feucht	bp3	P4	3.00
b)								
c) steif - halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TM	i) ++					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 3 / Blatt: 2	Höhe: 159,46 m ü NN Datum: 07.01.2016
--------------------------------	--

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				
5.00	a) Schluff, tonig, schwach sandig, k4				DN 50; feucht Zieltiefe erreicht kein Wasser	bp3	P5	5.00
b)								
c) steif	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TM	i) ++					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

Bohrung RB 4 / Blatt: 1	Höhe: 159,78 m ü NN	Datum: 07.01.2016
--------------------------------	---------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe				i) Kalk- gehalt
0.30	a) Schluff, humos, sandig, schwach kiesig b) c) steif d) mäßig schwer zu bohren e) dunkelbraun f) Oberboden g) h) OU i)			DN 80; feucht	bp3	kP	0.30
0.50	a) Schluff, tonig, sandig, k4, Wurzelreste b) c) steif d) mäßig schwer zu bohren e) dunkelbraun f) g) h) TL i) ++			DN 80; feucht	bp3	P1	0.50
0.70	a) Schluff, tonig, stark feinsandig, k4 b) c) weich - steif d) mäßig schwer zu bohren e) hellbraun f) g) h) TL i) ++			DN 80; feucht	bp3	P2	0.70
1.10	a) Schluff, tonig, stark feinsandig, k4 b) c) steif - halbfest d) mäßig schwer bis schwer zu bohren e) hellbraun f) g) h) TL i) ++			bis 1,00 m DN 80, ab 1,00 m DN 60; feucht	bp3	P3	1.10
3.00	a) Schluff, tonig, schwach sandig, k4 b) c) steif d) mäßig schwer zu bohren e) hellbraun f) g) h) TL i) ++			DN 60; sehr feucht Zieltiefe erreicht zugef. 2,70 m kein Wasser	bp3	P4	3.00

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel.: 06374-80507-0 Fax: 06374-80507-7	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerkerten Proben</p>	Bericht: B15160 Anlage: 1
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim

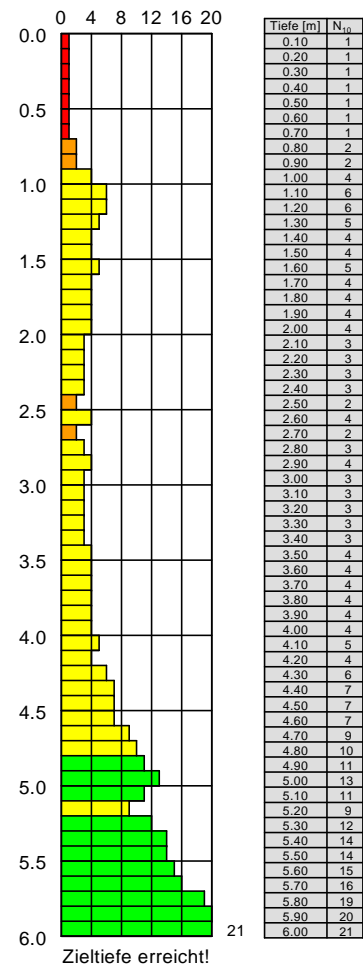
Bohrung RB 5 / Blatt: 1	Höhe: 160,30 m ü NN Datum: 07.01.2016
--------------------------------	--

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				
0.30	a) Schluff, humos, tonig, sandig				DN 80; feucht	bp3	kP	0.30
b)								
c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.70	a) Schluff, tonig, schwach sandig, k4, Wurzelreste				DN 80; feucht	bp3	P1	0.70
b)								
c) weich - steif	d) leicht bis mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
0.90	a) Schluff, tonig, stark sandig, k4				DN 80; trocken	bp3	P2	0.90
b)								
c) halbfest - fest	d) mäßig schwer zu bohren	e) dunkelbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
1.10	a) Schluff, tonig, stark sandig, k4				bis 1,00 m DN 80, ab 1,00 m DN 60; trocken	bp3	P3	1.10
b)								
c) halbfest - fest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) beige - hellbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					
3.00	a) Schluff, tonig, schwach sandig, k4				DN 60; trocken Zieltiefe erreicht kein Wasser	bp3	P4	3.00
b)								
c) steif - halbfest	d) mäßig schwer bis schwer zu bohren	e) hellbraun						
f)	g)	h) TL	i) ++					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

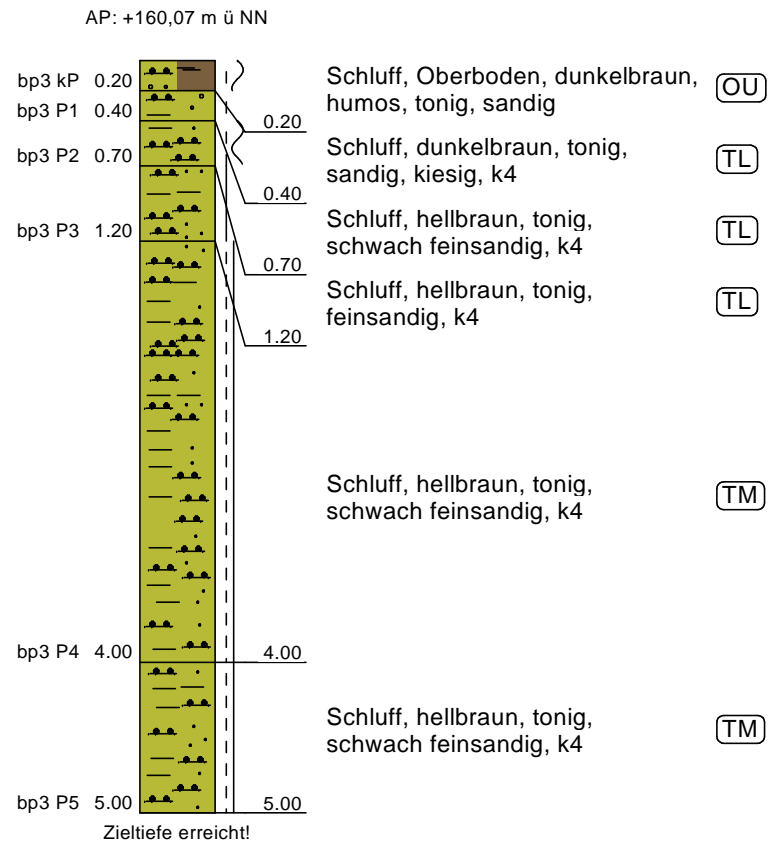
DPH 1

AP: +160,07 m ü NN
Schlagzahlen je 10 cm



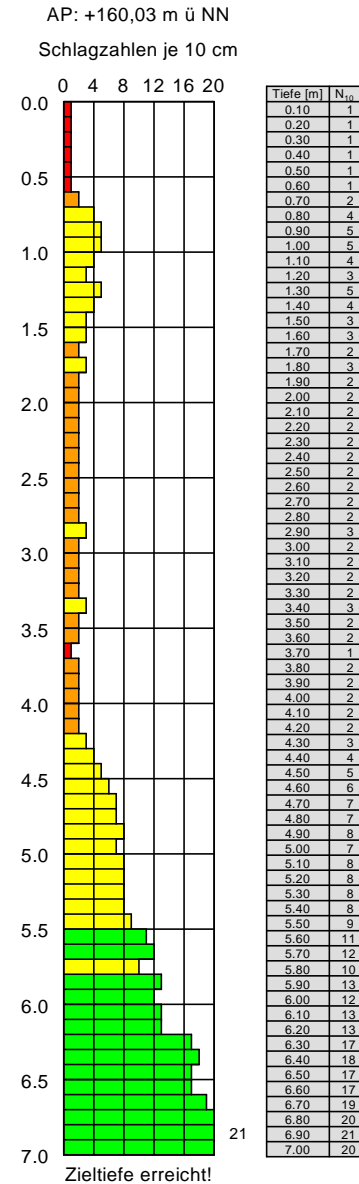
RB 1

AP: +160,07 m ü NN



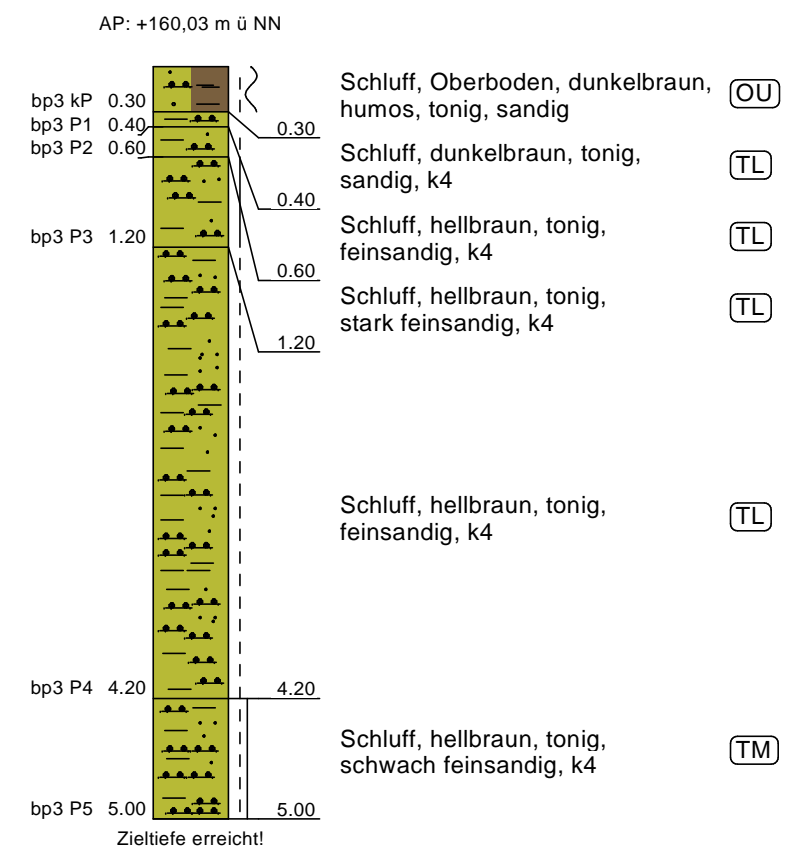
DPH 2

AP: +160,03 m ü NN
Schlagzahlen je 10 cm



RB 2

AP: +160,03 m ü NN



Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (07.01.2016) bis zur jeweiligen Endteufe nicht angetroffen!

Legende

	halbsteif		U (Schluff)
	steif - halbsteif		h (humos)
	steif		
	weich - steif		

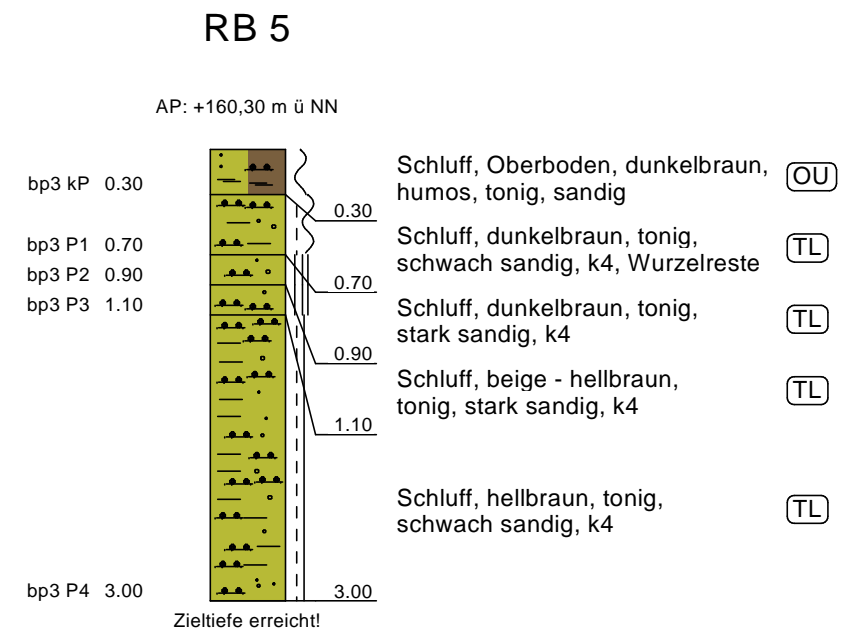
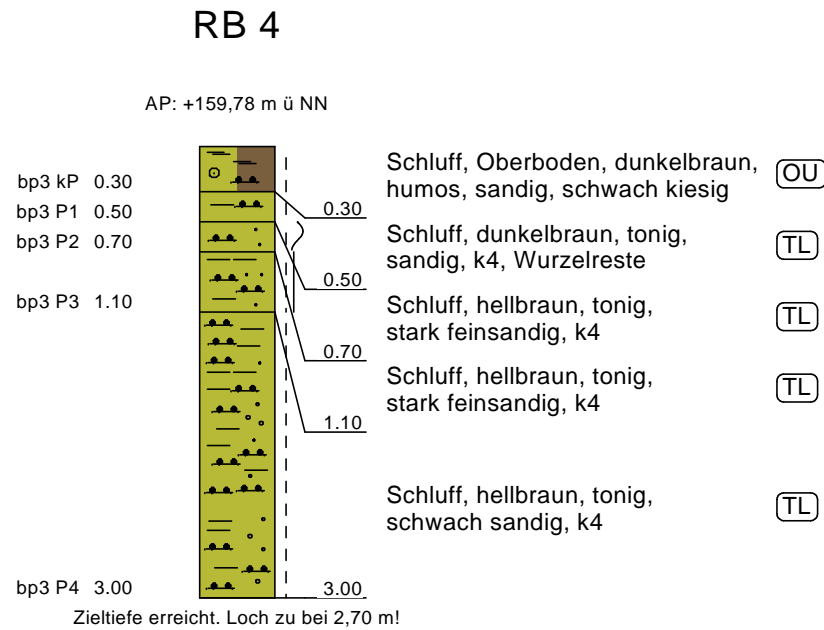
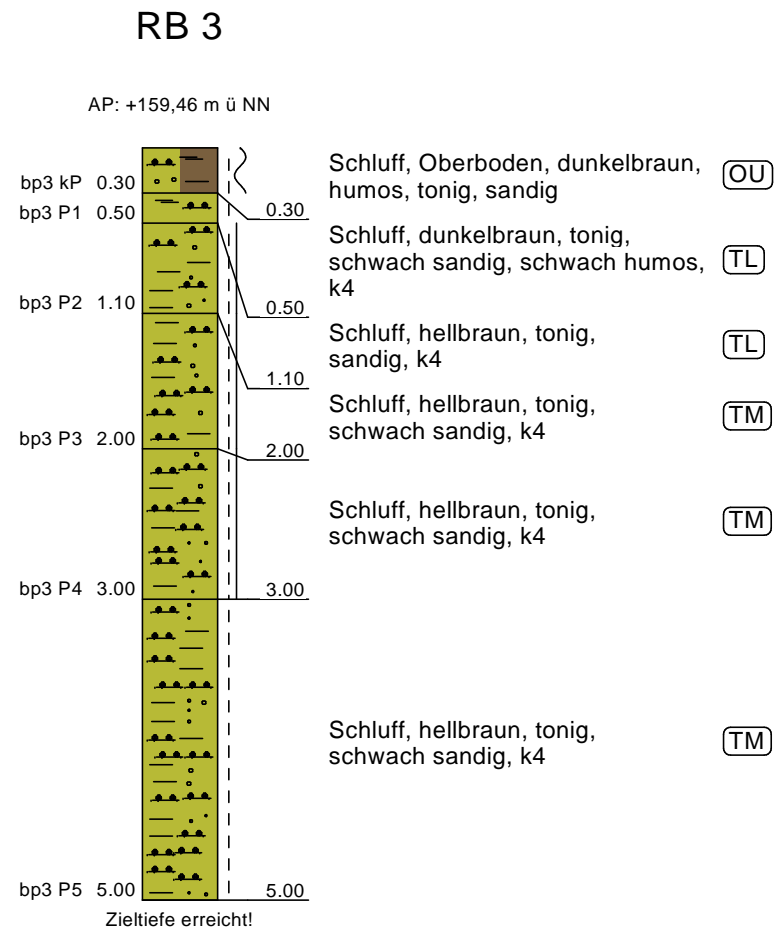
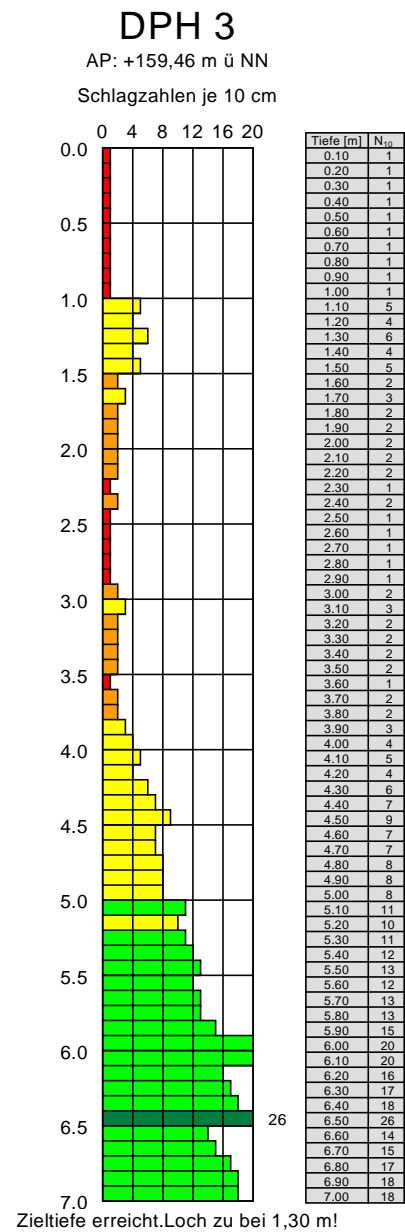
k4 = stark kalkhaltig

Legende DPH

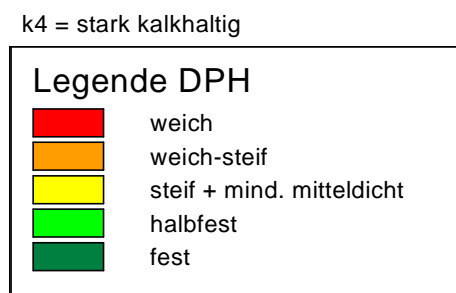
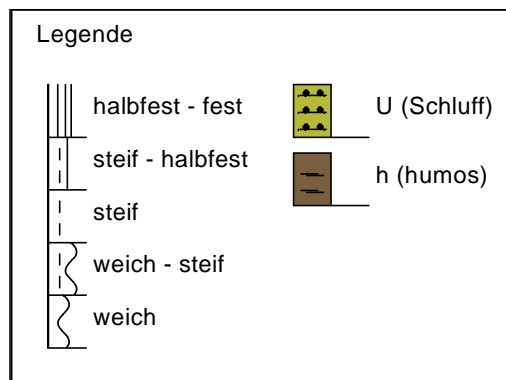
	weich
	weich-steif
	steif + mind. mitteldicht
	halbsteif
	fest

Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!

 Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH Geologen und Ingenieure für Wasser und Boden Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80507-0 Fax 80507-7	Objekt: OG Hillesheim NBG in der OG Hillesheim	Anlage 2.1 zu Bericht Nr.: B15160
	Bohrprofile / Rammsondierungen Maßstab: 1 : 50	Dat.: 07.01.2016 Bearb.: WS / UF



Grund-, Schicht- oder Stauwasser wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (07.01.2016) bei der schweren Rammsondierung DPH 3 bis zu einer Tiefe von 1,30 m uAP und bei der Kleinrammbohrung RB 4 bis zu einer Tiefe von 2,70 m uAP nicht angetroffen. Für größere Tiefen kann aufgrund Zufallens des Bohr-/Sondierlochs keine Aussage getroffen werden. Bei den übrigen Aufschlüssen war bis zu den jeweiligen Endteufen kein Wasser nachweisbar.



Darstellung in x-Richtung unmaßstäblich!

 Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH Geologen und Ingenieure für Wasser und Boden Am Tränkwald 27 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80507-0 Fax 80507-7	Objekt: OG Hillesheim NBG in der OG Hillesheim	Anlage 2.2 zu Bericht Nr.: B15160
	Bohrprofile / Rammsondierungen Maßstab: 1 : 50	Dat.: 07.01.2016 Bearb.: WS / UF

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

Bearbeiter: Klug

Datum: 14.01.2016

Körnungslinie

OG Hillesheim

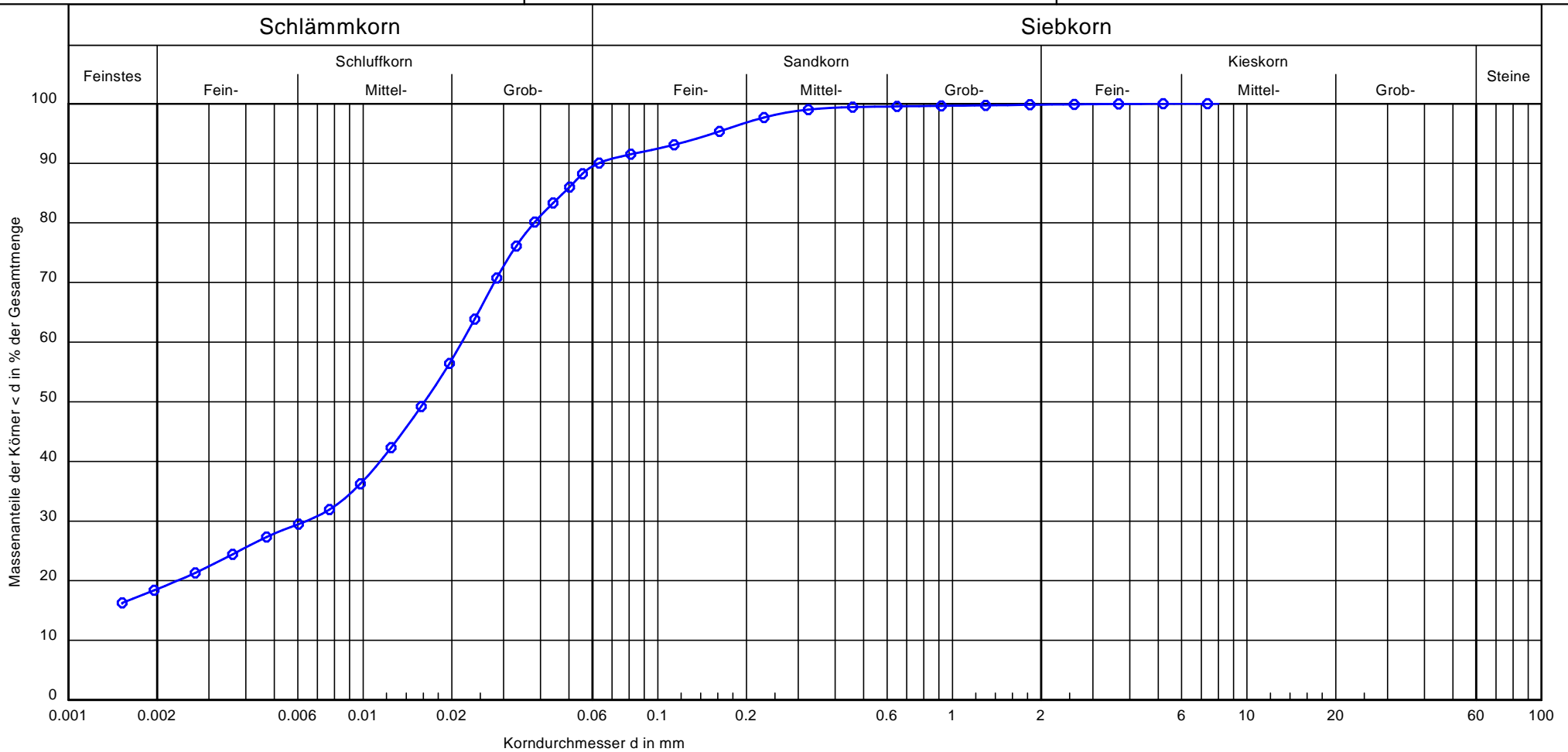
NBG in der OG Hillesheim

Prüfungsnummer: B15160 RB1/P2

Probe entnommen am: 07.01.2016

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RB1 / P2	Bemerkungen: Wassergehalt: 17,8 M.-% Feinkornanteil: 89,3 M.-%	Bericht: B15160 Anlage: 3
Tiefe:	0,40 - 0,70 m		
Bodenart:	U, t, fs'		
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$3.2 \cdot 10^{-9}$		
U/Cc:	-/-		
Bodengruppe:	TL		
T/U/S/G [%]:	18.6/70.9/10.4/0.2		
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3		

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

Bearbeiter: Klug

Datum: 15.01.2016

Körnungslinie

OG Hillesheim

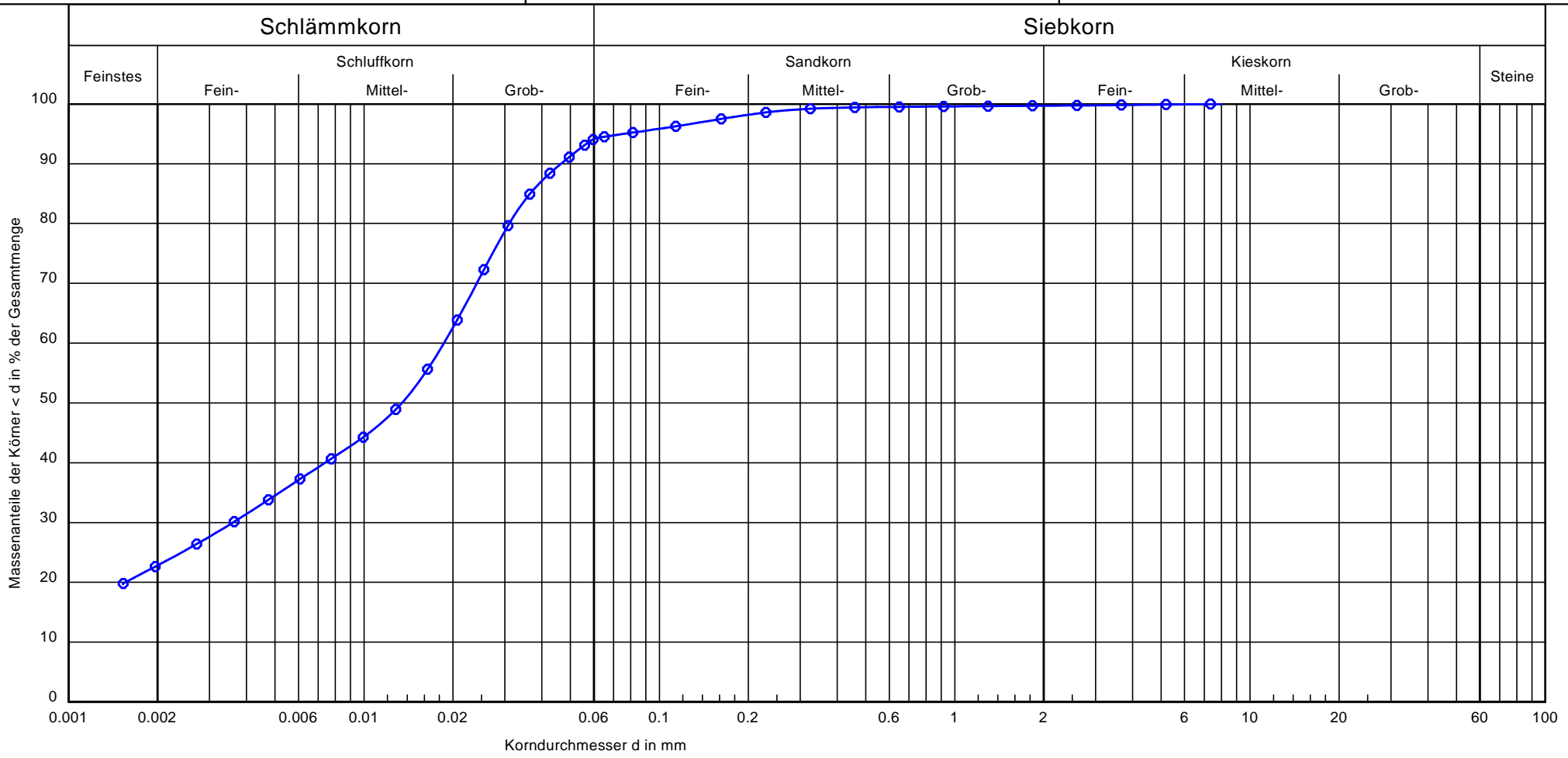
NBG in der OG Hillesheim

Prüfungsnummer: B15160 RB4/P4

Probe entnommen am: 07.01.2016

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RB4 / P4
Tiefe:	1,10 - 3,00 m
Bodenart:	U, t, s'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$1.2 \cdot 10^{-9}$
U/Cc:	-/-
Bodengruppe:	TL
T/U/S/G [%]:	22.8/71.3/5.6/0.3
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:
 Wassergehalt: 17,0 M.-%
 Feinkornanteil: 94,1 M.-%

Bericht:
 B15160
 Anlage:
 3

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

Bearbeiter: Klug

Datum: 14.01.2016

Körnungslinie

OG Hillesheim

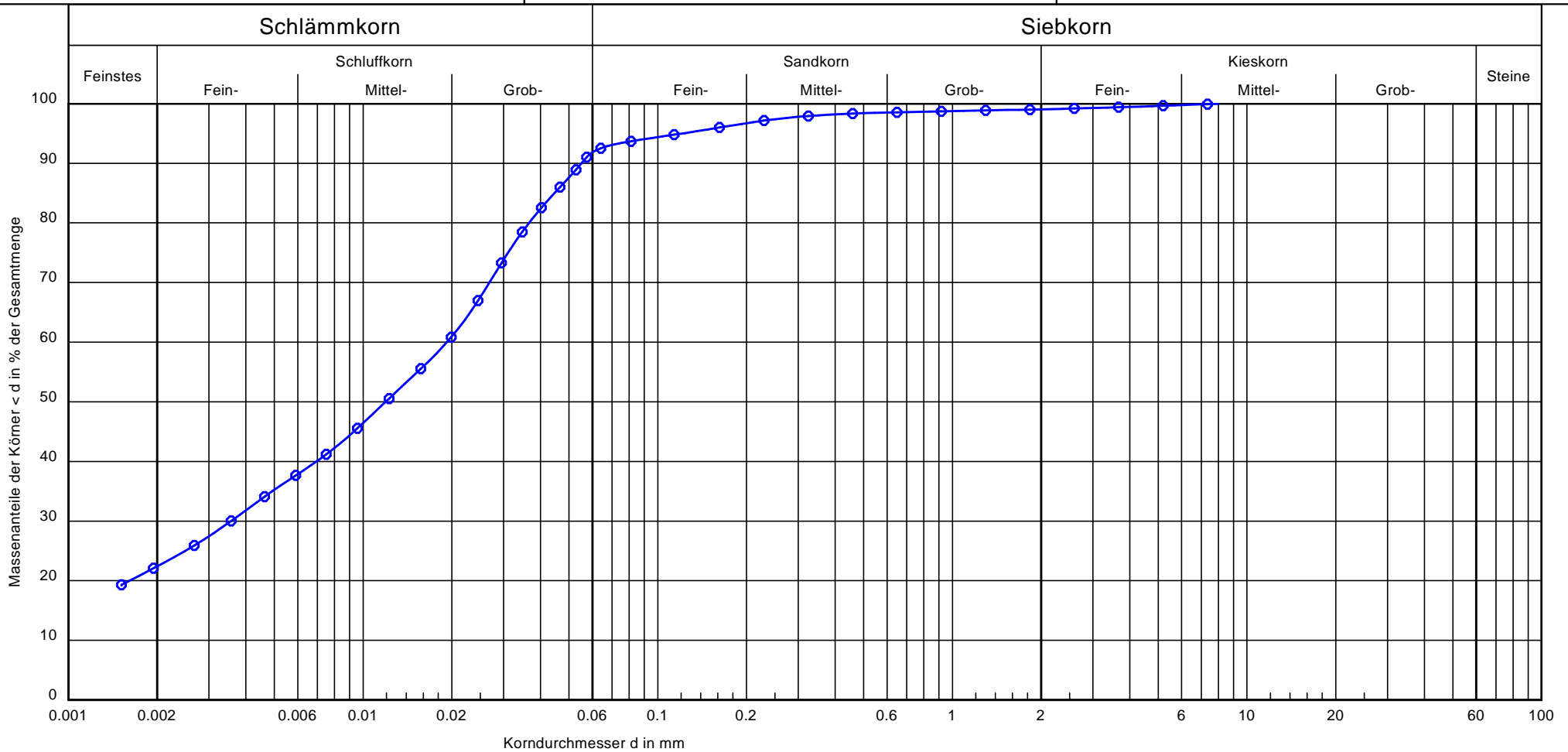
NBG in der OG Hillesheim

Prüfungsnummer: B15160 RB5/P4

Probe entnommen am: 07.01.2016

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RB5 / P4
Tiefe:	1,10 - 3,00 m
Bodenart:	U, t, s'
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$1.3 \cdot 10^{-9}$
U/Cc:	-/-
Bodengruppe:	TL
T/U/S/G [%]:	22.4/69.4/7.2/0.9
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3

Bemerkungen:
Wassergehalt: 9,9 M.-%
Feinkornanteil: 91,9 M.-%

Bericht:
B15160
Anlage:
3

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

OG Hillesheim

NBG in der OG Hillesheim

Bearbeiter: Klug

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer:

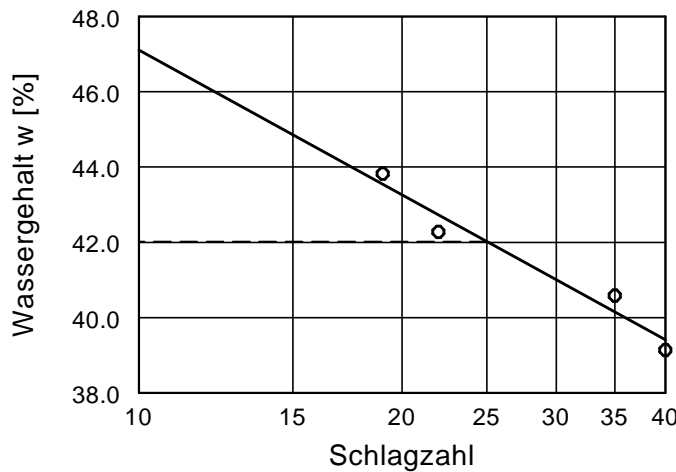
Entnahmestelle: RB 1 / P 4

Tiefe: 1,20 m - 4,00 m

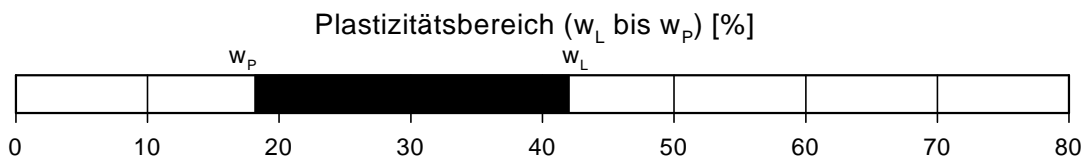
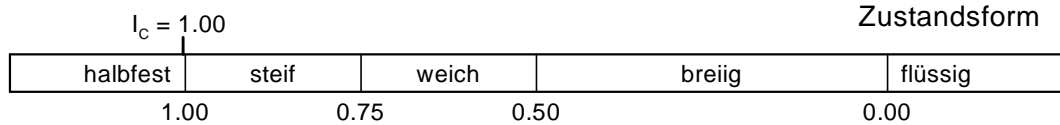
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U,t,fs'

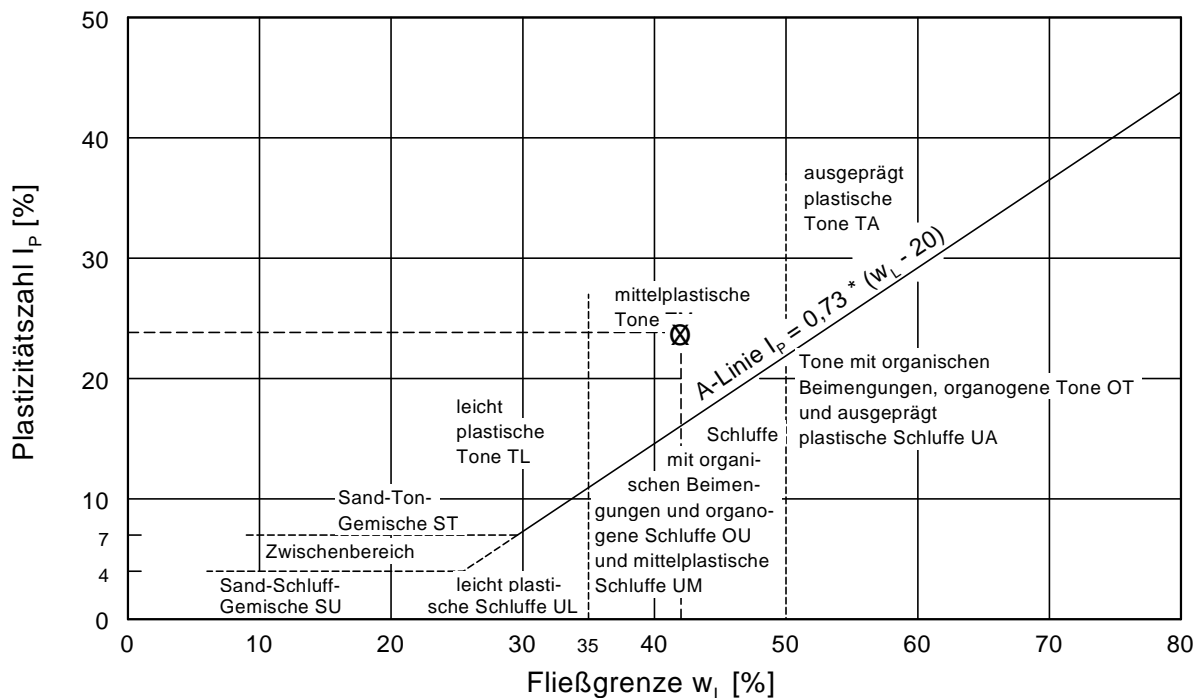
Probe entnommen am: 07.01.2016



Wassergehalt $w = 18.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 42.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 18.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 23.8$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.00$



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

OG Hillesheim

NBG in der OG Hillesheim

Bearbeiter: Klug

Datum: 13.01.2016

Prüfungsnummer:

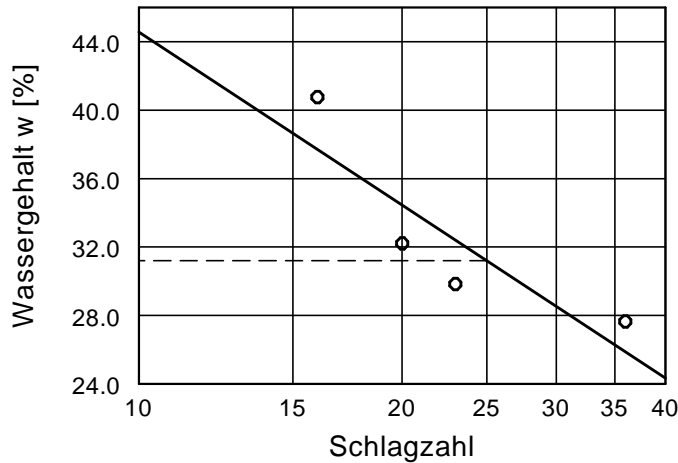
Entnahmestelle: RB 2 / P 4

Tiefe: 1,20 m - 4,20 m

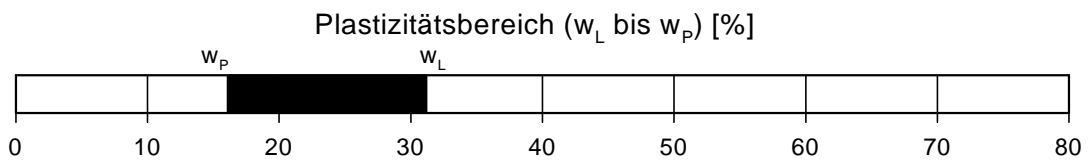
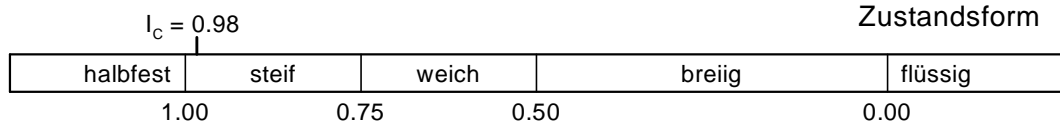
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U,t,fs'

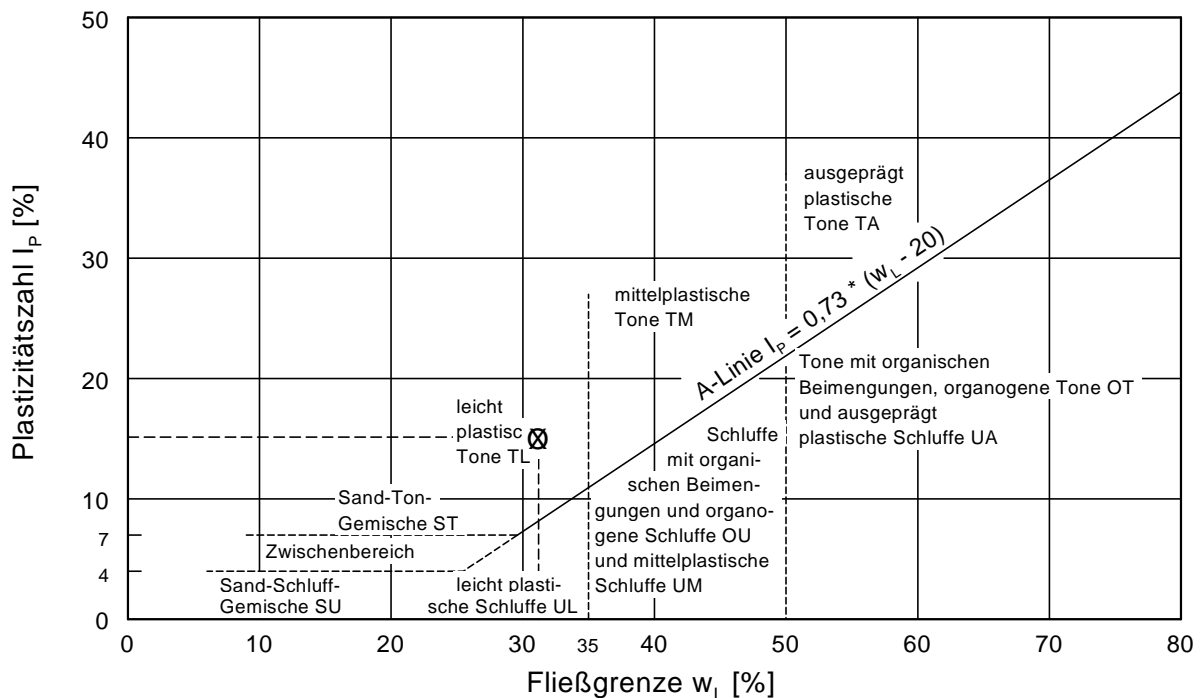
Probe entnommen am: 07.01.2016



Wassergehalt $w = 16.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 31.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 16.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 15.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.98$



Plastizitätsdiagramm



Bestimmung des Glühverlustes DIN 18128 - GL

Bauvorhaben:	OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim	Projekt: B15160 Anlage 5
Messung am:	14.01.2016	
Prüfer:	Klug	
Bemerkungen:		

Prüfungsnummer	GL-1			
Entnahmestelle:	RB 3			
Probenbezeichnung:	P 1			
Entnahmetiefe:	0,3 - 0,5m			
Bodenart:	U ₃ t ₁ fs ₁ '			
nat. Wassergehalt	21,07%			
Glühzeit 550°C	4 h			
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 1				
Tara T	[g]	39,17		
Einwaage m(d)+T	[g]	68,67		
Auswaage m(gl)+T	[g]	67,35		
m(d)	[g]	29,50		
m(gl)	[g]	28,18		
V(gl)	[%]	4,47%		
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 2				
Tara T	[g]	42,10		
Einwaage m(d)+T	[g]	65,64		
Auswaage m(gl)+T	[g]	64,65		
m(d)	[g]	23,54		
m(gl)	[g]	22,55		
V(gl)	[%]	4,21%		
Bestimmung des Glühverlustes				
Teilprobe 3				
Tara T	[g]	38,78		
Einwaage m(d)+T	[g]	62,17		
Auswaage m(gl)+T	[g]	61,07		
m(d)	[g]	23,39		
m(gl)	[g]	22,29		
V(gl)	[%]	4,70%		
Mittelwert V(gl)	[%]	4,46%		

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

Projekt:	OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim	Probennahme:	07.01.2016
		durch:	WS
Entnahmestelle:	SZ 1 bei RB 4 / ca. 0,5 m uGOK / ca. 159,30 m üNN	Prüf.-Nr.:	B15160

Anlage 6

Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18 130 -ZY -ES -ST

Daten der geprüften Probe	
Probenlänge	12,038 cm
Probendurchmesser	9,567 cm
Probenquerschnitt	7,189E-03 m ²
Feuchtdichte	1,842 g/cm ³
Wassergehalt (Einbau)	25,04 %
Trockendichte	1,473 g/cm ³
Wassergehalt (Ausbau)	25,63 %
Porenanteil n	0,446
Sättigungszahl (Einbau)	0,83
Sättigungszahl (Ausbau)	0,85
Standrohrdurchmesser	8 mm
Standrohrquerschnitt	5,027E-05 mm ²

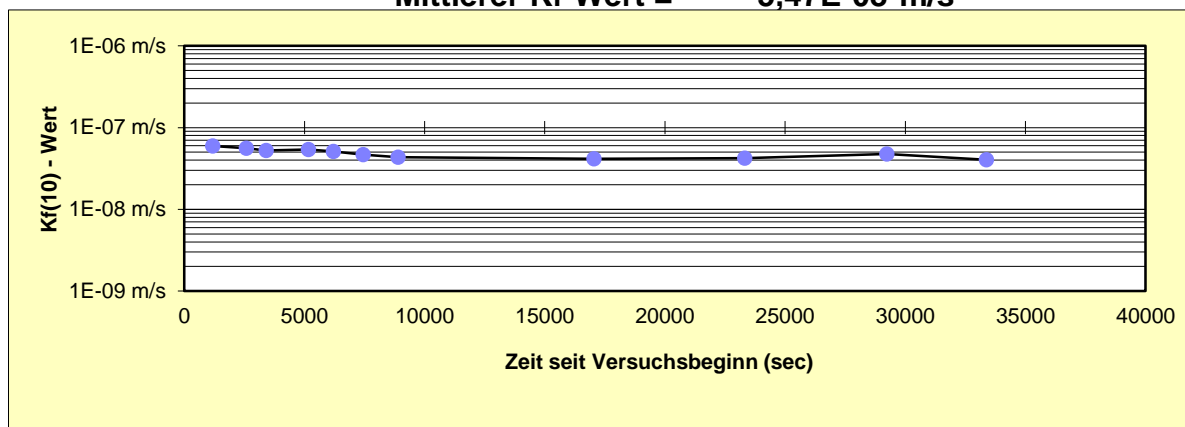
Bestimmung des Luftporengehaltes	
n(a) Einbau	7,7 %
n(a) Ausbau	6,9 %

Bodenart:
U,t,fs* / TL
weich-steif

Vordruck WS 0,05 m

Zeit 1	Zeit 2	Temp. 1	Temp. 2	h1 [cm]	h2 [cm]	Kf (10)
14. Jan 08:14:32	14. Jan 08:34:10	18,7°C	18,7°C	1.000,00	900,00	5,96E-08
14. Jan 08:34:10	14. Jan 08:57:36	18,7°C	18,7°C	900,00	800,00	5,58E-08
14. Jan 08:57:36	14. Jan 09:11:13	18,7°C	18,7°C	800,00	750,00	5,26E-08
14. Jan 09:11:13	14. Jan 09:40:31	18,7°C	18,7°C	750,00	650,00	5,42E-08
14. Jan 09:40:31	14. Jan 09:57:49	18,7°C	18,7°C	650,00	600,00	5,13E-08
14. Jan 09:57:49	14. Jan 10:18:27	18,7°C	18,7°C	600,00	550,00	4,67E-08
14. Jan 10:18:27	14. Jan 10:42:45	18,7°C	18,7°C	550,00	500,00	4,34E-08
14. Jan 10:42:45	14. Jan 12:58:43	18,7°C	18,7°C	500,00	300,00	4,14E-08
14. Jan 12:58:43	14. Jan 14:43:12	18,7°C	18,7°C	300,00	200,00	4,25E-08
14. Jan 14:43:12	14. Jan 16:21:40	18,7°C	18,7°C	200,00	130,00	4,74E-08
14. Jan 16:21:40	14. Jan 17:30:50	18,7°C	18,7°C	130,00	100,00	4,06E-08

Mittlerer Kf-Wert = 5,47E-08 m/s



Projekt:	OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim		Datum:	07.01.2016	
Projektnr.	B15160	Versuch:	VS 2	Berarbeiter:	WS / UF
				Lage:	RB 5

Anlage 7

Absenkversuch im Bohrloch

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

Zeit [sec]	Höhe u POK [m]	k [m/s]	
0	0,000		$k = C \cdot \frac{1}{h_m} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$ <p>k Durchlässigkeitskoeffizient [m/s]</p> <p>C von Rohr-, Filterdurchmesser und Form des Ausflusses (kugelförmig, zylindrisch, u.s.w.) abhängige Grösse (siehe Figuren 5a und 5b) [m]</p> <p>h_m mittlere Druckhöhe = $\frac{1}{2}(h_1 + h_2)$ [m]</p> <p>$\frac{\Delta h}{\Delta t}$ Druckhöhendifferenz / Zeitintervall = Absenkgeschwindigkeit [m/s]</p> <p>$C = d / 8$</p>
120	0,005	5,182E-07	
300	0,012	4,803E-07	
600	0,024	4,880E-07	
900	0,035	4,423E-07	
1800	0,068	4,272E-07	
2700	0,101	4,120E-07	
3600	0,135	4,085E-07	

Mittelwert: $k_f = 4,538E-07$ m/s

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

Bemessungs- $k_f = 9,076E-07$ m/s

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

$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H}$ <p>mit</p> <p>k = Infiltrationsrate [m/s]</p> <p>Q = Wasserzugabe [m³/s]</p> <p>r = Radius [m]</p> <p>H = konstante Druckhöhe [m]</p>	q = verbrauchte Wassermenge	[cm ³]	286,7
	t = verbrauchte Zeit	[s]	3600
	Q = q / t	[cm ³ /s]	0,07963889
	r =	[cm]	2,7
	H =	[cm]	100

$k_f = 5,36E-07$ m/s

Bemessungs- $k_f = 1,07E-06$ m/s

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Postfach 1261 D-65220 Taunusstein

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

Prüfbericht 2802248
Auftrags Nr. 3616311
Kunden Nr. 10040865

Susanne Bürgel
Telefon +49 6128-744-709
Fax +49 6128-744-9499

Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Im Maisel 14
D-65232 Taunusstein



Taunusstein, den 15.01.2016

Ihr Auftrag/Projekt: OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim
Ihr Bestellzeichen: B15160
Ihr Bestelldatum: 11.01.2016

Untersuchungsumfang:
MP1 - LAGA-Boden 2004 Tab.II.1.2-4/1.2-5
BK1 - PAK

Prüfzeitraum von 12.01.2016 bis 15.01.2016
erste laufende Probenummer 160016766
Probeneingang am 12.01.2016

SGS INSTITUT FRESENIUS

Susanne Bürgel
Customer Services

OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim
B15160

Prüfbericht Nr. 2802248
Auftrag Nr. 3616311

Seite 2 von 5
15.01.2016

Probe 160016766

MP1

Eingangsdatum: 12.01.2016 Eingangsort: durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix Boden

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

Feststoffuntersuchungen :

Trockensubstanz	Masse-%	84,9	0,1	DIN EN 14346	HE
Cyanide, ges.	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN ISO 17380	HE
TOC	Masse-% TR	0,1	0,1	DIN EN 13137	HE

Metalle im Feststoff :

Arsen	mg/kg TR	6	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	12	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	52	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	25	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	50	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN 1483	HE
Thallium	mg/kg TR	< 0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2	HE
Zink	mg/kg TR	67	1	DIN EN ISO 11885	HE

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

LHKW Headspace :

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

OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim
B15160

Prüfbericht Nr. 2802248
Auftrag 3616311 Probe 160016766

Seite 3 von 5
15.01.2016

Probe MP1
Fortsetzung

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

BTEX Headspace :

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

PAK (EPA) :

Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylen	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

OG Hillesheim - NBG in der OG Hillesheim
B15160

Prüfbericht Nr. 2802248
Auftrag 3616311 Probe 160016766

Seite 4 von 5
15.01.2016

Probe MP1
Fortsetzung

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

Eluatuntersuchungen :

pH-Wert		8,4		DIN 38404-5	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	97	1	DIN EN 27888	HE
Chlorid	mg/l	< 2	2	DIN EN ISO 15682 ⁽¹⁾⁽²⁾	HE
Sulfat	mg/l	10	5	SOP M 1288 ⁽²⁾	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

(1) Abweichung;photometrisch Diskretanalysator

(2) nicht akkreditiert.

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 1483	HE
Zink	mg/l	< 0,01	0,01	DIN EN ISO 11885	HE

Probe 160016767

BK1

Eingangsdatum: 12.01.2016 Eingangsort

Probenmatrix Straßenaufbruch

durch IF-Kurier abgeholt

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
PAK (EPA) :					
Naphthalin	mg/kg	470	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg	7,2	0,1	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg	150	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg	300	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg	1100	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg	390	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg	690	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg	430	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg	290	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg	240	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	260	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	96	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg	190	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg	32	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg	69	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg	73	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK gesamt	mg/kg	4787,2		DIN ISO 18287	HE

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



Legende

- RB/DPH Kleinrammbohrung DN 80/60/50
Schwere Rammsondierung
- RB Kleinrammbohrung DN 80/60/50
- BK Bohrkernentnahme Schwarzdecke
- FP (KD Bahnhofstraße)



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

Objekt:
OG Hillesheim
NBG in der OG Hillesheim

Baugrunduntersuchung

Lageplan

Maßstab: 1:1000

Anlage: 9

zu Bericht Nr.:
B15160

Dat.:07.01.2016

Bearb.: WS / UF