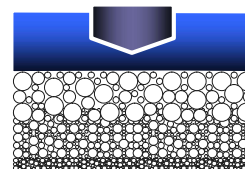


INGENIEURBÜRO MARIENWERDER GmbH

Ingenieure und Geologen für Erd- und Grundbau

Gründungsberatung
Baugrunderkundung
Erdbaustatik
Hydrogeologie
Altlastenuntersuchung
Erdbaukontrollprüfung
Mineralstoffprüfung
Strömungsberechnung
FE-Berechnung



INGENIEURBÜRO MARIENWERDER GmbH · Alfred-Nobel-Straße 12, 30926 Seelze

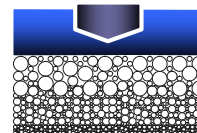
IDB Schaumburg GmbH
Klosterstraße 11

31737 Rinteln

Bebauungsplan 102
Westliches Hohes Feld
in
Bad Nenndorf
allgemeine Empfehlungen
für den Kanal- und Straßenbau

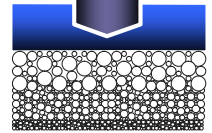
Seelze, den 23.09.2021

Dipl.-Ing. Marjeh/schl.
IDB Schaumburg GmbH, Bebauungsplan 102, Westliches Hohes Feld in Bad
Nenndorf



Inhalt

1. Vorgang.....	4
2. Durchgeführte Untersuchungen	6
3. Ergebnisse der Kleinrammbohrungen	8
4. Grundwasser	9
5. Bodenmechanische Kennziffern und Eigenschaften	9
6. Homogenbereiche	13
6.1. Homogenbereich nach DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten).....	13
6.2. Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten)	14
7. Folgerungen für die Erschließung	15
7.1. Allgemeines.....	15
7.2. Straßenbau	16
7.3. Rad- und Gehwege	17
8. Kanalbaumaßnahme	18
8.1. Tragfähigkeit der Kanalgrabensohlen.....	18
8.2. Baugruben.....	19
8.3. Verfüllung von Rohrleitungsgräben	20
8.4. Wasserhaltung	20
8.5. Besondere Maßnahmen.....	21
9. Folgerungen für die Gründung von Gebäuden	21
10. Dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser	22
11. Besondere Baumaßnahmen	22



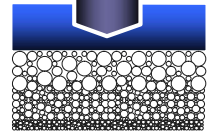
12.	Ergebnisse der LAGA-Untersuchungen.....	23
13.	Weitere Untersuchungen	28

Anlagen

1	Lageplan und Sondierprofile
2.1 - 2.9	Schichtenverzeichnisse
3.1 - 3.3	Kornverteilungen

Anhang

Ergebnisse der chemischen Analysen, GBA Hamburg, NL Hildesheim



1. Vorgang

Die Stadt Bad Nenndorf beabsichtigt, das Baugebiet B-Plan 102 Westliches Hohes Feld in Bad Nenndorf zu erschließen. Das Plangebiet befindet sich nordwestlich der Stadt Bad Nenndorf (s. Abb. 1 und Abb. 2). Das Gelände wird zurzeit landwirtschaftlich genutzt.



Abb. 1, Lage des Baugebietes „Bebauungsplan 102, Westliches Hohes Feld in Bad Nenndorf“

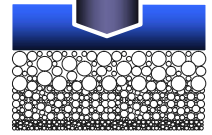
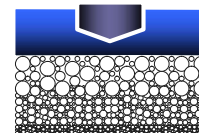


Abb. 2, Lage des Baugebietes „Bebauungsplan 102, Westliches Hohes Feld in Bad Nenndorf“

Unser Büro wurde durch die IDB Schaumburg GmbH, Klosterstraße 11 in 31737 Rinteln beauftragt, den Baugrund zu untersuchen und eine Empfehlung zur Herstellung der Bau- bzw. Planstraßen sowie zur Ausführung der Erdarbeiten für die SW/RW-Kanalisation und allgemeine Hinweise zur Regenwasserversickerung zu erstellen.



Des Weiteren sollen die anstehenden Böden hinsichtlich einer möglichen Schadstoffbelastung gemäß LAGA untersucht und entsprechend zur Wiederverwendung eingestuft werden.

Für die Bearbeitung standen uns zwei Lagepläne i. M. 1:2000/1000 zur Verfügung.

2. Durchgeführte Untersuchungen

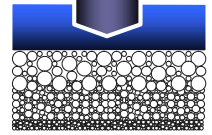
Zur Erkundung des Baugrundes wurden durch unser Büro am 02.09.2021 insgesamt 9 Kleinrammbohrungen (BS 1 bis BS 9) gem. DIN EN ISO 22475-1 bis in eine Tiefe von 5,0 m abgeteuft.

Die Lage der Kleinrammbohrungen und der OPEN-END-TESTS sind in Schichtenverzeichnissen gem. DIN 4022 dokumentiert (Anlage 2.1 bis 2.9) und grafisch gem. DIN 4023 in Form von Bohrprofilen dargestellt (Anlage 1).

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Bohransatzpunkte höhenmäßig bezogen auf einen HP = OK KD = 0,00 m (s. Lageplan) eingemessen. Die Höhen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1, Höhen der Sondierpunkte

Ansatzpunkt	Höhe [m] bezogen auf HP
BS 1	-2,25
BS 2	-1,25
BS 3	-0,25
BS 4	-2,25
BS 5	-0,95
BS 6	-0,45
BS 7	-1,85
BS 8	-1,05
BS 9	-0,53



Zur Ermittlung von bodenmechanischen Kennziffern wurden in unserem Erdbaulabor an repräsentativem Probenmaterial folgende Versuche durchgeführt:

- 3 Bestimmungen der Kornverteilung durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse gem. DIN 18 123

Die Laborergebnisse sind als Anlagen 3.1 bis 3.3 beigelegt.

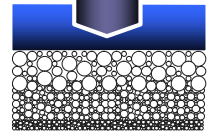
Aus den durch die Sondierarbeiten entnommenen Einzelproben aus dem Mutterboden und den anstehenden Böden haben wir die folgenden Mischproben (**MP**) in unserem Labor aufbereitet:

MP 1 aus dem Mutterboden aus BS 1/P1 = 0,00-0,30 m + BS 2/P1 = 0,00-0,50 m +
BS 3/P1 = 0,00-0,40 m + BS 4/P1 = 0,00-0,60 m +
BS 5/P1 = 0,00-0,30 m + BS 6/P1 = 0,00-0,50 m +
BS 7/P1 = 0,00-0,50 m + BS 8/P1 = 0,00-0,40 m +
BS 9/P1 = 0,00-0,20 m

MP 2 aus dem Lösslehm aus BS 1/P2 = 0,30-1,40 m + BS 2/P2 = 0,50-1,10 m +
BS 3/P2 = 0,40-1,20 m + BS 4/P2 = 0,60-1,10 m +
BS 5/P2 = 0,30-1,70 m + BS 6/P2 = 0,50-1,30 m +
BS 7/P2 = 0,50-1,10 m + BS 8/P2 = 0,40-1,20 m +
BS 9/P2 = 0,20-1,50 m

MP 3 aus Geschiebelehm aus BS 1/P3 = 1,40-3,00 m + BS 2/P3 = 1,10-2,00 m +
BS 3/P3 = 1,20-2,10 m + BS 4/P3 = 1,10-3,00 m +
BS 5/P3 = 1,70-3,00 m + BS 6/P3 = 1,30-2,30 m +
BS 7/P3 = 1,10-3,00 m + BS 8/P3 = 1,20-2,10 m +
BS 9/P3 = 1,50-3,00 m

Die Proben haben wir durch die GBA Gesellschaft für Bioanalytik Hamburg mbH, NL Hildesheim hinsichtlich einer möglichen Schadstoffbelastung gemäß LAGA 2004, TR-Boden untersuchen lassen.



3. Ergebnisse der Kleinrammbohrungen

Nach Angaben vom NIBIS KARTENSERVEN des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie in Niedersachsen (LBEG) stehen im Untersuchungsgebiet Lösslehm und Schwemmlöss der Weichsel-Kaltzeit an. In der näheren Umgebung im Südosten sind Beckenton, Mergelstein und Sandstein und örtlich Steinkohle genannt.

Die durchgeführten Bohrungen zeigen folgendes Baugrundprofil:

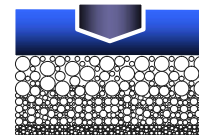
Unter dem 0,20 – 0,50 m mächtigen **Mutterboden** wurden bindige Böden in Form von **Lösslehm**, **Geschiebelehm** und **verwittertem Tonstein** festgestellt.

Die **Dicke des Mutterbodens** ist wegen der Stauchung in der Rammkernsonde nicht genau erfassbar. Auch sind bei den Kleinbohrungen mit geringem Durchmesser größere Bestandteile oder evtl. vorhandene Fremdstoffe häufig nicht erkennbar. Deshalb empfehlen wir zusätzlich Baggerschürfe auszuführen, wenn der Mutterboden genauer erkundet werden soll.

Der Lösslehm reicht bis in eine Tiefe zwischen 1,10 und 1,70 m und besteht aus steifem feinsandigem bis stark feinsandigem, tonigem Schluff.

Der Geschiebelehm ist von einer steifen Konsistenz und wurde als sandiger, toniger, schwach kiesiger Schluff angesprochen.

Der verwitterte Schiefertone steht unter dem Lösslehm bzw. dem Geschiebelehm ab einer Tiefe zwischen 1,10 und 2,30 m an. Es handelt sich dabei halbfesten bis festen schluffigen, schwach feinsandigen Ton.



Unter den erreichten Aufschlusstiefen ist damit zu rechnen, dass der verwitterte Tonstein weniger verwittert, fester, felsiger und der Bodenklasse **6 und 7** zugehörig ist.

4. Grundwasser

Während der Bohrarbeiten im September 2021 wurde kein Stau- Sicker-, Schichten- oder Grundwasser angetroffen.

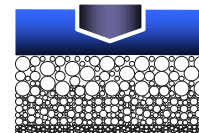
Nach stärkeren Niederschlägen ist mit der Bildung von Stau- und Sickerwasser im Lösslehm bzw. in den Geschiebeböden sowie im verwitterten Tonstein zu rechnen. Das Wasser kann im tieferen Gelände temporär bis zur Geländeoberfläche aufstauen.

Unabhängig davon ist zu beachten, dass sich bei dem umgebenden bindigen Untergrund im Laufe der Zeit in den durchlässigeren Arbeitsraumverfüllungen Wasser ein- und aufstaut und dies zu „**drückendem Wasser**“ führt. Für die geplanten Bebauungen sollte somit ein **Bemessungswasserstand von tiefster GOF bzw. in Höhe verlegter Ringdränagen (zur Fixierung z. B. unter den Kellerlichtschächten) zugrunde gelegt werden.**

5. Bodenmechanische Kennziffern und Eigenschaften

a) Mutterboden

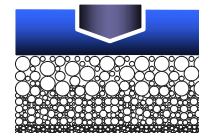
Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	Schluff; schwach feinsandig, tonig, schwach humos
Bodengruppe	(DIN 18196)	OU
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	1



b) Lösslehm

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	Schluff; feinsandig bis stark feinsandig, schwach tonig bis tonig
Bodengruppe	(DIN 18196)	UM
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	4/2 - bei Wasserzutritt/Vernässung und dynamischer Beanspruchung „fließende“ Bodenarten
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BB2/BB3
Konsistenz		steif
Frostempfindlichkeits- klasse	ZTV E-StB 17	F3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 12	V3
Wichte, erdfeucht		$\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb		$\gamma'_{k} = 8,0 \text{ kN/m}^3$
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k} \leq 1,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
Reibungswinkel		$\varphi'_{k} = 27,0^\circ - 29,0^\circ$
Kohäsion		$c'_{k} = 3,0-5,0 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul		$E_{s,k} = 10,0-12,0 \text{ MN/m}^2$

Der Lösslehm ist nur gering durchlässig ($k_f \leq 9,09 \times 10^{-8} \text{ m/s}$) und wirkt wasserstauend. Es handelt sich dabei um sehr wasser- und frostempfindliche Boden. Bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung treten sehr schnell Konsistenzveränderungen auf, die zu einem völligen Verlust der Tragfähigkeit führen. Der Lösslehm ist für die Wiederverfüllung der Arbeitsräume und als Füllboden im Gründungsbereich **ohne eine Bodenverbesserung nicht geeignet**.



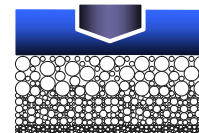
c) Geschiebeböden

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	Schluff; tonig, sandig, schwach kiesig
Bodengruppe	(DIN 18196)	TM/TL
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	4
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BB2
Konsistenz		steif
Frostempfindlichkeits- klasse	ZTV E-StB 17	F3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 12	V3
Wichte, erdfeucht		$\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb		$\gamma'_k = 8,0 \text{ kN/m}^3$
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k} \leq 5,0 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
Reibungswinkel		$\varphi'_k = 28,0\text{-}30,0^\circ$
Kohäsion		$c'_k = 3,0\text{-}5,0 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul		$E_{s,k} = 12,0\text{-}18,0 \text{ MN/m}^2$

Die Geschiebeböden sind nur gering durchlässig und wirken wasserstauend. Es handelt sich dabei um sehr wasser- und frostempfindliche Böden. Bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung treten sehr schnell Konsistenzveränderungen auf, die zu einem Verlust der Tragfähigkeit führen.

Die Geschiebeböden sind für die Wiederverfüllung der Arbeitsräume und als Füllboden im Gründungsbereich **ohne eine Bodenverbesserung nicht geeignet**.

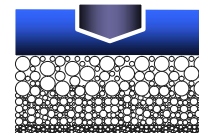
In den Geschiebeböden können **Findlinge (Bodenklassen 5 bis 7)** enthalten sein.



d) verwitterter Tonstein

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	Ton; schluffig, feinsandig
Bodengruppe	(DIN 18196)	TM-TA
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	4-6
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BB3/BB4
Konsistenz		halbfest und halbfest
Frostempfindlichkeits- klasse	ZTV E-StB 17	F3 (sehr frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 12	-/-
Wichte, erdfeucht		$\gamma_k = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb		$\gamma'_k = 9,0 \text{ kN/m}^3$
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k} \leq 5,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$
Reibungswinkel		$\varphi'_k = 28,0-30,0^\circ$
Kohäsion		$c'_k = 5,0-8,0 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul		$E_{s,k} = 12,0-20,0 \text{ MN/m}^2$

Der verwitterte Tonstein ist ebenfalls nur gering durchlässig und wirkt wasserstauend. Es handelt sich dabei um sehr wasser- und frostempfindlichen Boden. Bei Wasserzutritt und gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung treten sehr schnell Konsistenzveränderungen auf, die zu einem Verlust der Tragfähigkeit führen.



6. Homogenbereiche

Anhand der Untersuchungsergebnisse können folgende Homogenbereiche, bodenmechanischen Kennwerte und Eigenschaften nach DIN 18 320 / 18 300 aus 2015 angegeben werden:

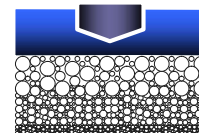
6.1. Homogenbereich nach DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten)

Tabelle 2: Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18320

Homogenbereich A	
Ortsübliche Bezeichnung	lehmig-bindiger Mutterboden/Oberboden¹
Bodengruppen	
Bodengruppe DIN 18196	OU
Bodengruppe DIN 18195	6, 8
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke (untere-obere Werte in M.-%)	
Steine und Blöcke ²	0-10
Große Blöcke ²	0-5

¹ Genaue Benennung siehe Bohrprofile

² durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten



6.2. Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten)

Tabelle 3: Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300

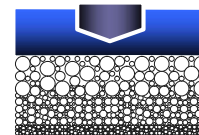
Homogenbereich B/B1⁴		
Ortsübliche Bezeichnung		Lösslehm, Geschiebeböden und verwitterte Tonstein¹
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		15-80
Schluff		15-70
Sand		5-40
Kies		0-15
Steine und Blöcke ²		0-5
Große Blöcke ²		0-2
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm ³]	1,8-1,9
Undrainede Scherfestigkeit c_u	[kN/m ²]	60-300
Wassergehalt w_n	[M.-%]	15-25
Konsistenzzahl I_c	[-]	0,75 ³ bis >1,30
Konsistenz	[-]	steif bis halbfest ³
Plastizitätszahl I_p	[%]	4-22
Plastizität	[-]	leicht bis ausgeprägt
Lagerungsdichte I_D	[%]	-
Lagerung	[-]	-
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-2
Bodengruppe DIN 18196	[-]	UM/TL/TM/TA
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach LAGA TR Boden		Z0/Z1 ⁴

¹ Genaue Benennung siehe Bohrprofile

² durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten

³ bei Wasserzutritt/dynamischer Belastung auch breiig bzw. $I_c = 0,00$ bis $0,50$

⁴ B gilt für Z0 und B1 für Z1



7. Folgerungen für die Erschließung

7.1. Allgemeines

Nach den durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen stehen im Untersuchungsgebiet unter dem Mutterboden bindiger Boden in Form von Lösslehm, Geschiebeböden sowie verwittertem Tonstein an. Es ist somit für die Bemessung des Straßenoberbaues von einem Untergrund der Frostempfindlichkeitsklasse **F3** gem. ZTVE-StB 2017 (sehr frostempfindlich) auszugehen.

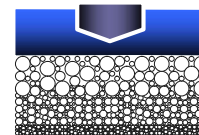
In der Tabelle 4 sind die mindestens erforderlichen Dicken des Oberbaues für die verschiedenen Belastungsklassen für Untergrund der Frostempfindlichkeitsklasse **F3** gemäß RStO 2012 zusammengestellt.

Tabelle 4, Belastungsklassen gemäß RStO 2012

	Dicken bei Belastungsklassen [cm]		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
Frostempfindlichkeitsklasse F3	65	60	40

Gemäß der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen“ RStO 2012, Tabelle 2 können die geplanten Straßen in die Belastungsklasse **Bk3,2** bis **Bk1,0** „Wohnsammelstraße, Fußgängerzone mit Ladeverkehr“ eingestuft werden.

Wir bitten um Benachrichtigung bei gravierender Abweichung dieser Annahme damit der Aufbau entsprechend angepasst werden kann.



7.2. Straßenbau

Nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 01 ergibt sich bei der Frostempfindlichkeitsklasse **F3** und der **Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk1,0** ein frostsicherer Straßenoberbau von **60 cm**.

Voraussetzung für den Regelaufbau der Straßen gem. RStO ist eine Mindesttragfähigkeit im Planum von $E_{v2} \geq 45$ Mpa. Da nach Abtrag des Mutterbodens vorwiegend Lösslehm, Geschiebelehm und/oder Juraton anstehen, wird die Mindesttragfähigkeit im Planum ohne eine Planumsverbesserung nicht erreicht. Eine Planumsverbesserung kann durch einen Teilbodenaustausch oder durch eine Kalk-Zement-Verfestigung erfolgen.

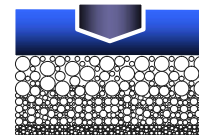
Bei dem Bodenaustausch ist mit einer Schichtdicke von ca. 40 cm zu rechnen.

Als Austauschboden sollte Sand/Kiessand oder geeignetes RC-Material verwendet werden. Nach Ausführung der Planumsverbesserung kann der Regelaufbau aufgebracht werden.

Auf dem nachweislich gut verdichteten Planum kann der Regelaufbau gemäß RStO eingebracht werden. Für diese Baumaßnahme errechnet sich der frostsichere Gesamtaufbau wie folgt:

Frostempfindlichkeitsklasse F3, Belastungsklasse 3,2 - 1,0	60	cm
Frosteinwirkungszone II	+	5 cm
Wasserverhältnisse ungünstig gem. ZTVE-StB 17	+	5 cm
	=	70 cm

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues beträgt mindestens 70 cm.



Ein Regelaufbau „Asphalttragschicht auf Schottertragschicht sowie Frostschutzschicht“ gemäß RStO 12 Tafel 1, Zeile 3 (**Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk1,0**) kann wie folgt eingebaut werden:

10	cm	Deckschicht
10	cm	Asphalttragschicht
15	cm	Schottertragschicht
35	cm	Frostschutzschicht
70	cm	Gesamtoberbau

Es kommen auch andere Regelaufbauten gemäß RStO infrage. Auf der Tragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 150$ Mpa nachzuweisen; auf der Frostschutzschicht von $E_{V2} \geq 120$ Mpa.

Auf dem hergestellten Erdplanum ist ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45$ Mpa nachzuweisen.

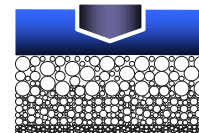
Sowohl während der Erdarbeiten als auch im Endzustand ist das Planum trocken zu halten.

7.3. Rad- und Gehwege

Nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 01 ergibt sich für die Rad- und Gehwege bei der Frostempfindlichkeitsklasse **F3** und einer Pflasterbauweise ein frostsicherer Oberbau von mind. **30 cm**.

Voraussetzung für den Regelaufbau gem. RStO ist eine Mindesttragfähigkeit im Planum von $E_{V2} \geq 45$ Mpa. Bezüglich der Tragfähigkeit des Planums gilt hier das Gleiche wie bei Pkt. 7.2.

Auf dem nachweislich gut verdichteten Planum kann der Regelaufbau gemäß RStO eingebracht werden. Für diese Baumaßnahme errechnet sich der frostsichere Gesamtaufbau wie folgt:



Frostempfindlichkeitsklasse F3, Rad- und Gehwege	30	cm
Frosteinwirkungszone II	+	5 cm
Wasserverhältnisse ungünstig gem. ZTVE-StB 17	+	5 cm
	=	40 cm

Die Dicke des frostsicheren Aufbaues beträgt mindestens 40 cm.

Ein Regelaufbau „Pflaster bzw. Plattenbelag auf Schottertragschicht sowie Frostschutzschicht“ gemäß RStO 12 Tafel 6, Zeile 2 kann wie folgt eingebaut werden:

12	cm	Decke + Splitt
28	cm	Schottertragschicht oder Frostschutzschicht
40	cm	Gesamtoverbau

Es kommen auch andere Regelaufbauten gemäß RStO infrage. Auf der Tragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 80$ Mpa nachzuweisen.

Auf dem hergestellten Erdplanum ist ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45$ Mpa nachzuweisen.

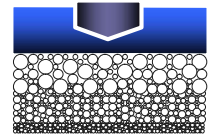
Im Bereich der Überfahrten für Kraftfahrzeuge ist die Befestigungsdicke auf die Verkehrsbelastung abgestimmt zu wählen.

Sowohl während der Erdarbeiten als auch im Endzustand ist das Planum trocken zu halten.

8. Kanalbaumaßnahme

8.1. Tragfähigkeit der Kanalgrabensohlen

Nach den Erkundungsergebnissen und den zu erwartenden Kanalsohlentiefen werden Lösslehme, Geschiebeböden und verwitterter Tonstein vorhanden sein, die mäßig tragfähig bis tragfähig sind. In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass der Tonstein unter den erreichten Aufschlusstiefen weniger verwittert, fester, felsiger und der Bodenklasse **6 und 7** zugeordnet ist.



Um gleichmäßige Auflagerbedingungen zu schaffen, sollte eine Schottertragschicht der Körnung 0/45 mm in ca. 10 – 20 cm Dicke mit eingelegten Sohlendränagen und angeordneten Pumpensämpfen für eine offene Wasserhaltung vorgesehen werden.

Zwischen bindigem Planum und Bodenaustausch ist ein **Trennvlies GRK 3** zu verlegen.

Bei den Bodenaustauschmaßnahmen ist ein 45°-iger Druckausbreitungswinkel zu beachten, d. h. Bodenaustauschhöhe = Überstand.

Auf dem Bodenaustausch der Schottertragschicht ist die Rohrbettung nach einschlägigen Vorschriften anzuordnen.

8.2. Baugruben

Bei ausreichendem Platzangebot und funktionierender Wasserhaltung ist es möglich, die Baugrubenwände unter

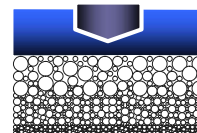
$$\beta \leq 50^\circ$$

abzuböschten.

Ohne Böschungen können die Baugrubenwände mit einem **Großtafelverbau** oder einem **Dielen-Kammerplatten-(KKP)-Verbau** gesichert werden.

Wir weisen darauf hin, dass in Grabenbereichen, bei denen der Druckausbreitungswinkel zu schützender Objekte (UK) zur Kanalgrabensohle $\alpha \geq 20^\circ$ beträgt, ein **bewegungsarmer Verbau erforderlich ist**, der ggf. nach einem erhöhten Erddruckansatz zu bemessen ist.

In regenreichen Jahreszeiten wird für die Ausschachtungsarbeiten ein senkrechter Grabenverbau empfohlen. Weiterhin sollten die Ausschachtungsarbeiten abschnittsweise



ausgeführt werden. In trockenen Jahreszeiten und in Abhängigkeit von der Verlegungstiefe können die Gräben abgeböschet werden ($\leq 50^\circ$).

8.3. Verfüllung von Rohrleitungsgräben

Bezüglich der Herstellung und Verfüllung von Rohrleitungsgräben wird auf die Richtlinie ZTVA-StB 12 verwiesen.

Bei den Erdarbeiten für die SW/RW - Kanalisation fallen vorwiegend bindige Bodenarten der Verdichtbarkeitsklasse (bindige Auffüllungen, Lösslehm und Geschiebeböden) gemäß ZTVA-StB 12 V3 an. Diese Aushubböden können lediglich in der Verfüllzone in Verbindung mit der Zugabe von hydraulischen Bindemitteln zur Verbesserung der Verdichtbarkeit wiederverwendet werden.

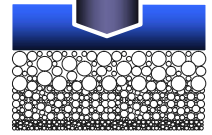
Der vorwiegend plastisch ausgeprägte verwitterte Tonstein (der Bodengruppe TA) ist als Baustoff für die Verfüllzone **nicht geeignet**.

Bei den Erdarbeiten im Bereich der Grabensohle ist ein Raupenbagger mit Glattschaufel einzusetzen.

Während der Erdarbeiten können die Rohrgräben verbaut oder abgeböschet werden. **Für die Herstellung des Verbaues weisen wir darauf hin, dass der Juraton unter den erreichten Erkundungstiefen vermutlich fester, felsiger, nicht rammpbar und der Bodenklasse 6 und 7 zugehörig ist.**

8.4. Wasserhaltung

Zur Ableitung andrängenden Schichtenwassers und insbesondere Tageswassers sind Maßnahmen der **offenen Wasserhaltung** (Dränstränge und Pumpensümpfe) ausreichend. Vernässte Böschungsbereiche sind mit einem Auflastfilter aus Schotter der Körnung 0/45 mm keilförmig zu überziehen.



8.5. Besondere Maßnahmen

Mit Sand verfüllte Rohrleitungsgräben im sehr schwach wasserdurchlässigen Baugrund wirken wie Dränagen und führen bei ungünstigen Gefälleverhältnissen u.U. ständig Wasser an Gebäude heran. Um diesen Vorgang zu unterbinden, sollten bei Rohrleitungen im Lösslehm, in den Geschiebeböden bzw. im verwitterten Tonstein in einem Abstand von ca. 50 m Tonsperren eingebaut werden.

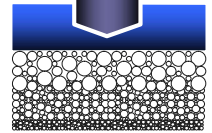
9. Folgerungen für die Gründung von Gebäuden

Wir gehen davon aus, dass die Gründungssohlen der nicht unterkellerten Häuser in einer frostfreien Tiefe bei mind. 0,80 m u. gepl. GOF liegen. Nach Abtrag des Mutterbodens sollten die nicht unterkellerten Häuser aus bodenmechanischer Sicht **flach** gegründet werden.

Zur Verbesserung der Tragfähigkeit und zur Schaffung eines gleichmäßig tragfähigen Planums muss unter der Gründung ein Teil der bindigen Böden ausgekoffert und ersetzt werden.

Für unterkellerte Häuser gehen wir davon aus, dass die Gründungstiefe zwischen ca. 2,50 - 3,00 m u. GOF liegt. In diesem Fall wird für die Häuser eine Plattengründung in Verbindung mit einem Teilbodenaustausch empfohlen.

Da uns keine konstruktiven Einzelheiten der geplanten Bebauung bekannt sind und die Aufschlusstiefen von 3,00 m nicht ausreichend sind, können nur allgemeine Angaben zur Gründung von Wohnhäusern gemacht werden. Der Baugrund **muss zusätzlich** durch mind. 7,00m tiefe Sondierungen gezielt untersucht werden.



10. Dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser

Gemäß ATV - DVWK REGELWERK (April 2005) "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser" sind für die dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser aus der Sicht des Bodenschutzes die standortspezifischen Eigenschaften des Bodens und aus der Sicht des Grundwasserschutzes die Durchlässigkeit, Mächtigkeit sowie die physikalische, chemische und biologische Leistungsfähigkeit des Sickertraumes von grundlegender Bedeutung. Entscheidend für die Ausbreitung der Wasserinhaltsstoffe in der ungesättigten Zone und für die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist nicht der für die gesättigte Zone bestimmte k_f -Wert, sondern der in der ungesättigten Zone geringere $K_{f,u}$ -Wert maßgeblich. Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt etwa in einem k_f -Bereich von 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s.

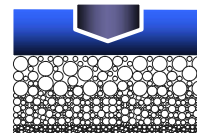
Die Mächtigkeit des Sickertraumes bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand sollte grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist zu erkennen, dass die o.g. Bedingungen hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit **nicht** gegeben sind. Somit ist der Baugrund grundsätzlich für eine Regenwasserversickerung **nicht geeignet**.

11. Besondere Baumaßnahmen

Der anstehende Baugrund ist witterungsempfindlich, so dass die Durchführung der Erdarbeiten den Witterungsbedingungen angepasst werden sollte.

Die Baugrubensohle ist mit Gefälle herzustellen. Für die Durchführung der Erd- und Gründungsarbeiten ist eine offene Wasserhaltung (Baudrönanen und Pumpensümpfe) für den Bedarfsfall vorzusehen.



Für die Ausschachtungsarbeiten sollte ein Bagger mit Glattschaufel eingesetzt werden. In der Baugrubensohle darf nicht gefahren werden. Die Tragschicht ist mit einem "leichten" Verdichtungsgerät zu verdichten.

Die vorhandenen Felddränagen müssen gebrochen und fachgerecht an vorhandene Hauptsammler angeschlossen werden.

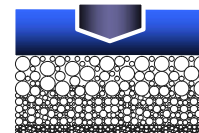
12. Ergebnisse der LAGA-Untersuchungen

Aus den durch die Sondierarbeiten entnommenen Einzelproben aus dem Mutterboden und den anstehenden Böden haben wir die folgenden Mischproben (**MP**) in unserem Labor aufbereitet:

MP 1 aus dem Mutterboden aus BS 1/P1 = 0,00-0,30 m + BS 2/P1 = 0,00-0,50 m +
BS 3/P1 = 0,00-0,40 m + BS 4/P1 = 0,00-0,60 m +
BS 5/P1 = 0,00-0,30 m + BS 6/P1 = 0,00-0,50 m +
BS 7/P1 = 0,00-0,50 m + BS 8/P1 = 0,00-0,40 m +
BS 9/P1 = 0,00-0,20 m

MP 2 aus dem Lösslehm aus BS 1/P2 = 0,30-1,40 m + BS 2/P2 = 0,50-1,10 m +
BS 3/P2 = 0,40-1,20 m + BS 4/P2 = 0,60-1,10 m +
BS 5/P2 = 0,30-1,70 m + BS 6/P2 = 0,50-1,30 m +
BS 7/P2 = 0,50-1,10 m + BS 8/P2 = 0,40-1,20 m +
BS 9/P2 = 0,20-1,50 m

MP 3 aus Geschiebelehm aus BS 1/P3 = 1,40-3,00 m + BS 2/P3 = 1,10-2,00 m +
BS 3/P3 = 1,20-2,10 m + BS 4/P3 = 1,10-3,00 m +
BS 5/P3 = 1,70-3,00 m + BS 6/P3 = 1,30-2,30 m +
BS 7/P3 = 1,10-3,00 m + BS 8/P3 = 1,20-2,10 m +
BS 9/P3 = 1,50-3,00 m



Die Proben wurden durch die GBA hinsichtlich möglicher Schadstoffbelastung gemäß LAGA 2004, TR-Boden untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind als Anhang beigefügt und in den Tabellen 5.1 – 5.4 zusammengestellt.

Tabelle 5.1, Ergebnisse der Analysen u. Auswertung gem. LAGA M20 2004 Tabelle II.1.2-2

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Zuordnungswert Feststoff			
		Mutterb. Lehm	Lösslehm	Geschiebelehm	Z 0 Sand	Z 0 Lehm/Schluff	Z 0 Ton	Z 0*1)
Arsen	mg/kg TS	5,7	5,5	34	10	15	20	15 ²⁾
Blei	mg/kg TS	17	9,2	23	40	70	100	140
Cadmium	mg/kg TS	0,29	<0,10	<0,10	0,4	1	1,5	1 ³⁾
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	20	15	33	30	60	100	120
Kupfer	mg/kg TS	12	9,8	20	20	40	60	80
Nickel	mg/kg TS	13	14	39	15	50	70	100
Quecksilber	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	0,1	0,5	1	1,0
Thallium	mg/kg TS	<0,30	0,30	<0,30	0,4	0,7	1	0,7 ⁴⁾
Zink	mg/kg TS	45	27	75	60	150	200	300
TOC	(Masse-%)	1,5	0,47	0,86	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾
EOX	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	1	1	1	1 ⁶⁾
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	<100	<100	<100	100	100	100	200 (400) ⁷⁾
BTX	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	1	1	1	1
LHKW	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	1	1	1	1
PCB ₆	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	0,05	0,05	0,05	0,1
PAK ₁₆	mg/kg TS	n.n.	n.n.	n.n.	3	3	3	3
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	0,3	0,3	0,3	0,6

n.b. = nicht bestimmt

1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

2) Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg

3) Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg

4) Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg

5) Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%.

6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

7) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C₁₀ bis C₄₀), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

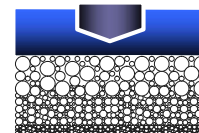


Tabelle 5.2, Ergebnisse der Analysen u. Auswertung gem. LAGA M20 2004 Tabelle II.1.2-3

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Zuordnungswert Eluat
					Z 0/Z 0*
pH-Wert	-	6,7	7,1	7,9	6,5-9,5
Leitfähigkeit	µS/cm	79	36	109	250
Chlorid	mg/L	2,1	<0,60	1,9	30
Sulfat	mg/L	1,6	2,5	16	20
Cyanid	µg/L	<5,0	<5,0	<5,0	5
Arsen	µg/L	2,4	<0,50	<0,50	14
Blei	µg/L	5,9	<1,0	<1,0	40
Cadmium	µg/L	<0,30	<0,30	<0,30	1,5
Chrom (gesamt)	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	12,5
Kupfer	µg/L	3,6	<1,0	<1,0	20
Nickel	µg/L	3,0	<1,0	<1,0	15
Quecksilber	µg/L	<0,20	<0,20	<0,20	< 0,5
Zink	µg/L	19	<10	<10	150
Phenolindex	µg/L	<5,0	<5,0	<5,0	20

Tabelle 5.3, Ergebnisse der Analysen u. Auswertung gem. Tabelle II.1.2-4: Zuordnungswerte für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken - Feststoffgehalte im Bodenmaterial

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Z 1	Z 2
Arsen	mg/kg TS	5,7	5,5	34	45	150
Blei	mg/kg TS	17	9,2	23	210	700
Cadmium	mg/kg TS	0,29	<0,10	<0,10	3	10
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	20	15	33	180	600
Kupfer	mg/kg TS	12	9,8	20	120	400
Nickel	mg/kg TS	13	14	39	150	500
Quecksilber	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	1,5	5
Thallium	mg/kg TS	<0,30	0,30	<0,30	2,1	7
Zink	mg/kg TS	45	27	75	450	1500
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	3	10
TOC	(Masse-%)	1,5	0,47	0,86	1,5	5
EOX	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	3 ¹⁾	10
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	<100	<100	<100	300 (600) ²⁾	1000 (2000) ²⁾
BTX	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	1	1
LHKW	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	1	1
PCB ₆	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	0,15	0,5
PAK ₁₆	mg/kg TS	n.n.	n.n.	n.n.	3 (9) ³⁾	30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	0,9	3

1) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen

2) Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C₁₀-C₄₀), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

3) Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden.

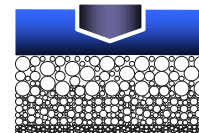


Tabelle 5.4, Ergebnisse der Analysen u. Auswertung gem. Tabelle II.1.2-5: Zuordnungswerte für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken - Eluatkonzentrationen im Bodenmaterial

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	-	6,7	7,1	7,9	6,5-9,5	6-12	5,5-12
Leitfähigkeit	µS/cm	79	36	109	250	1500	2000
Chlorid	mg/L	2,1	<0,60	1,9	30	50	100 ²⁾
Sulfat	mg/L	1,6	2,5	16	20	50	200
Cyanid	µg/L	<5,0	<5,0	<5,0	5	10	20
Arsen	µg/L	2,4	<0,50	<0,50	14	20	60 ³⁾
Blei	µg/L	5,9	<1,0	<1,0	40	80	200
Cadmium	µg/L	<0,30	<0,30	<0,30	1,5	3	6
Chrom (gesamt)	µg/L	<1,0	<1,0	<1,0	12,5	25	60
Kupfer	µg/L	3,6	<1,0	<1,0	20	60	100
Nickel	µg/L	3,0	<1,0	<1,0	15	20	70
Quecksilber	µg/L	<0,20	<0,20	<0,20	< 0,5	1	2
Zink	µg/L	19	<10	<10	150	200	600
Phenolindex	µg/L	<5,0	<5,0	<5,0	20	40	100

²⁾bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l

³⁾bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

In der Tabelle 6 ist die Zuordnung der untersuchten Proben zusammengestellt.

Tabelle 6, Zuordnung der untersuchten Proben gemäß LAGA 2004, TR-Boden

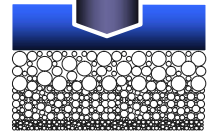
Bezeichnung	Zuordnungswert	Bemerkung
MP 1, Mutterboden	Z1¹⁾(Z0)	TOC = 1,50 > 0,50 Masse-%
MP 2, Lösslehm	Z0	-/-
MP 3. Geschiebelehm und verw. Tonstein	Z1	TOC = 0,86 > 0,50 Masse-% und Arsen = 34 > 15 mg/kg

¹⁾ Die Einstufung erfolgte nur aufgrund des TOC-Gehalts. Der TOC-Gehalt ist durch natürlichen Humus im Mutterboden bedingt. Bei den möglichen Verwertungswegen, wie das Auf- oder Einbringen auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht, gilt der Klammerwert.

Die Wiederverwendbarkeit von **mineralischen Abfällen** kann nach den Technischen Regeln der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln - Allgemeiner Teil I“ vom 06.11.2003 beurteilt werden.

In den Technischen Regeln der LAGA werden Orientierungswerte von Schadstoffen bestimmten Verwertungs- bzw. Einbauklassen zugeordnet. Diese Orientierungswerte können für die Beurteilung der Wiederverwendung von **mineralischen Abfällen** angewandt werden.

In den Technischen Regeln werden die folgenden Einbauklassen bzw. Zuordnungswerte (Z) genannt (Abb. 3):



Einbauklasse 0 (Zuordnungswerte Z 0):

Ein Sonderfall, der die uneingeschränkte Verwertung von geeignetem **Bodenmaterial** in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken) darstellt.

Einbauklasse 1 (Zuordnungswerte Z 1.1 und Z 1.2):

Eingeschränkter offener Einbau (wasserdurchlässige Bauweise),

Einbauklasse 2 (Zuordnungswerte Z 2):

Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder nur gering wasserdurchlässige Bauweise)

Mineralische Abfälle mit Schadstoffgehalten oberhalb der Z2 Werte können ohne Behandlung nicht wiederverwendet werden und müssen entsorgt werden.

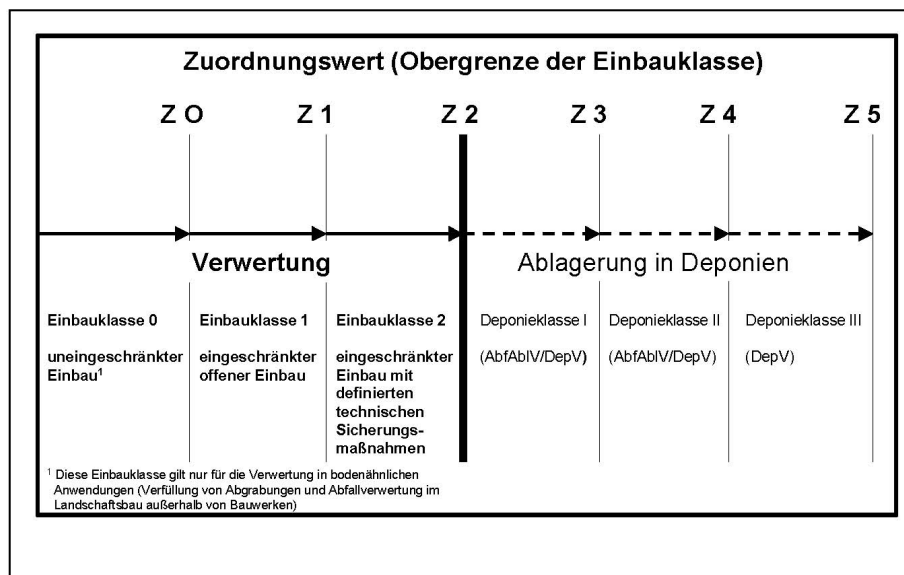
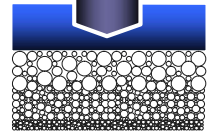


Abbildung 3, Darstellung der Einbauklassen



13. Weitere Untersuchungen

Da uns keine konstruktiven Einzelheiten der geplanten Bebauung bekannt sind, können nur allgemeine Angaben zur Gründung von Wohnhäusern gemacht werden. Eine Überprüfung der notwendigen Gründungsmaßnahmen im Einzelfall wird für erforderlich gehalten (zus. Kleinrammbohrungen, Einzelobjektbegutachtung).

Die Verdichtungsarbeiten sollten überwacht werden (Verdichtungsprüfungen). Die Baugrubensohlen sind fachkundig abzunehmen.

Hierfür steht Ihnen unser Büro gern zur Verfügung.

Dipl.-Ing. Marjeh