

ICP – Am Tränkwald 27 – 67688 Rodenbach

Stadtverwaltung Grünstadt  
Kreuzerweg 2

67269 Grünstadt



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

**Amtsgericht**  
**Kaiserslautern**  
HRB2687

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

# Geotechnischer Bericht

**Projekt-Nr.:** B17186  
**Projekt:** Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13;  
Erweiterung Krankenhaus;  
Am Bergel, 67269 Grünstadt  
**Betreff:** Baugrunderkundung mit Geotechnischem Bericht  
**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. Christine Koch  
**Datum:** 29.11.2017  
**Verteiler:** vorab per e-mail an:  
Stadtverwaltung Grünstadt, Kreuzerweg 2, 67269 Grünstadt:  
[dirk.theobald@gruenstadt.de](mailto:dirk.theobald@gruenstadt.de)

---

## ICP, Zentrale

Am Tränkwald 27 - 67688 Rodenbach  
Telefon 06374-80507-0 - Telefax 06374-80507-7  
e-mail [info@icp-geologen.de](mailto:info@icp-geologen.de)

[www.icp-geologen.de](http://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](mailto:bitburg@icp-geologen.de)

---

Kreissparkasse Kaiserslautern  
Volksbank Kaiserslautern-Nordwestpfalz eG

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

BIC MALA DE 51 KLK  
BIC GENO DE 61 KL1

## Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang und Leistungsumfang .....	4
2	Aufschlussergebnisse und Kenngrößen .....	7
3	Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung .....	14
4	Gebäudegründung .....	18
4.1	Allgemeines .....	18
4.2	Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten .....	22
4.3	Gründung mittels tragender Stahlbetonbodenplatten und Gründungspolster .....	24
4.4	Schlussbemerkungen zur Gebäudegründung .....	25
5	Erdbautechnische Hinweise .....	26
5.1	Erdarbeiten, Baugruben- und Grabenaushub, Wasserhaltung .....	26
5.2	Verbau .....	28
5.3	Leitungsgräben .....	29
5.4	Wiederverwendung von Aushubböden .....	29
5.5	Grabenverfüllung .....	30
5.6	Rohr- und Schachtgründung .....	32
5.7	Anordnung von Sperrriegeln .....	33
6	Gebäudeabdichtung .....	33
7	Versickerung von Niederschlagsabflüssen .....	35
7.1	Allgemein .....	35
7.2	Versickerungseignung der anstehenden Böden .....	35
7.2.1	Allgemein .....	35
7.2.2	Abschätzung der charakteristischen Durchlässigkeit .....	37
7.2.3	Ermittlung des $k_f$ -Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 .....	38
7.2.4	Ermittlung des $k_f$ -Wertes im Feld .....	39
7.3	Bewertung nach dem „Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung“ .....	40
7.4	Interpretation der Ergebnisse .....	41
7.5	Vorschläge zur Regenwasserbewirtschaftung .....	43
8	Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen .....	43
8.1	Erdplanum .....	43
8.2	Straßenoberbau .....	44
8.3	Gehwege .....	45
9	Schlussbemerkung .....	46

Anlagen:

1. Lageplan (schematisch)
2. Schichtenverzeichnisse nach DIN 4022
3. Bohrprofile nach DIN 4023 und  
Rammdiagramme in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2
4. Zustandsgrenzen nach DIN 18122
5. Korngrößenverteilung nach DIN 18123
6. Glühverlust nach DIN 18128GL
7. Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten:  
Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019
8. Absenkversuche im verrohrten Bohrloch nach USBR Earth Manual

## 1 Vorgang und Leistungsumfang

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH (ICP), Am Tränkwald 27, 67688 Rodenbach wurde von der Stadtverwaltung Grünstadt, Kreuzerweg 2, 67269 Grünstadt am 12.10.2017 hinsichtlich der beabsichtigten Erweiterung des Krankenhauses mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Berichts mit allgemeinen Gründungshinweisen beauftragt.

Die Angaben zur Gebäudegründung haben lediglich orientierenden Charakter und sollen zu einer Ersteinschätzung der Baugrundsituation dienen. Detailangaben bezüglich der geplanten Bebauung (Gebäudeabmessungen, Gründungstiefen, Bauwerkslasten, etc.) liegen im derzeitigen Projektstadium nicht vor, so dass zu Gründungsfragen bzw. zur baugelogeologischen und hydrogeologischen Beurteilung nachfolgend nur in allgemeiner Form Stellung genommen werden kann.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass die beauftragten punktuellen Erkundungsarbeiten lediglich eine Voruntersuchung im Sinne der DIN 4020 darstellen. Sie können keine weitergehenden, im Zuge der Bebauung ggf. objektspezifisch erforderlich werdende Untersuchungen 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, Parkplätzen) vor, so dass auch hierzu nur in allgemeiner Form Stellung genommen werden kann.

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

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

- [1] „Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus; M. 1 : 5000“ der Stadt Grünstadt vom November 2014
- [2] „Abgrenzungsplan Geltungsbereich Bebauungsplan Am Bergel, M. 1:1500“ vom März 2017

Die o. g. Erweiterung des Krankenhauses kommt auf einem Hanggrundstück in 67269 Grünstadt, Am Bergel, Flurstücks-Nr. 1044/1 und 1657/4 zu liegen (s. Bilder 1 und 2). Nördlich davon verläuft „Berggasse“ und südlich davon die Straße „Am Bergel“.

Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten stellte sich das Grundstück als mit Weinreben bepflanzte Fläche dar.



Bild 1: Baugelände am 28.10.2017



Bild 2: Baugelände am 28.10.2017

Zur Erkundung des Untergrundes wurden am 28.10.2017 im Baufeld vier Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 4 nach DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft. Die Bohrungen endeten in Tiefen zwischen 1,20 m und 2,50 m unter Ansatzpunkt (uAP), da kein weiterer Bohrfortschritt mehr zu erzielen war.

Weiterhin kamen zur Beurteilung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz der im Bereich des Baufeldes anstehenden Lockergesteinsböden sowie zur Erkundung der Tiefenlage der nicht mehr rambbaren Übergangszone zum Festgestein insgesamt drei schwere Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 3 nach DIN EN ISO 22476-2 zur Ausführung. Die Sondierungen DPH 1 bis DPH 3 wurden in Tiefen zwischen 1,30 m uAP und 2,60 m uAP abgebrochen, da kaum ein weiterer Sondierfortschritt mehr zu erreichen war.

Die Aufschlussresultate 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 2, 3.1 und 3.2).

An einer charakteristischen Bodenprobe (RB 2 / P 3) wurden im bodenmechanischen Labor die Zustandsgrenzen nach DIN 18122 ermittelt (Anlage 4).

An einer weiteren charakteristischen Bodenprobe (RB 4 / P 2) wurde im bodenmechanischen Labor die Korngrößenverteilung mittels Sieb-/Schlammanalyse nach DIN 18123 bestimmt (Anlage 5).

Zur Ermittlung des organischen Anteils wurde an zwei Bodenproben (RB 3 / P 2 und RB 3 / P 3) der Glühverlust nach DIN 18128-GL bestimmt (Anlage 6).

Zur Durchlässigkeitsbestimmung der anstehenden Böden wurden zwei Absenkversuche (VS 1 bei RB 3 und VS 2 bei RB 4) im verrohrten Bohrloch nach USBR Earth Manual (Open End-Test) ausgeführt. Die Messprotokolle sind in Anlage 8 beigelegt.

Zur Installation von zwei Radonmessdosen (M 1 und M 2) wurden außerdem zwei Bohrungen bis in eine Zieltiefe von 1,0 m u GOK abgeteuft. Die Ergebnisse der Messung lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor. Nach Erhalt der Ergebnisse werden diese in einem umwelttechnischen Kurzbericht erläutert und bewertet.

Zur orientierenden abfalltechnischen Einstufung des voraussichtlich anfallenden Erdaushubs wurde eine Mischprobe (MP 1: (RB 1 / (P 2 + P 3) + RB 2 / (P 2 + P 3) + RB 3 / (P 2 + P 3) + RB 4 / P 2)) erstellt und der SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 65232 Taunusstein zur orientierenden Deklarationsanalyse nach LAGA<sup>1</sup> (2004) Tab.II.1.2-4/5 (Feststoff und Eluat) übergeben. Der Analysebericht lag zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht vor. Die Ergebnisse werden nachgereicht.

Für die erbohrten Bodenschichten wurden die charakteristischen Bodenkenngrößen nach DIN 1055, die Bodengruppen nach DIN 18196, die Bodenklassen nach DIN 18300, die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 09 (Fassung 2009) sowie die Bemessungswerte des Sohlwiderstands für Streifenfundamente nach DIN 1054:2010-12 ermittelt. Weiterhin wurden Homogenbereiche nach DIN 18300:2016-09 gebildet.

Die Ansatzpunkte der niedergebrachten Kleinrammbohrungen, der schweren Rammsondierungen und der Absenkversuche wurden mittels GNSS-Vermessung nach Lage (UTM-Koordinaten) und Höhe (m ü NN) ermittelt und sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Endteufen der niedergebrachten Aufschlüsse (m uAP und m ü NN) wurden ebenfalls in der Tabelle 1 aufgeführt.

Die Lage der Kleinrammbohrungen und der schweren Rammsondierungen sowie der Absenkversuche und der Radonmessstellen ist dem beigelegten Lageplan zu entnehmen (Anlage 1).

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

Tabelle 1: Höhen- und Koordinatenangaben

Höhen- und Koordinatenangaben					
Projekt:	Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13; Erweiterung Krankenhaus; Am Bergel, 67269 Grünstadt				
Datum:	28.10.2017				
Beobachter:	Jan Neumann / Thorsten Sorg				
Koordinatensystem:	UTM-Koordinatensystem				
Kleinrammbohrung (RB) Schwere Rammsondierung (DPH) Absenkversuch (VS)	UTM-Koordinaten		Ansatzpunkt (AP)	Endteufe	
	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	[m ü NN]	[m u AP]	[m ü NN]
RB 1	U32 438923,070	5490604,676	225,44	1,40	224,04
RB 2	U32 438970,333	5490586,841	218,68	2,30	216,38
RB 3	U32 439030,388	5490512,744	208,77	2,50	206,27
RB 4	U32 439017,724	5490683,021	214,69	1,20	213,49
DPH 1 bei RB 1	U32 438923,070	5490604,676	225,44	2,00	223,44
DPH 2 bei RB 3	U32 439030,388	5490512,744	208,77	2,60	206,17
DPH 3 bei RB 4	U32 439017,724	5490683,021	214,69	1,30	213,39
VS 1 bei RB 3	U32 439030,388	5490512,744	208,77	1,80	206,97
VS 2 bei RB 4	U32 439017,724	5490683,021	214,69	1,10	213,59

## 2 Aufschlussergebnisse und Kenngrößen

Gemäß der geologischen Übersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1:300000 befindet sich das Untersuchungsgebiet im Grenzbereich des aus schluffigen Lehmen bis sandigen, z. T. umgelagerten Schluffen bestehenden Lösses, Lösslehms, Schwemm- und Sandlösses (Lo; Quartär) zu den Schichten des sog. „Mergeltertiär“ (MT; Tertiär) und des sog. „Kalktertiär“ (KT; Tertiär).

Die Gesteinssuite des sog. „Kalktertiär“ setzt sich überwiegend aus weißgrauen Kalksteinen mit tonig-mergeligen Einschaltungen zusammen, die lokal Quarzsand führend sind. Die Schichten des sog. „Mergeltertiär“ sind aus hauptsächlich olivgrauen Tonmergeln und Tonen mit feinsandigen Einschaltungen aufgebaut, die im höheren Teil lokal dünne Braunkohleflöze und Kalksteinbänke beinhalten.

In den Randbereich des Untersuchungsgebietes ragen Ausläufer der Terrassen (Tu; ungegliedert; Niederterrassen bis Hauptterrassen; Quartär) hinein, die aus sandigen Kiesen bis kiesigen Sanden bestehen.

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

Unter Berücksichtigung der geschilderten regionalgeologischen Situation lässt sich auf Grundlage der Aufschlussergebnisse (Kleinrammbohrungen und schwere Rammsondierungen) das nachfolgende Grundsatzprofil unterhalb der vorhandenen ca. 30 – 40 cm mächtigen Oberbodendecke ableiten:

**SG I: Schluffe / Löss / Lösslehm**

schwach tonige bis tonige, teils schwach bis stark (fein-)sandige,  
teils schwach kiesige bis kiesige, teils schwach humose Schluffe, ± kalkhaltig  
Bodengruppen: UL, TL nach DIN 18196  
Konsistenz: weich bis fest  
Farbe: beige, weiß, braun, rot-braun

**SG II: bind. Sande**

stark schluffige, tonige Sande, ± kalkhaltig  
Bodengruppe: ST\* nach DIN 18196  
Konsistenz: halbfest  
Farbe: braun

**SG III: „Kalktertiär“ / „Mergeltertiär“**

Kalksteine; Tonmergel; nicht direkt aufgeschlossen

Die im tieferen Untergrund anstehenden Schichten des „Kalk- und Mergeltertiär“ wurden mit den durchgeführten Kleinrammbohrungen verfahrensbedingt nicht direkt aufgeschlossen. Diese Schichten können somit bei derzeitigem Kenntnisstand nicht weitergehend nach DIN 18196 und DIN 18300 klassifiziert werden.

Festgesteinshorizont

Basierend auf den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 3 wäre die nicht mehr rambbare Übergangszone zum Festgestein in Tiefen zwischen ca. 1,30 m und 2,60 m uAP zu erwarten (kaum Sondierfortschritt). Aufgrund der regionalgeologischen Situation ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Sondierungen nicht in den Schichten des „Kalk- bzw. Mergeltertiär“, sondern auf Rammhindernissen (z. B. auf größeren Steinen oder Kalksteinbänkchen) endeten.

### Glühverlust

An den aus der Bohrung RB<sup>3</sup> entnommenen Proben P 2 und P<sup>3</sup> (Tiefenlage von 0,30 m bis 2,50 m unter Geländeoberkante) wurde der Glühverlust nach DIN 18128GL im bodenmechanischen Labor bestimmt, um den Anteil an organischen Bestandteilen zu ermitteln.

Organische Bestandteile bedingen eine ungünstige Beeinflussung der bodenphysikalischen Eigenschaften durch Volumenverlust infolge Verrottung, verringerte Verdichtbarkeit und Wasserdurchlässigkeit sowie Zunahme der Kompressibilität infolge von erhöhtem Porenanteil mit entsprechend verringerter Tragfähigkeit.

Der Glühverlust entspricht dem Masseverlust des bei 105°C getrockneten Bodens bei einer Glüh-temperatur von 550°C. Basierend auf den Versuchsergebnissen weisen die untersuchten Proben einen Gehalt an organischen Bestandteilen von 3,46 % und 3,02 % auf (siehe Anlage 3).

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

Der Glühverlust der untersuchten bindigen Böden lag unter dem genannten Wert von 5 M.-%. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die in den beprobten Schichtlagen enthaltenen organischen Beimengungen die Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrundes nicht ungünstig beeinflussen, weshalb sie aus gründungstechnischer Sicht vernachlässigt werden können. Diese Böden sind daher den Bodengruppen TL und UL zuzuordnen.

### Charakteristischen Kenngrößen der anstehenden Schichtglieder

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 der anstehenden Schichtglieder sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Kenngrößen und Bodenparameter

	<b>SG I Schluffe / Löss / Lösslehm</b>	<b>SG II bind. Sande</b>	<b>SG III „Kalktertiär“<sup>(*)</sup> „Mergeltertiär“<sup>(*)</sup></b>
aufgeschlossene Mächtigkeit [m]	0,50 – 2,20	1,40	--
Bodengruppe (DIN 18196)	UL, TL	ST*	--
Homogenbereiche <sup>1)</sup> (DIN 18300:2016-09)	4, 5b, 6b, 2 <sup>+</sup>	4, 5b, 2 <sup>+</sup>	6c, 7
Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)	4 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	6, 7
Bodengruppe (ATV DVWK-A 127)	TL: G4 UL: G3	ST*: G3	--
Konsistenz / Lagerungsdichte	weich - fest	halbfest	-- / --
Plastizität	leicht plastisch	leicht plastisch	--
Wichte (DIN 1055) erdfeucht $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ] unter Auftrieb $\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	20,0 – 21,0 10,0 – 11,0	21,0 11,0	22,0 – 24,0 12,0 – 14,0
Scherfestigkeit Reibungswinkel $\varphi'$ [Grad] (DIN 1055)	27,5	27,5	27,5 – 35,0 Klufreibungs- winkel
Scherfestigkeit Kohäsion (DIN 1055) $c_{u,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ] $c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0 – 40 0 – 5	40 5	-- --
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	5 – 30	20 – 40	> 60
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 09	F3	F3	--
Bemessungswert des Sohlwiderstands für Streifenfundamente nach DIN 1054:2010-12: $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	200 <sup>2)</sup> (TL) 250 <sup>2)</sup> (UL)	250 <sup>2)</sup> (ST*)	> 380
Durchlässigkeit $k_f$ [m/s] gemäß Literatur	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-9</sup> gefügeabhängig	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-9</sup> gefügeabhängig	kluftabhängig
Benennung von Fels (Petrographie) / Veränderlichkeit (DIN EN ISO 14689-1)	--	--	Kalksteine, Mer- gelgesteine: nicht veränderlich bis veränderlich
Massenanteil (M.-%) Steine Blöcke große Blöcke	Ein Vorkommen ist nicht auszuschließen; die Bestimmung des Mas- senanteils ist aufgrund der beauftragten Erkun- dungsverfahren jedoch nicht möglich.	Ein Vorkommen ist nicht auszuschließen; die Bestimmung des Mas- senanteils ist aufgrund der beauftragten Erkun- dungsverfahren jedoch nicht möglich.	--- --- ---

- \*) auf Grundlage der regionalgeologischen Situation angenommene Werte
- +) Fein- und gemischtkörnige Böden verändern ihre Konsistenz bereits bei geringer Veränderung des Wassergehaltes. Wasserentzug lässt sie rasch austrocknen und schrumpfen, Wasserzufuhr und dynamische Belastung lässt sie in die Bodenklasse 2 bzw. in den Homogenbereich 2 nach DIN 18300:2016-09 übergehen.
- 1) Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgte entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen. Die anzugebenden Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite (sofern eine Ermittlung der Eigenschaften, Kennwerte und Bandbreite aufgrund der beauftragten Aufschlussverfahren möglich war) sind in obiger Tabelle enthalten. Für die Einteilung der Böden in Homogenbereiche wurden die Empfehlungen aus der DVGW-Information Gas/Wasser Nr. 20 vom Januar 2016 für die Vergabe und Abwicklung von Bauaufträgen im Leitungstiefbau herangezogen.
- 2) Dieser Wert gilt nur für **Streifenfundamente** mit  $b$  bzw.  $b' = 0,5$  bis  $2,0$  m und kleinster Fundamenteinbindetiefe von **1,0 m** bei Einhaltung sämtlicher Anwendungsvoraussetzungen der DIN 1054:2010-12, die vor Anwendung der Tabellenwerte zu prüfen sind. Insbesondere wird auf die erforderliche ausreichende Festigkeit des Baugrunds hingewiesen. Der angegebene Tabellenwert gilt für eine mindestens steife bis halbfeste Konsistenz (Bodengruppe UL) bzw. steife Konsistenz (Bodengruppen TL und ST\*). Für andere Einbindetiefen und höhere Festigkeit des Baugrunds (halbfeste oder feste Konsistenz) gelten analog die Werte nach DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.5, A 6.6 und A 6.7. Unter bestimmten Voraussetzungen sind die Tabellenwerte abzumindern oder können erhöht werden (s. Angaben der DIN 1054:2010-12).  
 Die Anwendung der in DIN 1054:2010-12, Tab. A 6.5, A 6.6 und A 6.7 genannten Werte kann bei mittig belasteten Fundamenten je nach Fundamentbreite zu **Setzungen in der Größenordnung  $s \approx 2$  bis  $4$  cm** führen. Bei wesentlicher Beeinflussung benachbarter Fundamente können auch größere Setzungen auftreten.

Tabelle 3: Allgemeine Zusammenfassung der Kennwerte der zugrunde gelegten Homogenbereiche

Homogenbereich	Kennwerte
1	Oberboden
2	Böden der Bodengruppen UL, TL, ST* in flüssiger oder breiiger Konsistenz, ohne LAGA-Analytik
4	Böden der Bodengruppen UL, TL, ST* in weicher bis halbfester Konsistenz, leicht plastisch, Steinanteil 0-30 %, ohne LAGA-Analytik
5b	Böden der Bodengruppen UL, TL, ST* in weicher bis halbfester Konsistenz, leicht plastisch, Steinanteil > 30 %, Blockanteil 0-30 %, ohne LAGA-Analytik
6b	Böden der Bodengruppe ST* leicht plastisch, in fester Konsistenz, ohne LAGA-Analytik
6c	Fels mit sehr kleinen bis mittleren ( $\triangleq$ Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) Abmessungen der Gesteinskörper, vollständig bis mäßig verwittert, ohne LAGA-Analytik
7	Fels mit mittleren ( $\triangleq$ Würfel < 46 cm bzw. Kugel < 60 cm) bis sehr großen Abmessungen der Gesteinskörper, schwach verwittert bis frisch, ohne LAGA-Analytik

**Nach Erhalt der Ergebnisse der LAGA-Analytik erfolgt ggf. eine weitere Differenzierung der Homogenbereiche.**

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.**

#### Bodengruppen nach ATV-A127

Im Bereich von Rohrgrabensohlen, der Bettungsschicht, der Seitenverfüllung und Abdeckung nach DIN EN 1610 stehen überwiegend schlecht verdichtbare bindige Bodenarten an. Die aufgeschlossenen bindigen Deckschichten sind den Bodengruppen G3 und G4 zugehörig und nur bedingt für den Wiedereinbau geeignet.

Bindige Böden der Bodengruppen G3 und G4 können bei zu hohem Wassergehalt durch ungünstige Witterungseinflüsse (Regen, Frost, Austrocknung) für den Einbau unbrauchbar werden. Sie sind vor entsprechenden Einflüssen zu schützen.

## Wasserstände

Bei den Bohrungen RB 1 bis RB 4 und den Sondierungen DPH 1 bis DPH 3 wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (28.10.2017) bis zur jeweiligen Endteufe kein Grund-, Schicht- oder Stauwasser vorgefunden. Generell ist jedoch 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 eines geschlossenen Grundwasserspiegels, insbesondere nach andauernden Niederschlagsperioden, im gesamten Baufeld nicht generell auszuschließen ist.

Gemäß Informationen, die über das Auskunftssystem „Geoportal Wasser“ (<http://www.geoportal-wasser.rlp.de>) der Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz eingeholt wurden, liegen im direkten Umfeld des Baufeldes keine Grundwassermessstellen. Für die nächstgelegene Messstelle „1213 Grünstadt“ liegen keine Messwerte vor. Daher wird angenommen, dass diese Messstelle nicht mehr aktiv betrieben wird.

### 3 Ingenieurgeologische Baugrundbeurteilung

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).

Die Erdbebenzone 0 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,0 bis < 6,5 zugeordnet ist.

In der Hangstabilitätskarte von Rheinland-Pfalz ist das Untersuchungsgebiet nicht kartiert. Gemäß der Rutschungsdatenbank Rheinland-Pfalz ist es im Bereich Grünstadt jedoch bereits zu vereinzelter Massenbewegungen gekommen (Quelle: [http://www.lgb-rlp.de/ms\\_rutschungsdatenbank.html](http://www.lgb-rlp.de/ms_rutschungsdatenbank.html)).

Die Datenbank beinhaltet Rutschungen, Felsstürze, Steinschläge, Erdfälle und Tagesbrüche in Rheinland-Pfalz.

In der Mapserveranwendung werden systematisch angeordnete Kacheln (Ausdehnung 1 x 1 km) dargestellt, deren farbliche Variationen auf die Anzahl der Massenbewegungen innerhalb einer Kachel zurückzuführen ist. Die Darstellung einer Massenbewegung in einer Kachel bedeutet nicht, dass die Gefahr flächendeckend vorhanden ist. Über die aktuelle Aktivität wird nichts ausgesagt.

Beispielhaft zeigt der nachfolgende Kartenausschnitt (Quelle: [http://www.lgb-rlp.de/ms\\_rutschungsdatenbank.html](http://www.lgb-rlp.de/ms_rutschungsdatenbank.html)) die Massenbewegungen im Projektgebiet.

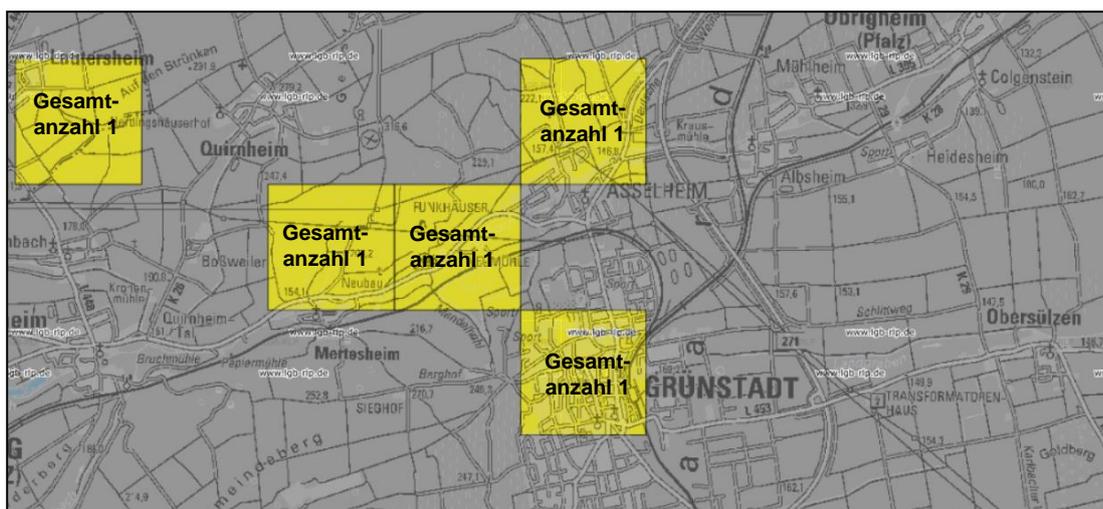


Abb. 1: Massenbewegungen

Da auch Bauvorhaben außerhalb von nachgewiesenen bzw. vermuteten Rutschgebieten nicht grundsätzlich als unbedenklich eingestuft werden können, empfehlen wir, gewisse Vorsichtsmaßnahmen einzuhalten.

Insbesondere dürfen Baugruben zur Sicherheit nur kurzzeitig offen gehalten werden, und bei der Verlegung von Versorgungsleitungen und Kanälen sind die Aufgrabungen möglichst kurz zu halten.

Aufschüttungen von Terrassen oder dgl. von über 2 m Höhe sind, soweit möglich, zu vermeiden.

Die Gebäude sollten eine Ringdrainage erhalten, die an den Regenwasserkanal anzuschließen ist. Niederschlagswasser sollte nicht im Gelände versickert werden.

Bei allen Baumaßnahmen ist in etwa ein Massengleichgewicht anzustreben (Masse Baugrube entspricht etwa der Masse des Bauwerks).

Die Höhe von Einschnitten und Auffüllungen ist auf etwa 2,0 m zu begrenzen.

Für alle Neubauten wird grundsätzlich die Ausführung einer ausgesteiften Gründung (z.B. über eine massive, bewehrte Bodenplatte) empfohlen. Zusätzliche, objektbezogene Anforderungen werden damit nicht hinfällig.

Es sollte keine konzentrierte Versickerung anfallenden Niederschlags- und Oberflächenwassers erfolgen.

Der im Baufeld, im Mittel in einer Mächtigkeit von 30 - 40 cm Stärke, vorhandene Oberboden der Bodengruppe OU nach DIN 18196 ist aufgrund des Gehaltes an organischen Bestandteilen für gründungstechnische Zwecke als ungeeignet zu beurteilen.

Die darunter überwiegend anstehenden feinkörnigen Böden der Bodengruppen TL und UL des Schichtgliedes SG I weisen oberflächennah bis in eine Tiefe von ca. 0,70 m (bei DPH 3) eine überwiegend weiche bis weich-steife Konsistenz auf. Die Konsistenz der unterlagernden fein- und gemischtkörnigen Böden der Bodengruppen TL, UL und ST\* der Schichtglieder SG I und SG II ist bis zu Tiefen von ca. 1,20 m – 2,50 m als steif bis steif-halbfest zu beurteilen. Zur Tiefe gehen sie in eine halbfeste-feste Konsistenz über.

Die bindigen Sande der Bodengruppe ST\* des Schichtgliedes SG II sind bei fester Konsistenz der Bodenklasse 6 zugehörig. Nach DIN 18300 sind diese Sande und die überwiegend anstehenden Schluffe der Bodengruppen UL und TL bei weicher bis halbfester Konsistenz der Bodenklasse 4, bei lokal hohem Anteil an Gesteinsbruchstücken der Bodenklasse 5 zuzuordnen. Bindige Böden (z. B. der Bodengruppen ST\*, TL, UL) sind als wasserempfindlich anzusprechen, d. h., sie reagieren bei Wassergehaltsänderung (Durchfeuchtung) mit einer Verschlechterung ihrer bodenmechanischen Eigenschaften. Durchnässte, breiige Böden gehören nach DIN 18196 in die Bodenklasse 2. Ab mindestens steifer Konsistenz stellen bindige Böden allgemein einen mäßig tragfähigen, zu Setzungen neigenden Baugrund dar.

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

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

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

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

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

Auf Grundlage der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sowie zur Möglichkeit der Begrenzung der zulässigen Setzungen wurde auf die Prüfung zur Anwendung des vereinfachten Verfahrens verzichtet und zur Ausarbeitung der nachfolgenden Gründungsvorschläge orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 ausgeführt (siehe Kapitel 4.2).

Als Hilfskriterium zur Beurteilung einer durchgängig ausreichenden Festigkeit des Baugrunds wurde der Sondierwiderstand  $N_{10}$  (Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe) mit der schweren Rammsonde bestimmt. Hierbei sind bodenspezifisch in Anlehnung an PLACZEK (1985) und durch Korrelation zwischen Bohrungen und schweren Rammsondierungen erfahrungsgemäß folgende Schlagzahlen zu erreichen:

**Schwere Rammsonde:**

**steife Konsistenz:**

**Schlagzahlen  $N_{10} \geq 5 \pm 1$**

Nach Auswertung der Ergebnisse der drei niedergebrachten Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 3) ergeben sich die in nachfolgender Tabelle 4 dargestellten Sachverhalte hinsichtlich der Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig mindestens steifer Konsistenz bzw. mitteldichter Lagerung (bis zur Endteufe der ausgeführten Sondierungen).

Tabelle 4: Tiefenlage des Baugrunds mit durchgängig steifer Konsistenz

Schwere Rammsondierung (DPH)	Baugrund mit durchgängig steifer Konsistenz [m unter Ansatzpunkt]	Baugrund mit durchgängig steifer Konsistenz
		[m ü NN]
DPH 1	0,30	ca. 225,1
DPH 2	0,30	ca. 208,5
DPH 3	0,70	ca. 214,0

**Wichtiger Hinweis**

Die Gründungssohlen von unterkellerten Gebäuden und damit auch die umlaufende Ringdrainage werden in mäßig bis stark kalkhaltigen Böden zu liegen kommen. Das im verfüllten Arbeitsraum versickernde, erfahrungsgemäß saure Niederschlagswasser (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 (s. Abb. 2).

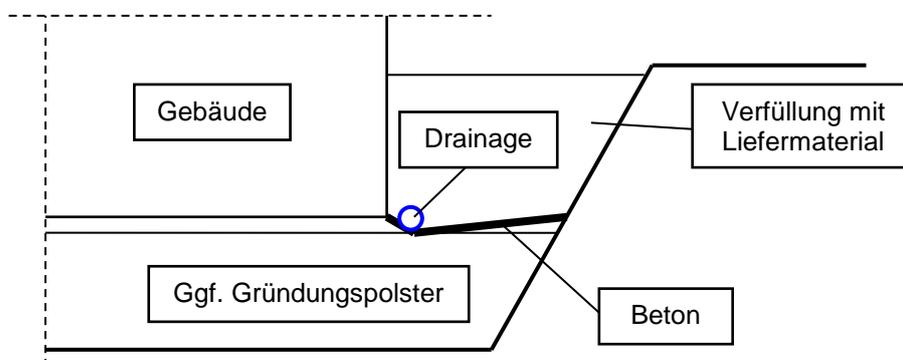


Abb. 2: Systemschnitt

## 4 Gebäudegründung

### 4.1 Allgemeines

Detaillierte Angaben (Ausführungszeichnungen, Gebäudeabmessungen, planmäßige Gründungshöhen, Gründungstiefen, Lastangaben, usw.) bezüglich der geplanten Erweiterung des Krankenhauses liegen derzeit noch nicht vor. Die nachfolgenden Angaben zur Gebäudegründung haben daher lediglich orientierenden Charakter und sollen zu einer Ersteinschätzung der Baugrundsituation dienen.

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

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

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

**Auf Grundlage der Aufschlussergebnisse sind generell Gebäudegründungen sowohl mittels Streifenfundamenten als auch Gründungen mittels elastisch gebetteter, tragender Stahlbetonbodenplatten, ggf. auf entsprechend ausreichend dimensionierten Gründungspolstern (Bodenaustausch) aus gut verdichtbaren, nichtbindigen Erdstoffen möglich. Empfehlenswert ist hier im Hinblick auf die Hinweise in Abschnitt 3 eine Gründung mittels elastisch gebetteter, tragender Stahlbetonbodenplatten.**

**Die genaue Dimensionierung der ggf. erforderlichen Gründungspolster (abhängig nach Größe der auftretenden Lasten und der zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen) kann jedoch nur auf Grundlage detaillierter Setzungsberechnungen und ggf. ergänzender objektbezogener Baugrundaufschlüsse erfolgen.**

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

Sollte die bestehende Geländeoberkante tiefer als die Gründungssohlen liegen, ist die Höhendifferenz durch Einbau von zusätzlichem Fremdmaterial zu überbrücken (Auffüllung).

Aufgrund der Aufschlussergebnisse ist davon auszugehen, dass die Gründungssohlen überwiegend in den bindigen Böden von steifer bis halbfester Konsistenz, ggf. teilweise auch schon in der Übergangszone zum Festgestein zu liegen kommen.

### Einzel-/ Streifenfundamente

Sollten bei Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten die Fundamentsohlen teilweise im Lockergestein und teilweise in der Übergangszone zum Festgestein bzw. im Festgestein selbst zu liegen kommen, sind die Fundamente in den Lockergesteinsbereichen generell bis zum Erreichen der Übergangszone zum Festgestein mittels Füllbeton tieferzuführen, oder unter den Fundamenten ist ein Gründungspolster einzubauen (auch in den Festgesteinsbereichen).

Sofern in Höhe der Fundamentsohlen Böden von nicht ausreichender Tragfähigkeit anstehen (bindige Böden von weicher bzw. weich-steifer Konsistenz), sind die Fundamente generell bis zum Erreichen der Böden von mindestens steifer Konsistenz bzw. der Übergangszone zum Festgestein mittels Füllbeton tieferzuführen, oder unter den Fundamenten ist ein Gründungspolster einzubauen.

Zur orientierenden Abschätzung der in Abhängigkeit von den Fundamentabmessungen und den zu erwartenden Setzungsbeträgen sich ergebenden Bemessungswerte des Sohlwiderstands von lotrecht mittig belasteten Einzel-/Streifenfundamenten wurden *beispielhaft* orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 für die ständige Bemessungssituation (BS-P) nach EC 7 durchgeführt (s. Abschnitt 4.2).

**Diese Berechnungen ersetzen jedoch nicht objektbezogene, gesonderte Nachweise.**

### Tragende, elastisch gebettete Stahlbetonbodenplatten

Sollten bei Gründung mittels tragender Stahlbetonbodenplatten in Höhe der Gründungssohle Lockergesteinsböden von nicht ausreichender Tragfähigkeit anstehen, bzw. kommen die Gründungssohlen teilweise im Festgestein und teilweise im Lockergestein zu liegen, empfehlen wir unterhalb der Bodenplatten den Einbau eines Gründungspolsters aus gut verdichtbaren grob- bzw. gemischtkörnigen, gut kornabgestuften Erdstoffen der Bodengruppen SW, GW (z. B. Sandsteinbruch, Kies-Sand oder Hartsteinmaterial der Lieferkörnung 0/45, 0/56, 0/100 oder vergleichbares).

Zur Homogenisierung des Baugrundes sowie zur Minimierung der Setzungsdifferenzen und Spannungsspitzen empfehlen wir weiterhin, unterhalb der Bodenplatten generell ein Gründungspolster (Bodenaustausch) aus gut verdichtbaren, nichtbindigen Erdstoffen in einer Mächtigkeit von mindestens 0,25 – 0,30 m einzubauen, falls die Gründungssohlen nicht vollständig im Festgestein liegen.

Die genaue Dimensionierung der Gründungspolster (abhängig nach Größe der auftretenden Lasten und der zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen) kann jedoch nur auf Grundlage ergänzender objektbezogener und detaillierter Setzungsberechnungen erfolgen.

Zur Abschätzung der ansetzbaren Bettungsmoduln s. Abschnitt 4.3.

### **Gründungspolster (Bodenaustausch + ggf. Geländeauffüllung) und Arbeitsraumverfüllung**

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

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

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

Bei einem in der Höhe gestaffelten Gründungspolster ist dieses abgetrept einzubauen. Das Gründungspolster ist über den Fundament- / Plattenrand hinaus im Lastausbreitungswinkel von  $45^\circ$  herzustellen.

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

Das anstehende Planum ist vor Einbau des Geotextils grundsätzlich nachzuverdichten, falls es nicht im Festgestein liegt. Dabei sollte nur statisches Verdichtungsgerät verwendet werden.

Je nach Größe der auftretenden Lasten und zulässigen Absolut- und Differenzsetzungen kann die genaue Dimensionierung eines Gründungspolsters nur auf Grundlage von Setzungsberechnungen erfolgen. Es können demnach auch geringere oder größere Mächtigkeiten der o. g. Gründungspolster erforderlich werden.

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

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

### **Für herzustellende Langzeitböschungen ohne zusätzliche Last**

Sofern im Zuge der Baumaßnahme Langzeitböschungen entstehen oder angeschüttet werden, können in Abhängigkeit von der Bodenart und der Böschungshöhe hinsichtlich der Böschungseigung die nachfolgenden Anhaltswerte in Anlehnung an den FLOSS-Kommentar zur ZTVE-StB 09 (Fassung 2011) zugrunde gelegt werden. Diese gelten nur für unbelastete Langzeitböschungen ohne Strömungsdruck.

#### **Grobkörnige Böden:**

**Kiese, Sande:** 1 : 1,5  
**Feinsande:** 1 : 2,0

#### **Gemischtkörnige Böden:**

**Schluffig-tonige Böden (GU):** 1 : 1,5

#### **Bindige, feinkörnige Böden (UL, TL, TM) und gemischtkörnige Böden (GU\*, SU, SU\*, ST\*):**

**h < 3 m:** 1 : 1,25  
**für 3 m < h < 10 m:** 1 : 1,5  
**für 10 m < h < 15 m:** 1 : 1,8 bis 2,0

**Die Standsicherheit steilerer Böschungen sowie bei Böschungen mit Strömungsdruck oder belasteten Langzeitböschungen ist im Einzelfall gemäß DIN 4084 nachzuweisen. Ggf. sind die Böschungen durch geeignete Maßnahmen, z. B. Stützwände, Gabionen, usw. zu sichern, wobei diese Sicherungsmaßnahmen nachzuweisen sind.**

Die Böschungen sind durch Ausrundung ihrer Übergangsbereiche gut in das Gelände einzupassen. Neben dem gestalterischen Element wirken ausgerundete Übergänge der Erosion und den Spreizspannungen im Böschungsbereich entgegen.

Zum Schutz vor Erosion durch Witterungseinflüsse sind Langzeitböschungen umgehend zu begrünen.

**Der Abstand eines Gebäudes von der Böschungskante muss so groß sein, dass die Böschung keine Belastung durch das Gebäude erfährt. Bei einer Böschungshöhe von z. B. ca. 1,00 m wäre das je nach Böschungsmaterial ein Abstand von ca. 1,60 m bis ca. 2,40 m. Für größere Böschungshöhen sind die Abstände dementsprechend zu vergrößern.**

Sollten die Platzverhältnisse dafür nicht ausreichend sein, sind die Böschungen durch geeignete Maßnahmen, z. B. Stützwände, zu sichern, wobei diese Sicherungsmaßnahmen nachzuweisen sind.

## 4.2 Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten

Untersucht wird die Gründung mittels Einzel-/Streifenfundamenten.

Die Gründungsaufstandsflächen sind vor dem Einbringen des Fundamentbetons gründlich nachzuverdichten, falls sie nicht im Festgestein liegen.

Zur orientierenden Abschätzung der Bemessungswerte des Sohlwiderstands in Abhängigkeit von den Fundamentabmessungen bzw. der Fundamentbreite unter Berücksichtigung des Setzungsverhaltens wurden Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 für die ständige Bemessungssituation (BS-P) nach EC 7 für Einbindetiefen von 0,50 m und 0,80 m durchgeführt. Als Berechnungsgrundlage wurde exemplarisch die schwere Rammsondierung DPH 2 in Verbindung mit der Kleinrammbohrung RB 3 herangezogen. Dabei wurde angenommen, dass die Gründungssohlen in den bindigen Böden von mindestens steifer Konsistenz zu liegen kommen.

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

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4017 und DIN 4019 der Einzel-/Streifenfundamente aufgeführt. Die Details sind den Anlagen 7.1 bis 7.4 zu entnehmen und zu beachten!

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

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

Die zu erwartenden Setzungen, die rechnerisch zulässigen Bemessungslasten und die rechnerischen zulässigen Bemessungswerte des Sohlwiderstands sind für einige ausgewählte Fundamente den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen. Es wurde dabei eine Begrenzung der Absolutsetzung auf 1,50 cm und des Bemessungswert des Sohlwiderstands von 380 kN/m<sup>2</sup> angenommen.

### Streifenfundamente

*Tabelle 5: Berechnungsergebnisse für lotrecht mittig belastete Streifenfundamente; Anlagen 7.1 und 7.2  
Einbindetiefen  $t = 0,80$  m und  $0,50$  m; Berechnungsgrundlage DPH 2  
Annahme: Gründungssohle in Schluffen von steifer Konsistenz*

Fundamentbreite $b$ [m] / Einbindetiefe $t$ [m]	Aufnehmbare Bemessungs- last <sup>*)</sup> $R_{n,d}$ ca. [kN/m]	Bemessungs- wert des Sohl- widerstands $\sigma_{R,d}$ ca. [kN/m <sup>2</sup> ]	Rechnerische Setzung ca. [cm]	Bettungsmodul ca. [MN/m <sup>3</sup> ]
0,5 / 0,80	100	200	1,5 <sup>**)</sup>	9
0,8 / 0,80	125	170	1,5 <sup>**)</sup>	7
0,5 / 0,50	93	187	1,5	9
0,8 / 0,50	115	150	1,5 <sup>**)</sup>	7

<sup>\*)</sup> in der Fundamentsohle

<sup>\*\*)</sup> angenommene Begrenzung

### Einzelfundamente

*Tabelle 6: Berechnungsergebnisse für lotrecht mittig belastete Einzelfundamente; Anlagen 7.3 und 7.4  
Einbindetiefen  $t = 0,80$  m und  $0,50$  m; Berechnungsgrundlage DPH 2  
Annahme: Gründungssohle in Schluffen von steifer Konsistenz*

Fundamentabmes- sungen $a \times b$ [m] / Einbindetiefe $t$ [m]	Aufnehmbare Bemessungs- last <sup>*)</sup> $R_{n,d}$ ca. [kN]	Bemessungs- wert des Sohl- widerstands $\sigma_{R,d}$ ca. [kN/m <sup>2</sup> ]	Rechnerische Setzung ca. [cm]	Bettungsmodul ca. [MN/m <sup>3</sup> ]
1,2 x 1,2 / 0,8	395	150	1,5 <sup>**)</sup>	8
1,5 x 1,5 / 0,8	595	120	1,5 <sup>**)</sup>	7
1,2 x 1,2 / 0,5	385	150	1,5 <sup>**)</sup>	7
1,5 x 1,5 / 0,5	510	120	1,5 <sup>**)</sup>	6

<sup>\*)</sup> in der Fundamentsohle

<sup>\*\*)</sup> angenommene Begrenzung

Die Fundamentdiagramme sind als Anlagen 7.1 bis 7.4 beigelegt. Für andere Fundamentabmessungen und Belastungen können die zu erwartenden Setzungen dem entsprechenden Fundamentdiagramm entnommen werden.

### Hinweis:

Die Fundamentberechnungen gelten nur für die angegebenen Einbindetiefen. Sofern andere Einbindetiefen gewählt werden, sind Neuberechnungen erforderlich.

**Diese Berechnungen ersetzen jedoch nicht objektbezogene, gesonderte Nachweise.**

### 4.3 Gründung mittels tragender Stahlbetonbodenplatten und Gründungspolster

Da Angaben zur Belastung der Bodenplatten zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vorlagen, können nur orientierende Angaben bezüglich der Gründungspolster und der ansetzbaren Bettungsmoduln erfolgen (s. auch Abschnitt 4.1).

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

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

**Wir empfehlen, auch in den Bereichen, in denen kein Gründungspolster erforderlich ist, generell ein Gründungspolster unterhalb der Bodenplatte in einer Mächtigkeit von ca. 0,25 m – 0,30 m zur Homogenisierung des Baugrunds und zur Vermeidung von Spannungsspitzen einzubringen.**

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

Bei Wahl einer Gründung mittels tragender, elastisch gebetteter Stahlbetonbodenplatten und Gründungspolster können für die statische Vorbemessung basierend auf Erfahrungswerten bei vergleichbaren Bauvorhaben bei ähnlicher Baugrundsichtung unter den Platten ansetzbare Bettungsmoduln von etwa 2 – 5 MN/m<sup>3</sup> und in den Randbereichen von etwa 5 – 15 MN/m<sup>3</sup> abgeschätzt werden, die jedoch abhängig von den Belastungen der Platten sind. Bei genauer Berechnung ergeben sich die ansetzbaren Bettungsmoduln aus der rechnerischen Sohlspannungsverteilung nach der Beziehung  $k_s = \sigma/s$ .

#### Hinweis

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

**Wir empfehlen bei Wahl dieser Gründungsmethode, bei entsprechender Planungsreife und nach Vorlage der tatsächlichen Wand- und Stützenlasten (vereinfachter Lastenplan) ergänzende Setzungsberechnungen zu beauftragen. Auf Grundlage dieser Berechnungen können optimierte Gründungsvorschläge erarbeitet werden.**

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

#### **4.4 Schlussbemerkungen zur Gebäudegründung**

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

Die Gründungssohlen sind durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

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

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

Die Entwässerung der Baugrubensohle ist dauerhaft sicherzustellen!

## 5 Erdbautechnische Hinweise

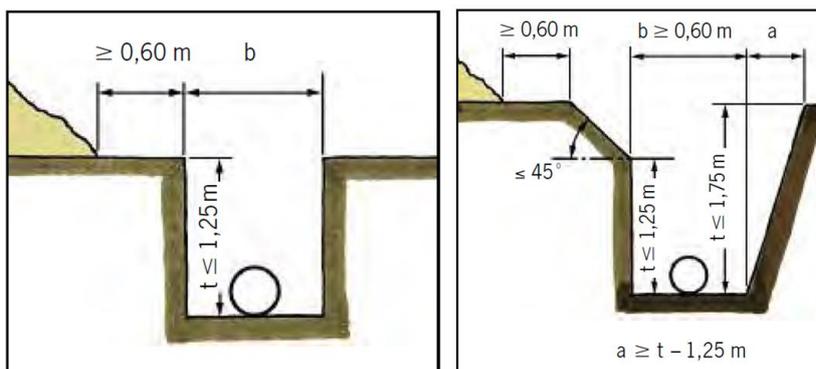
### 5.1 Erdarbeiten, Baugruben- und Grabenaushub, Wasserhaltung

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

#### Nicht verbaute senkrechte Baugrubenwände

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

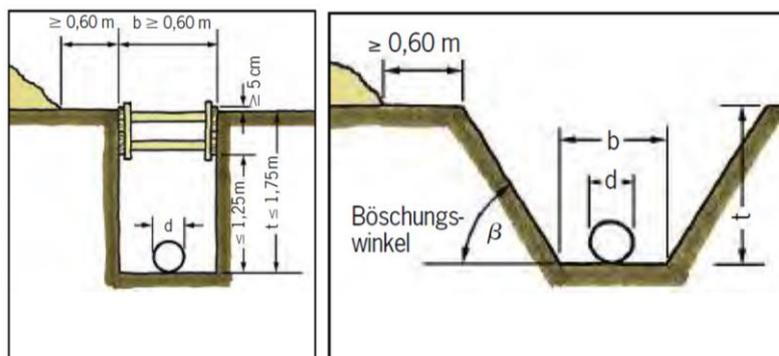
- nichtbindige und weiche bindige Böden maximal 1:10
- mindestens steife bindige Böden maximal 1:2



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

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

Diese müssen mit abgeböschten Wänden hergestellt oder verbaut werden. Die Böschungsneigung richtet sich unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften unter Berücksichtigung der Zeit, während der die Baugrube offen zu halten ist und nach den äußeren Einflüssen, die auf die Baugrubenböschung wirken.



Hinweis:

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

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

**Bodengruppen ST\*, TL, UL:**  $\leq 45^\circ$  bei weicher Konsistenz  
 $\leq 60^\circ$  bei mindestens steifer Konsistenz

**Festgestein:**  $\leq 80^\circ$  (unter Beachtung des Trennflächengefüges)

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

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

### **Anmerkung**

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

## **5.2 Verbau**

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

Die Standsicherheit des Verbaus muss in jedem Bauzustand bis zum Erreichen der endgültigen Aushubsohle 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.

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

### 5.3 Leitungsgräben

**Angaben zu Leitungsgräben und Tiefen lagen zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor.**

**Nach den Aufschlussergebnissen befinden sich eventuelle Leitungstrassen und Kanalgräben voraussichtlich nicht im Grund- oder Schichtwassereinflussbereich, jedoch wird aufgrund entsprechender Grabentiefen ein verformungsarmer Verbau erforderlich, welcher unter Berücksichtigung der erdstatischen Parameter der Tabelle 2 für den Erdruhedruck zu bemessen und dementsprechend konstruktiv auszubilden ist (siehe auch Abschnitt 5.2).**

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.

**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.**

### 5.4 Wiederverwendung von Aushubböden

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

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

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

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

Die sachgerechte Verdichtung erfordert bei bindigen Böden auch bei günstigen Einbauwassergehalten den Einsatz geeigneter, auf die stark bindige Ausbildung der Böden abgestimmter Geräte (z. B. Schafffußwalze, anschließende Übergänge mit Glattmantelwalze).

Die Böden, die für den späteren Wiedereinbau verwendet werden sollen, sind durch geeignete Maßnahmen (z. B. Abdecken mit Planen oder Folien, Zwischenlagerung auf abgewalzten Halden) gegen Witterungseinflüsse (Durchfeuchtung oder Austrocknung) zu schützen.

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

**Im Bereich angrenzender Bebauung ist generell 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. Die Ergebnisse werden nachgereicht.**

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

**Die überwiegend vorhandenen bindigen Böden der Bodengruppe UL, TL und ST\* sind nur mäßig bis schwer verdichtbar und daher für die Wiederverfüllung der Gräben nur bedingt geeignet. Es sollte daher eine Bodenverbesserung mit hydraulischem Bindemittel erfolgen oder stattdessen 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/m<sup>3</sup> (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 3 angegebenen Mindestanforderungen bezüglich des Verdichtungsgrades  $D_{Pr}$  in den jeweiligen Tiefenbereichen gestellt:

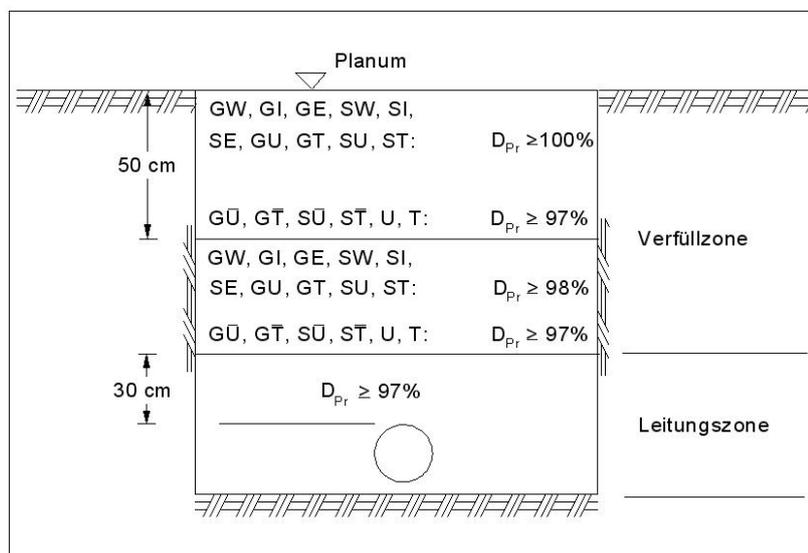


Abb. 3: Verdichtungsanforderungen nach ZTV E-StB 09

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

Auf dem Planum, d. h. der Verfüllzone, ist ein Verformungsmodul von mindestens 45 MN/m<sup>2</sup> 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.

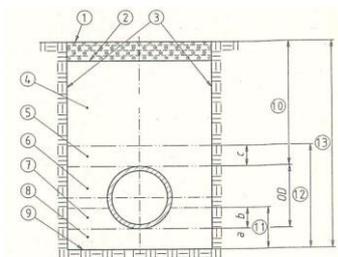
## 5.6 Rohr- und Schachtgründung

Eine Rohrbettung in den Lockergesteinsböden der Schichtglieder SG I und SG II (UL, TL, ST\*) kann bei mindestens steifer Konsistenz grundsätzlich ohne zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen erfolgen.

Nasse bzw. durchweichte Gründungsbereiche sind mit einer Mächtigkeit von mindestens 30 cm 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.

## 5.7 Anordnung von Sperrriegeln

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

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

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

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

## 6 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. Feuchte ist im Boden jedoch immer vorhanden, d. h., es ist immer mit Bodenfeuchte 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 in die bindigen 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 Sohlen und Außenwände 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 Bodenplatten sind 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 m<sup>2</sup> ein Flächendrän zu planen, der über Drainageleitungen entwässert wird. Bei Flächen bis 200 m<sup>2</sup> darf eine Flächendrängeschicht ohne Dränleitungen zur Ausführung kommen, wenn die Entwässerung sichergestellt ist, z. B. durch Durchbrüche in den Streifenfundamenten bzw. Betonschürzen.

Die Flächendrängung vor Wänden, die in das Erdreich einbinden (z. B. Dränplatten aus bituminös verklebten Polystyrolkugeln oder Dränmatten aus Kunststoff-Noppenbahnen) und die Ringdrängung 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 den Bodenplatten eine kapillarbrechende Schicht vorzusehen (z. B.  $\geq 15$  cm Kies/Schotter 8/16 DIN 4226, Teil 1).

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

Alternativ kann für die Ausbildung von unterkellerten Gebäuden eine „Weiße Wanne“ in Erwägung gezogen werden. Dabei werden die Bodenplatte und Außenwände als geschlossene Wanne aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 hergestellt. Aufgrund dieser Konstruktion sind keine zusätzlichen Dichtungsbahnen erforderlich. Für die Herstellung der Bauwerke wird auf die Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ des DAfStb verwiesen.

## 7 Versickerung von Niederschlagsabflüssen

### 7.1 Allgemein

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

Neue Flächenbefestigungen sind wasserdurchlässig herzustellen.

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

Die prinzipiellen technischen Lösungen sind:

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

**Aufgrund der nur sehr schwachen Versickerungseignung der anstehenden Böden wird hier eine entsprechend große Dimensionierung der gewählten Anlage erforderlich.**

### 7.2 Versickerungseignung der anstehenden Böden

#### 7.2.1 Allgemein

Die Menge des zur Versickerung gelangenden Wassers wird von zwei Faktorengruppen bestimmt. Die eine besteht aus der *Menge und Verteilung des zu versickernden Wassers* und der *Evapotranspiration (Boden- und Pflanzenverdunstung)*. Die andere besteht aus Bodeneigenschaften wie dem Zusammenhang zwischen *Wasserspannung* einerseits, *Wasserleitfähigkeit* und *Wassergehalt* andererseits und dazu dem *Infiltrationsvermögen*. Das Infiltrationsvermögen eines Bodens hängt überwiegend von der Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte der aufbauenden Lockergesteine ab und wird durch den Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  ausgedrückt. 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 Lockergesteine in Frage, deren  $k_f$ -Werte im Bereich von  $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s liegen (Flächenversickerung  $2 \times 10^{-5}$  m/s). Sind die  $k_f$ -Werte kleiner als  $1 \times 10^{-6}$  m/s, stauen Versickerungsanlagen lange ein, und es können anaerobe Verhältnisse auftreten, die Rückhalte- und Umwandlungsvermögen negativ beeinflussen. Eine Entwässerung ausschließlich durch Versickerung mit zeitweiliger Speicherung ist dann nicht von vornherein gewährleistet, so dass eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit vorzusehen ist.

Die Mächtigkeit des Sickertraumes (Gesteinskörper, der zum Beobachtungszeitpunkt kein Grundwasser enthält), sollte grundsätzlich mindestens 1 m betragen (bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand), um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

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 von Muldenflächen sollte bei der Herstellung der Mulde so wenig wie möglich verdichtet werden. Bei Aushub von gewachsenem Boden ist beim Abziehen der Oberfläche eine Verdichtung durch die Baggerschaufel zu vermeiden.

Weiterhin ist nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 hinsichtlich des Abstandes von Versickerungsanlagen zu Gebäuden folgendes zu beachten: Bei Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtung sollten Versickerungsanlagen grundsätzlich nicht in Verfüllbereichen in Gebäudenähe, z. B. Baugruben, angeordnet werden. Die nachfolgende Abbildung 4 zeigt die Kriterien für den Abstand von Versickerungsanlagen zu Gebäuden:

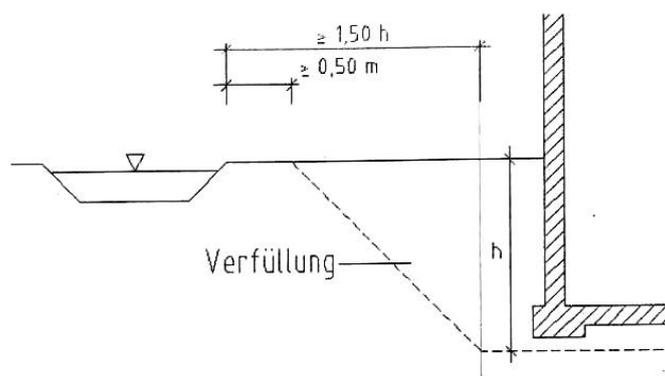


Abb. 4: Mindestabstand dezentraler Versickerungsanlagen von Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtung

### **Bindige Böden (Schichtglieder SG I und SG II):**

Die tonig-schluffigen Böden, deren Verbreitung im Gebiet als flächig angenommen werden kann, sind generell durch geringe Durchlässigkeiten und geringe Wasserleitfähigkeiten, die gegenüber dem Ausgangssubstrat durch Verwitterung reduziert sind, gekennzeichnet. Nach unseren Erfahrungen an vergleichbaren Böden liegen die Durchlässigkeiten im Bereich  $k_f < 10^{-6}$  m/s.

Zur näherungsweisen Ermittlung der charakteristischen Durchlässigkeit der überwiegend anstehenden schwach tonigen bis tonigen, schwach bis stark (fein-)sandigen Schluffe des Schichtgliedes SG I wurde je ein Versickerungsversuch (Auffüllversuch im verrohrten Bohrloch) in Tiefen von 1,80 m u GOK (bei Kleinrammbohrung RB 3) und 1,10 m u GOK (bei Kleinrammbohrung RB 4) ausgeführt.

Ergänzend wurden zur Beurteilung der Versickerungseignung im bodenmechanischen Labor die Körnungslinie nach DIN 18123 mittels kombinierter Sieb-/Schlammanalyse an einer charakteristischen Bodenprobe bestimmt (s. Anlage 5) und außerdem eine Abschätzung der Durchlässigkeit auf Grundlage von Literaturangaben vorgenommen.

### **7.2.2 Abschätzung der charakteristischen Durchlässigkeit**

Bei den Kleinrammbohrungen wurden unter der humosen Oberbodendecke bis zu Tiefen von ca. 1,20 m – 2,50 m uAP (Endteufe) schwach tonige bis tonige, teils schwach bis stark (fein-)sandige, teils schwach kiesige bis kiesige, teils schwach humose Schluffe und stark schluffige, tonige Sande (Bodengruppen: TL, UL und ST\* nach DIN 18196) von überwiegend steifer bis halbfester Konsistenz aufgeschlossen.

Zur ersten Beurteilung erfolgte eine Abschätzung der charakteristischen Durchlässigkeit der anstehenden Erdstoffe auf Grundlage von Literaturangaben.

*Tabelle 7: Abschätzung der  $k_f$ -Werte anhand von Literaturangaben*

<b>Schichtglied</b>	<b>Entnahmetiefe [m u GOK]</b>	<b><math>k_f</math> - Wert [m/s]</b>	<b>Bodengruppe (DIN 18196)</b>
Schluffe und bindige Sande	0,30 – 1,20 bzw. 2,50	$10^{-6} – 10^{-9}$	UL, TL, ST*

Es ist davon auszugehen, dass die Durchlässigkeit der aufgeschlossenen Erdstoffe der Bodengruppen UL, TL und GU\* in der Größenordnung von  $k_f \leq 10^{-6}$  m/s anzusetzen ist.

Die anstehenden bindigen Böden sind daher nach DWA-A 138 als **nicht geeignet für Versickerungszwecke** zu beurteilen.

### 7.2.3 Ermittlung des $k_f$ -Wertes anhand der Korngrößenverteilung nach DIN 18123

Die Bestimmung des  $k_f$ -Wertes kann ergänzend näherungsweise anhand der Kornverteilung über die empirischen Verfahren nach BEYER, HAZEN, SEELHEIM und MALLET/PAQUANT erfolgen. Zur näherungsweisen Bestimmung der charakteristischen Durchlässigkeit der im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden wurde daher an einer Bodenprobe die Korngrößenverteilung mittels kombinierter Sieb-/Schlamm-Analyse nach DIN 18123 bestimmt (s. Anlage 5).

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

Tabelle 8: 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 9: Ergebnisse der  $k_f$ -Wert-Bestimmung anhand der Korngrößenverteilung

Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m uGOK]	Berechnungsmethode	$k_f$ - Wert [m/s]	Bemessungs- $k_f$ <sup>*)</sup> [m/s]	Bodengruppe (DIN 18196)
RB 4 / P 2	0,30 – 1,20	MALLET/PAQUANT	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	UL

<sup>\*)</sup> 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 (schwach tonige Schluffe) der Bodengruppe UL sind auf Grundlage der Bestimmung der Durchlässigkeit durch Sieblinienauswertung nach MALLET/PAQUANT nach DIN 18130 als „sehr schwach durchlässig“ zu klassifizieren.

## 7.2.4 Ermittlung des $k_f$ -Wertes im Feld

Die Ergebnisse der in den verrohrten Bohrlöchern (bei RB 3 und RB 4) bei Tiefen von 1,80 m und 1,10 m u GOK ausgeführten Auffüllversuchen (VS 1 und VS 2) sind den Anlagen 8.1 und 8.2 zu entnehmen.

Aus den ermittelten Daten lassen sich nachfolgende geohydraulische Kennwerte ableiten:

Tabelle 10: 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 3	1,80	$2,63 \cdot 10^{-7}$	$5,26 \cdot 10^{-7}$	TL
VS 2 bei RB 4	1,10	$4,56 \cdot 10^{-7}$	$9,12 \cdot 10^{-7}$	UL

<sup>\*)</sup> 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 (schwach tonige bis tonige Schluffe) der Bodengruppen TL und UL sind auf Grundlage der Bestimmung der Durchlässigkeit mittels Auffüllversuchen im verrohrten Bohrloch nach DIN 18130 als „schwach durchlässig“ zu klassifizieren.

### Open-End-Test

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



$$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H} \quad (m/s)$$

mit  $Q$  = Wasserzugabe ( $m^3/s$ )  
 $r$  = Radius des Rohres (m)  
 $H$  = konstante Druckhöhe (m)

Abb. 5: Versuchsanordnung Open-End-Test und Bestimmungsgleichung

Bei der Auswertung der durchgeführten Versuche als Open-End-Test ergeben sich nachfolgende Werte:

Tabelle 11: Ergebnisse der  $k_f$ -Wert-Bestimmung anhand der Feldversuche

Proben-Nr.	Tiefenlage [m uGOK]	$k_f$ - Wert [m/s]	Bemessungs- $k_f^*)$ [m/s]	Bodengruppe (DIN 18196)
VS 1 bei RB 3	1,80	$1,57 \cdot 10^{-7}$	$3,13 \cdot 10^{-7}$	TL
VS 2 bei RB 4	1,10	$4,88 \cdot 10^{-7}$	$9,75 \cdot 10^{-7}$	UL

**Aufgrund der bei Feldbedingungen erschwerte kontrollierbaren vollständigen Aufsättigung des Bodens vor der Versuchsdurchführung wird ein Korrekturfaktor von 2,0 berücksichtigt.**

### 7.3 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) abgeleitet. Die Kennziffern bedeuten:

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

Für die Versickerungseignung von Standorten ist zunächst der Merkmalskomplex V, also die Begrenzung des versickerungsfähigen Volumens maßgebend. Abhängig von diesem Entscheidungskriterium erfolgt die weitere Einstufung und Klassifizierung nach den weiteren Merkmalskomplexen.

Die anstehenden bindigen Böden sind gemäß dem „Leitfaden Flächenhafte Niederschlagswasserversickerung“ 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“ eingestuft werden können.

Zur Sanierung/Melioration stehen folgende Maßnahmen zur Verfügung:

- Bodenaustausch
- Auflockerung
- Beimengung

Die anstehenden bindigen Böden sind aufgrund ihrer ausgesprochenen Verschlammungsneigung der Gruppe X3 zuzuordnen. Eine Auflockerung ist daher als nicht sinnvoll einzustufen.

Eine Erhöhung der Durchlässigkeit durch Bodenaustausch ist möglich. Im Bereich von Versickerungseinrichtungen 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.

#### 7.4 Interpretation der Ergebnisse

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 bindigen Böden 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 bindigen Böden 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 MALLET/PAQUANT bestätigen diesen Trend.

Bei Aufsättigung der Lehme ist mit einem tiefgründigen Aufweichen und Verschlechterung des Baugrundes bei den ohnehin schon nur mäßigen Tragfähigkeiten der bindigen Böden 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.

Aufgrunddessen, und da die anstehenden bindigen Böden nach DWA-A 138 als **nicht bzw. nur sehr schwach geeignet für Versickerungszwecke** zu beurteilen sind, ist hier von einer Flächen- bzw. Muldenversickerung sowie einer Schachtversickerung abzuraten. Bei einer Schachtversickerung wären sehr große Einbindetiefen erforderlich.

**Sollte trotzdem und trotz der Hinweise in Abschnitt 3 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.**

**Unabhängig davon ist jedoch generell von einem konzentrierten, punktuellen Eintrag von Wasser in den Baugrund in Form von Versickerungsmulden oder -becken (Gefahr der Schwächung des Korngerüstes der kalkhaltigen Böden durch langfristige Lösung des freien Kalkanteils) abzuraten (s. Abschnitt 3).**

**Aufgrund der im Zuge der Bauausführung höchstwahrscheinlich erforderlichen Geländemodellierung und der dadurch entstehenden Böschungen im Hangbereich ist jedoch von einer Versickerung der anfallenden Niederschlags- und Oberflächenwässer im Hangbereich ebenfalls abzuraten, um die Standsicherheit der Böschungen nicht zu vermindern.**

## 7.5 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. 6)

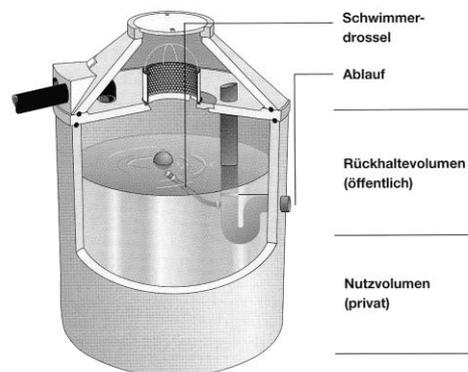


Abb. 6: Beispiel einer Regenwasserretention

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.

## 8 Hinweise zum Bau von Verkehrsflächen

### 8.1 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, UL und ST\***) 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  $\text{MN/m}^2$ ) 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.

## 8.2 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 schlagen wir die Einstufung in die typischen Entwurfssituationen „Quatierstraße“ und „Sammelstraße“ nach RAS<sub>t</sub> und somit in die Straßenkategorien Erschließungsstraßen HS IV und ES IV vor. Ausgehend von diesen Straßenkategorien sind die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 zugehörig. Wir empfehlen eine Einstufung in die Belastungsklasse Bk1,8.

Als **Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus** schlagen wir bei Einstufung in die **Belastungsklasse Bk1,8** entsprechend Tabelle 2 der RStO 12 (Wohn- und Sammelstraße) für die basierend auf den punktuellen Aufschlussergebnissen der Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 4 anstehenden F3-Böden sowie aufgrund der Lage des Projektgebiets in der Frosteinwirkungszone I, in Verbindung mit Tabelle 6 der RStO 12 vor:

**Belastungsklasse Bk1,8: 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 Bk1,8** auf F3-Untergrund:

**Belastungsklasse Bk1,8: 60 cm**

**4 cm Asphaltdecke**

**16 cm Asphalttragschicht**

**40 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 Bk1,8** folgender Regelaufbau nach Tafel 3, Zeile 1 der RStO 12 in Verbindung mit Tabelle 8 der RStO 12 empfohlen:

**Belastungsklasse Bk1,8: 69 cm**

**10 cm Pflasterdecke**

**4 cm Bettung**

**25 cm Schottertragschicht**

**30 cm Frostschuttschicht**

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

$E_{V2} \geq 120 \text{ MPa}$ ,  $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$  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  $\geq 25 \text{ cm}$  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 Frostschuttschicht realisiert, die erforderliche Mindestdicke der Frostschuttschicht zur Gewährleistung der erforderlichen Tragfähigkeit ist jedoch einzuhalten (vgl. Tabelle 8 der RStO 12).

### 8.3 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/m<sup>2</sup>** 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.

## 9 Schlussbemerkung

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

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

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

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

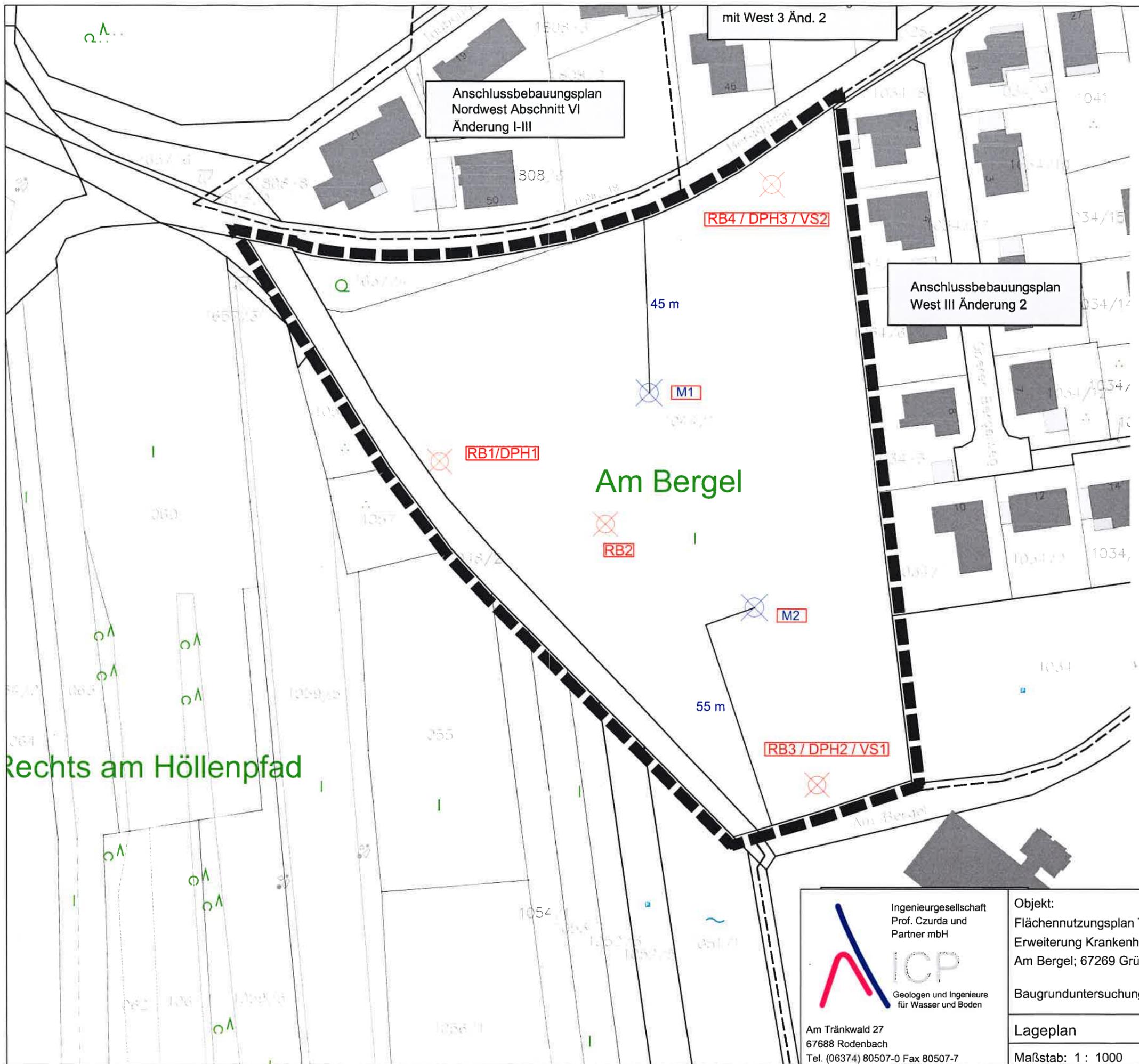
Bei Unsicherheiten/Unklarheiten oder der Gefahr der Fehlinterpretation ist der Gutachter heranzuziehen.

**ICP** Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH



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

gez.  
Christine Koch  
(Dipl.-Ing.)



mit West 3 Änd. 2

Anschlussbebauungsplan  
Nordwest Abschnitt VI  
Änderung I-III

RB4/DPH3/VS2

Anschlussbebauungsplan  
West III Änderung 2

45 m

M1

RB1/DPH1

Am Bergel

RB2

M2

55 m

RB3/DPH2/VS1

Rechts am Höllenpfad

Legende

-  RB Kleinrammbohrung
-  DPH Schwere Rammsondierung
-  VS Absenkversuche
-  M Radonmesspunkte



Ingenieuresellschaft  
Prof. Czurda und  
Partner mbH

**ICP**  
Geologen und Ingenieure  
für Wasser und Boden

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

Objekt:  
Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13  
Erweiterung Krankenhaus;  
Am Bergel; 67269 Grünstadt

Baugrunduntersuchung

Lageplan

Maßstab: 1 : 1000

Anlage: 1

zu Bericht Nr.:  
**B17186**

Dat.: 28.10.2017

Bearb.: S. Lübeck

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: B17186  Anlage: 2
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus, 67269 Grünstadt

<b>Bohrung RB 1</b> / Blatt: 1	Höhe: 225,44 m ü NN  Datum: 28.10.2017
--------------------------------	--

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 <sup>1)</sup>					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.30	a) Schluff, schwach tonig, stark sandig, schwach kiesig, humos, Wurzeln, Gras, kalkhaltig				DN 80; schwach feucht	bp3	P1	0.30
	b)							
	c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)				
0.80	a) Schluff, schwach tonig, stark sandig, kiesig, kalkhaltig				DN 80; schwach feucht	bp3	P2	0.80
	b)							
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren - schwer zu	e) beige					
	f)	g)	h) TL - UL	i)				
1.40	a) Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, kalkhaltig				DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m; Bohrstillstand; kein Wasser messbar	bp3	P3	1.40
	b)							
	c) halbfest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) beige, weiss					
	f)	g)	h) TL - UL	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 gekernten Proben</p>	Bericht: B17186  Anlage: 2
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus, 67269 Grünstadt

<b>Bohrung RB 2</b> / Blatt: 1	Höhe: 218,68 m ü NN  Datum: 28.10.2017
--------------------------------	--

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 <sup>1)</sup>						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.40	a) Schluff, schwach tonig, schwach sandig, humos, Wurzeln, kalkhaltig			DN 80; schwach feucht		bp3	P1	0.40
b)								
c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g)	h) OU	i)					
0.90	a) Schluff, schwach tonig, kiesig, schwach sandig, kalkhaltig			DN 80; schwach feucht		bp3	P2	0.90
b)								
c) steif	d) mäßig schwer zu bohren - schwer zu	e) braun						
f)	g)	h) TL - UL	i)					
2.30	a) Sand, stark schluffig, tonig, kalkhaltig			DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m; Bohrstillstand; kein Wasser messbar		bp3	P3	2.30
b)								
c) halbfest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) braun						
f)	g)	h) ST*	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 gekernten Proben</p>	Bericht: B17186  Anlage: 2
--	---	-------------------------------------

Vorhaben: Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus, 67269 Grünstadt

<b>Bohrung RB 3</b> / Blatt: 1	Höhe: 208,77 m ü NN  Datum: 28.10.2017
--------------------------------	--

1	2				3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung <sup>1)</sup>				Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe							
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe	i) Kalk- gehalt						
0.30	a) Schluff, schwach tonig, sandig, humos, Wurzeln, Gras, kalkhaltig			DN 80; schwach feucht		bp3	P1	0.30		
	b)									
	c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun							
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)						
1.00	a) Schluff, schwach tonig, feinsandig, schwach humos, kalkhaltig			DN 80; schwach feucht		bp3	P2	1.00		
	b)									
	c) steif	d) mäßig schwer zu bohren	e) braun							
	f)	g)	h) TL - UL	i)						
2.50	a) Schluff, tonig, sandig, schwach humos, kalkhaltig			DN 60; Bohrstillstand; kein Wasser messbar		bp3	P3	2.50		
	b)									
	c) steif - halbfest	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) rot - braun							
	f)	g)	h) TL	i)						
	a)									
	b)									
	c)	d)	e)							
	f)	g)	h)	i)						
	a)									
	b)									
	c)	d)	e)							
	f)	g)	h)	i)						

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ICP mbH 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: B17186  Anlage: 2
--	---	-------------------------------------

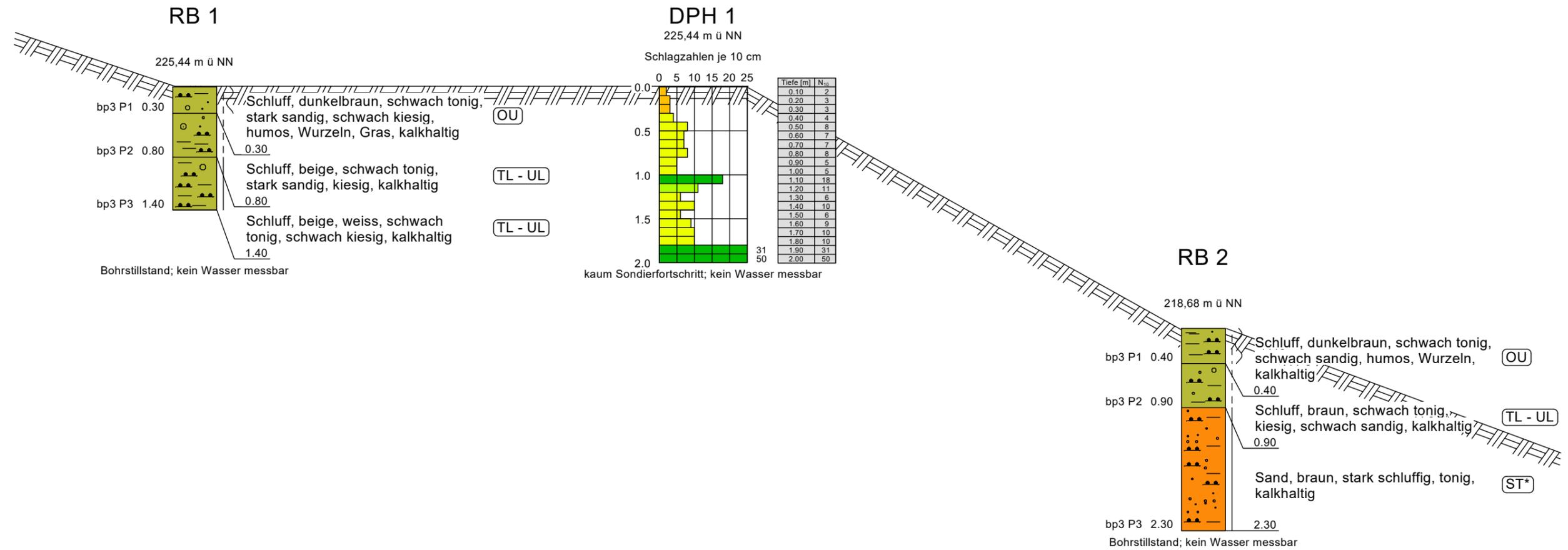
Vorhaben: Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus, 67269 Grünstadt

<b>Bohrung RB 4</b> / Blatt: 1	Höhe: 214,69 m ü NN  Datum: 28.10.2017
--------------------------------	--

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 <sup>1)</sup>					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.30	a) Schluff, schwach tonig, sandig, humos, Wurzeln, kalkhaltig				DN 80; schwach feucht	bp3	P1	0.30
	b)							
	c) weich - steif	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun					
	f) Oberboden	g)	h) OU	i)				
1.20	a) Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, schwach feinsandig, kalkhaltig				DN 80 bis 1,00 m; DN 60 ab 1,00 m; Bohrstillstand; kein Wasser messbar	bp3	P2	1.20
	b)							
	c) steif	d) schwer zu bohren sehr schwer zu bo	e) beige					
	f)	g)	h) UL	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

# Erweiterungsbereich Krankenhaus; Am Bergel



Grund-, Schicht- oder Stauwasser war zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (28.10.2017) bei den Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 4 und den Sondierungen DPH 1 bis DPH 3 bis zur jeweiligen Endteufe nicht nachweisbar.

**Legende DPH**

Red	breiig-weich
Orange	weich-steif
Yellow	steif
Light Green	halbfest
Dark Green	fest

**Legende RB**

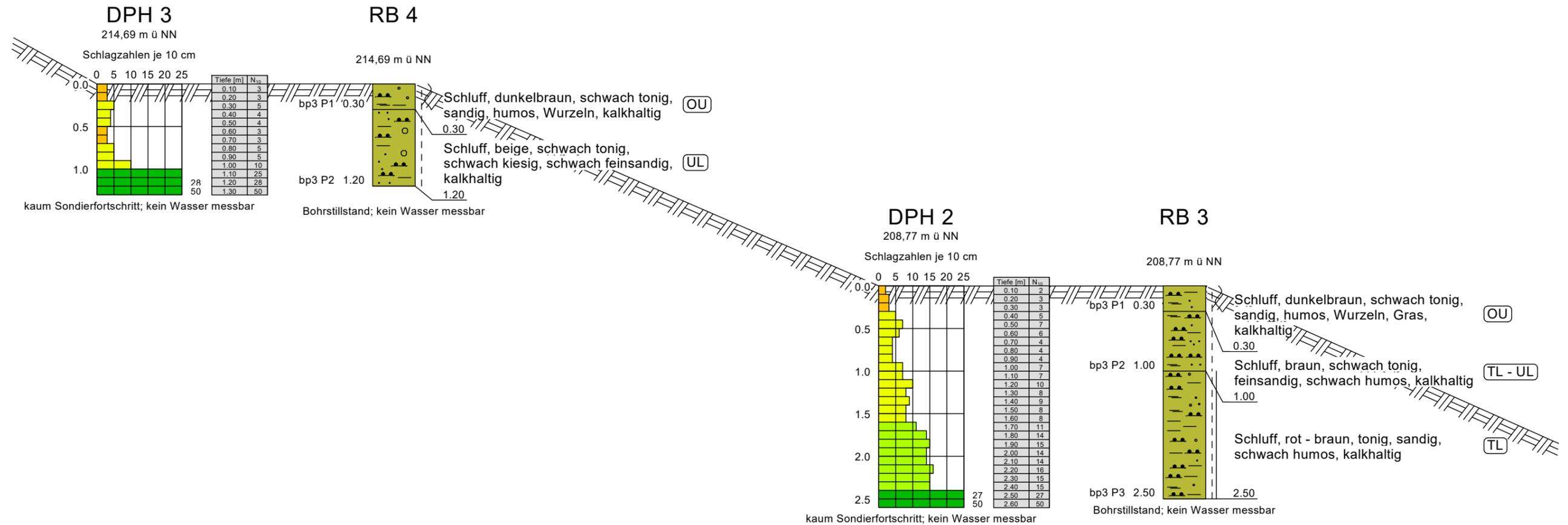
Vertical lines	halbfest	Orange box	Sand (S)
Vertical dashed lines	steif	Green box	Schluff (U)
Vertical wavy lines	weich - steif	Purple box	Ton (T)

Darstellung in x- und y-Richtung unmaßstäblich!

	Objekt: Flächennutzungspl. Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus, Am Bergel, 67269 Grünstadt	Anlage 3.1 zu Bericht Nr.: B17186
	Rammdiagramme / Bohrprofil Höhenmaßstab: 1: 50	Dat.: 28.10.2017 Bearb.: Koch

# Erweiterungsbereich Krankenhaus; Am Bergel

Grund-, Schicht- oder Stauwasser war zum Zeitpunkt der Feldarbeiten (28.10.2017) bei den Kleinrammbohrungen RB 1 bis RB 4 und den Sondierungen DPH 1 bis DPH 3 bis zur jeweiligen Endteufe nicht nachweisbar.



**Legende RB**

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

**Legende DPH**

	breiig-weich
	weich-steif
	steif
	halbfest
	fest

Darstellung in x- und y-Richtung unmaßstäblich!

 Ingenieuresellschaft Prof. Czurda und Partner mbH Geologen und Ingenieure für Wasser und Boden Am Iränkwald 2/ 67688 Rodenbach Tel. (06374) 80507-0 Fax 80507-7	Objekt: Flächennutzungspl. Teilbereichsänderung 13, Erweiterung Krankenhaus, Am Bergel, 67269 Grünstadt	Anlage 3.2 zu Bericht Nr.: B17186
	Rammdiagramme / Bohrprofil Höhenmaßstab: 1: 50	Dat.: 28.10.2017 Bearb.: Koch

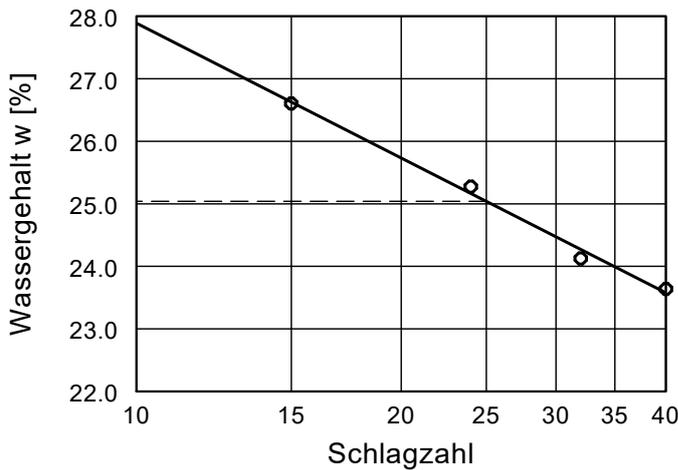
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13  
 Erweiterung Krankenhaus  
 Am Bergel; 67269 Grünstadt

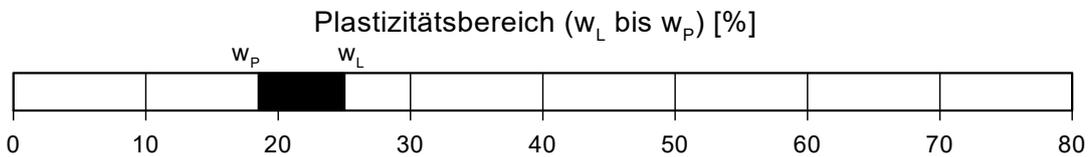
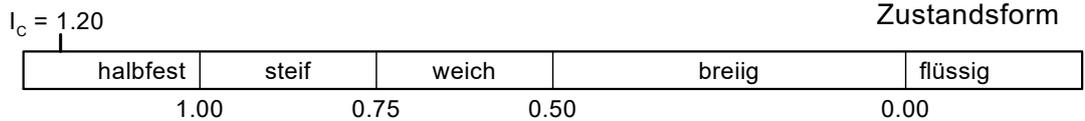
Prüfungsnummer: B17186-RB2/P3  
 Entnahmestelle: RB 2 / P 3  
 Tiefe: 0,9 m - 2,3 m  
 Art der Entnahme: gestört  
 Bodenart: S, u\*, t  
 Probe entnommen am: 28.10.2017

Bearbeiter: Klug

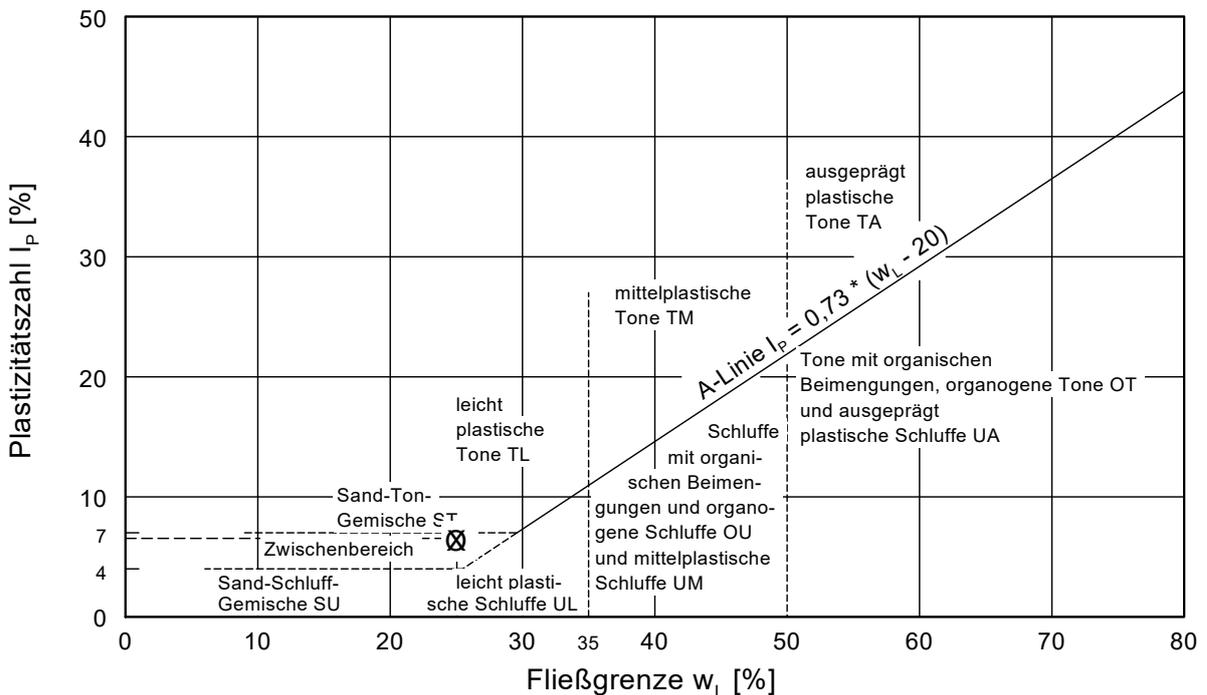
Datum: 16.11.2017



Wassergehalt w =	17.2 %
Fließgrenze $w_L$ =	25.0 %
Ausrollgrenze $w_P$ =	18.5 %
Plastizitätszahl $I_P$ =	6.5 %
Konsistenzzahl $I_C$ =	1.20



Plastizitätsdiagramm



ICP - Ingenieurgesellschaft

Prof. Czurda und Partner mbH

Am Tränkwald 27

67688 Rodenbach

Bearbeiter: Klug

Datum: 15.11.2017

# Körnungslinie

## Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13

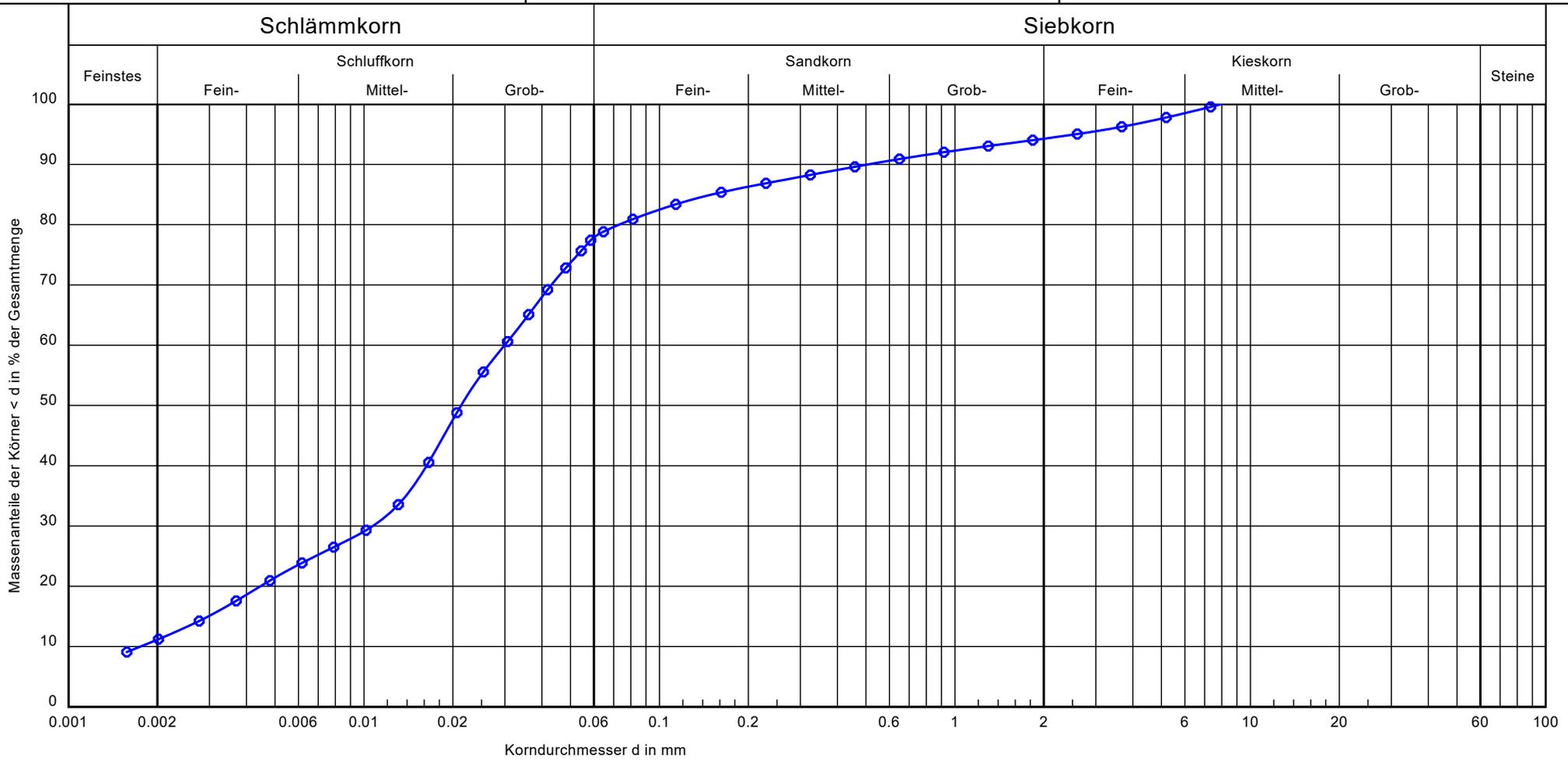
### Erweiterung Krankenhaus; Am Bergel; 67269 Grünstadt

Prüfungsnummer: B17186-RB4/P2

Probe entnommen am: 28.10.2017

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb-Schlammanalyse



Bezeichnung:	RB 4 / P 2	Bemerkungen: Wassergehalt: 11,1 M.-% Feinkornanteil: 78,5 M.-%	Bericht: B17186 Anlage: 5
Tiefe:	0,30 - 1,20 m		
Bodenart:	U, t', g', fs'		
kf [m/s] nach Mallet/Paquant	$1.4 \cdot 10^{-8}$		
U/Cc:	17.1/2.2		
Bodengruppe	UL		
T/U/S/G [%]:	11.2/66.7/16.4/5.7		
Frostempfindlichkeitsklasse:	F3		

## Bestimmung des Glühverlustes DIN 18128 - GL

Bauvorhaben:	Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13 Erweiterung Krankenhaus; Am Bergel; Grünstadt	Projekt: B17186 Anlage 6
Messung am:	15.11.2017	
Prüfer:	Klug	
Bemerkungen:		

Prüfungsnummer		GL-1	GL-2	
Entnahmestelle:		RB 3	RB 3	
Probenbezeichnung:		P 2	P 3	
Entnahmetiefe:		0,3 - 1,0 m	1,0 - 2,5 m	
Bodenart:		U, fs, t'	U, s, t	
nat. Wassergehalt		11,62%	15,79%	
Glühzeit 550°C		4 h	4 h	
<b>Bestimmung des Glühverlustes</b>				
<b>Teilprobe 1</b>				
Tara T	[g]	36,30	36,29	
Einwaage m(d)+T	[g]	71,99	63,91	
Auswaage m(gl)+T	[g]	70,84	63,05	
m(d)	[g]	35,69	27,62	
m(gl)	[g]	34,54	26,76	
V(gl)	[%]	<b>3,22%</b>	<b>3,11%</b>	
<b>Bestimmung des Glühverlustes</b>				
<b>Teilprobe 2</b>				
Tara T	[g]	40,04	40,04	
Einwaage m(d)+T	[g]	76,84	67,23	
Auswaage m(gl)+T	[g]	75,61	66,40	
m(d)	[g]	36,80	27,19	
m(gl)	[g]	35,57	26,36	
V(gl)	[%]	<b>3,34%</b>	<b>3,05%</b>	
<b>Bestimmung des Glühverlustes</b>				
<b>Teilprobe 3</b>				
Tara T	[g]	38,78	42,09	
Einwaage m(d)+T	[g]	72,89	65,69	
Auswaage m(gl)+T	[g]	71,59	65,01	
m(d)	[g]	34,11	23,60	
m(gl)	[g]	32,81	22,92	
V(gl)	[%]	<b>3,81%</b>	<b>2,88%</b>	
<b>Bestimmung des Glühverlustes</b>				
<b>Mittelwert V(gl)</b>	<b>[%]</b>	<b>3,46%</b>	<b>3,02%</b>	

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

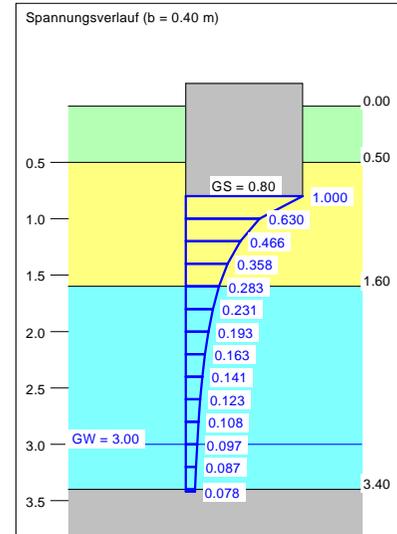
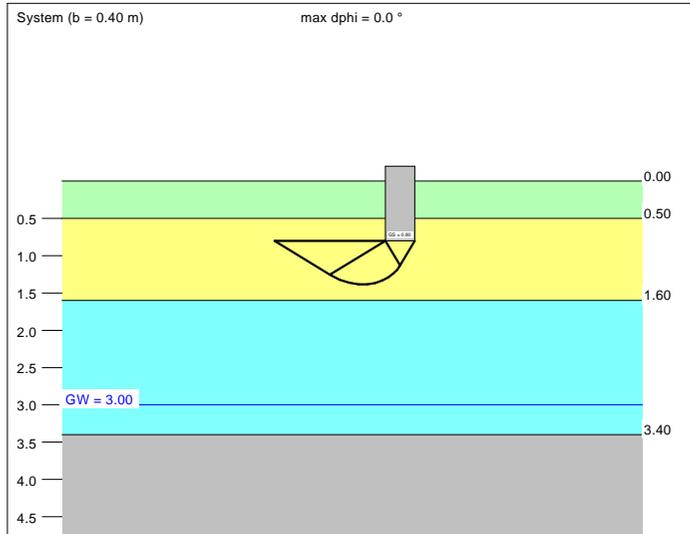
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.5	10.5	27.5	2.0	10.0	4.7	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	15.0	7.0	0.40	Schluffe (halbfest-fest)
	23.0	13.0	27.5	10.0	60.0	50.0	0.25	Übergangszone

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

Flächennutzungsplan  
Teilbereichsänderung 13;  
Erweiterung Krankenhaus;  
Am Bergel, 67269 Grünstadt

Streifenfundamente; Grundlage DPH 2  
Bericht Nr. B17186; Anlage 7.1  
Einbindetiefe: t = 0,80 m

### Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Streifenfundament

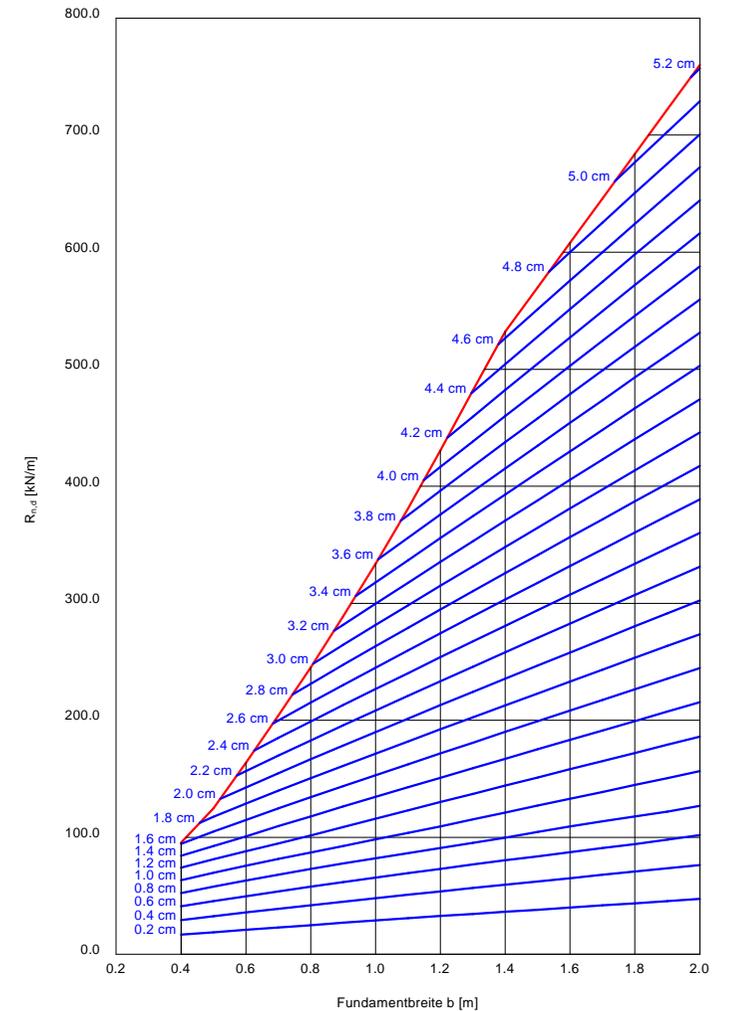


Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_S = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.308  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.308 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.308) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.396$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 380.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Gründungssohle = 0.80 m  
 Grundwasser = 3.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Streifenlast  
 — Setzungen

a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$	$V_{E,k}$	s	cal $\phi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_{\dot{u}}$	$t_g$	UK LS	$k_s$
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[MN/m <sup>2</sup> ]
10.00	0.40	238.9	95.6	171.1	68.4	1.62	27.5	2.00	20.50	16.15	3.42	1.38	10.6
10.00	0.50	249.4	124.7	178.6	89.3	1.91	27.5	2.00	20.50	16.15	3.83	1.53	9.3
10.00	0.60	272.8	163.7	195.4	117.2	2.30	27.5	2.71	20.51	16.15	4.31	1.67	8.5
10.00	0.70	291.3	203.9	208.6	146.0	2.65	27.5	3.13	20.55	16.15	4.74	1.82	7.9
10.00	0.80	306.5	245.2	219.6	175.6	2.97	27.5	3.39	20.59	16.15	5.14	1.96	7.4
10.00	0.90	320.5	288.5	229.6	206.6	3.28	27.5	3.57	20.62	16.15	5.51	2.11	7.0
10.00	1.00	333.8	333.8	239.1	239.1	3.58	27.5	3.72	20.65	16.15	5.87	2.25	6.7
10.00	1.10	346.5	381.1	248.2	273.0	3.86	27.5	3.83	20.67	16.15	6.22	2.40	6.4
10.00	1.20	358.8	430.5	257.0	308.4	4.14	27.5	3.93	20.70	16.15	6.56	2.55	6.2
10.00	1.30	370.7	482.0	265.5	345.2	4.41	27.5	4.01	20.72	16.15	6.88	2.69	6.0
10.00	1.40	380.0	532.0	272.2	381.0	4.65	27.5	4.08	20.73	16.15	7.18	2.84	5.9
10.00	1.50	380.0	570.0	272.2	408.3	4.76	27.5	4.14	20.75	16.15	7.39	2.98	5.7
10.00	1.60	380.0	608.0	272.2	435.5	4.87	27.5	4.20	20.63	16.15	7.59	3.13	5.6
10.00	1.70	380.0	646.0	272.2	462.7	4.96	27.5	4.25	20.40	16.15	7.79	3.27	5.5
10.00	1.80	380.0	684.0	272.2	489.9	5.06	27.5	4.65	20.14	16.15	7.97	3.42	5.4
10.00	1.90	380.0	722.0	272.2	517.1	5.14	27.5	5.30	19.89	16.15	8.15	3.56	5.3
10.00	2.00	380.0	760.0	272.2	544.3	5.22	27.5	5.69	19.67	16.15	8.33	3.71	5.2



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

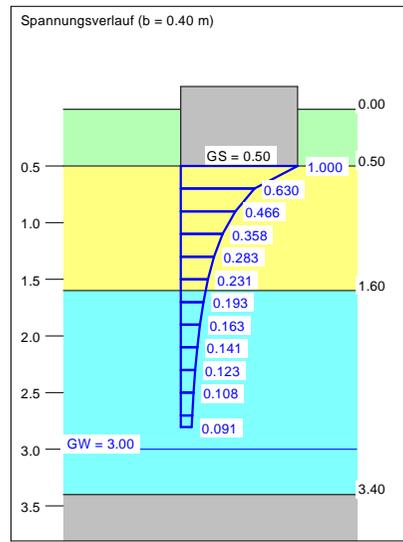
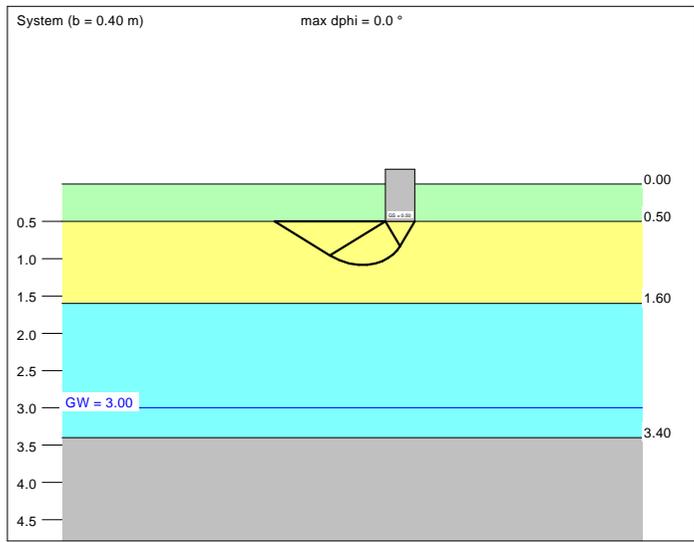
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.5	10.5	27.5	2.0	10.0	4.7	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	15.0	7.0	0.40	Schluffe (halbfest-fest)
	23.0	13.0	27.5	10.0	60.0	50.0	0.25	Übergangszone

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

Flächennutzungsplan  
Teilbereichsänderung 13;  
Erweiterung Krankenhaus;  
Am Bergel, 67269 Grünstadt

Streifenfundamente; Grundlage DPH 2  
Bericht Nr. B17186; Anlage 7.2  
Einbindetiefe:  $t = 0,50$  m

### Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Streifenfundament



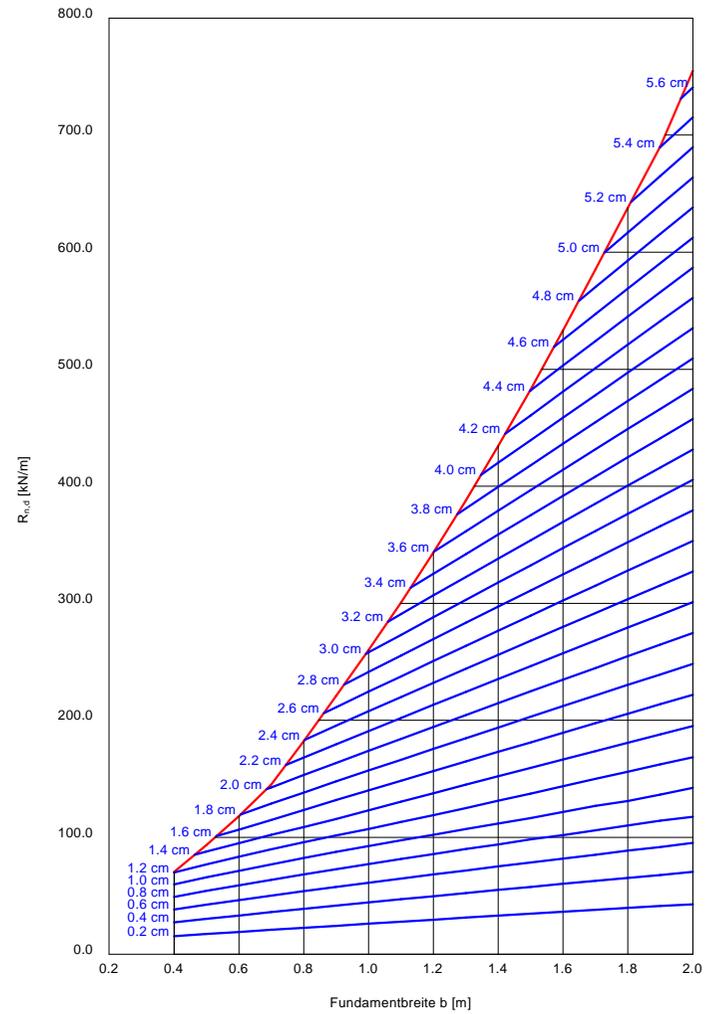
a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$	$V_{E,k}$	s	cal $\phi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_{\dot{U}}$	$t_g$	UK LS	$k_s$
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[MN/m <sup>3</sup> ]
10.00	0.40	176.6	70.6	126.5	50.6	1.21	27.5	2.00	20.50	10.00	2.80	1.08	10.4
10.00	0.50	186.8	93.4	133.8	66.9	1.50	27.5	2.00	20.50	10.00	3.16	1.23	8.9
10.00	0.60	197.0	118.2	141.1	84.6	1.79	27.5	2.00	20.50	10.00	3.53	1.37	7.9
10.00	0.70	207.1	144.9	148.3	103.8	2.03	27.5	2.00	20.50	10.00	3.87	1.52	7.3
10.00	0.80	227.6	182.1	163.0	130.4	2.39	27.5	2.57	20.51	10.00	4.30	1.66	6.8
10.00	0.90	245.3	220.8	175.7	158.1	2.72	27.5	2.97	20.53	10.00	4.70	1.81	6.5
10.00	1.00	260.0	260.0	186.2	186.2	3.02	27.5	3.22	20.56	10.00	5.06	1.95	6.2
10.00	1.10	273.4	300.7	195.8	215.4	3.31	27.5	3.39	20.59	10.00	5.40	2.10	5.9
10.00	1.20	286.1	343.3	204.9	245.9	3.59	27.5	3.53	20.61	10.00	5.73	2.25	5.7
10.00	1.30	298.3	387.8	213.7	277.8	3.87	27.5	3.64	20.63	10.00	6.06	2.39	5.5
10.00	1.40	310.2	434.3	222.2	311.1	4.14	27.5	3.74	20.65	10.00	6.37	2.54	5.4
10.00	1.50	321.8	482.7	230.5	345.7	4.41	27.5	3.82	20.67	10.00	6.68	2.68	5.2
10.00	1.60	333.2	533.1	238.6	381.8	4.67	27.5	3.90	20.69	10.00	6.97	2.83	5.1
10.00	1.70	344.3	585.3	246.6	419.2	4.93	27.5	3.96	20.70	10.00	7.27	2.97	5.0
10.00	1.80	354.4	637.9	253.8	456.9	5.18	27.5	4.02	20.61	10.00	7.54	3.12	4.9
10.00	1.90	363.4	690.5	260.3	494.5	5.40	27.5	4.07	20.42	10.00	7.81	3.26	4.8
10.00	2.00	377.6	755.2	270.5	540.9	5.71	27.5	4.42	20.20	10.00	8.11	3.41	4.7

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

Berechnungsgrundlagen:  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0.308  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.308 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.308) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.396$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 380.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
Gründungssohle = 0.50 m  
Grundwasser = 3.00 m  
Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Streifenlast  
— Setzungen



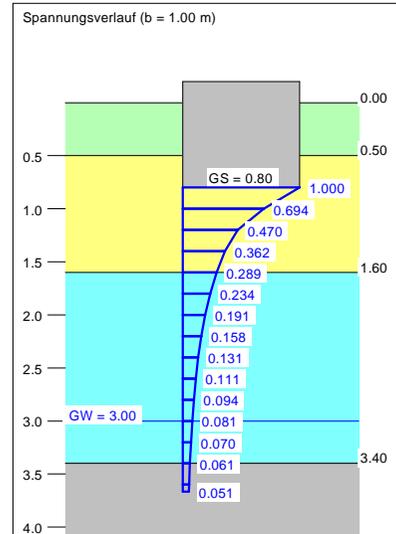
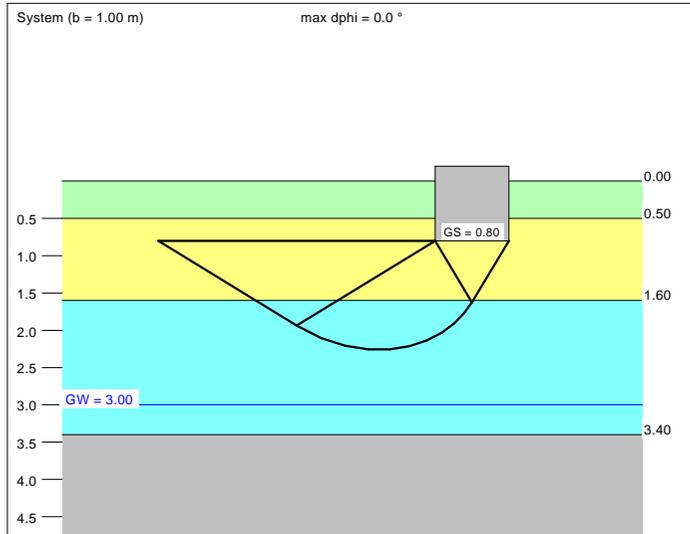
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.5	10.5	27.5	2.0	10.0	4.7	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	15.0	7.0	0.40	Schluffe (halbfest)
	23.0	13.0	27.5	10.0	60.0	50.0	0.25	Übergangszone

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

Flächennutzungsplan  
Teilbereichsänderung 13;  
Erweiterung Krankenhaus;  
Am Bergel, 67269 Grünstadt

Einzelfundamente; Grundlage DPH 2  
Bericht Nr. B17186; Anlage 7.3  
Einbindetiefe: t = 0,80 m

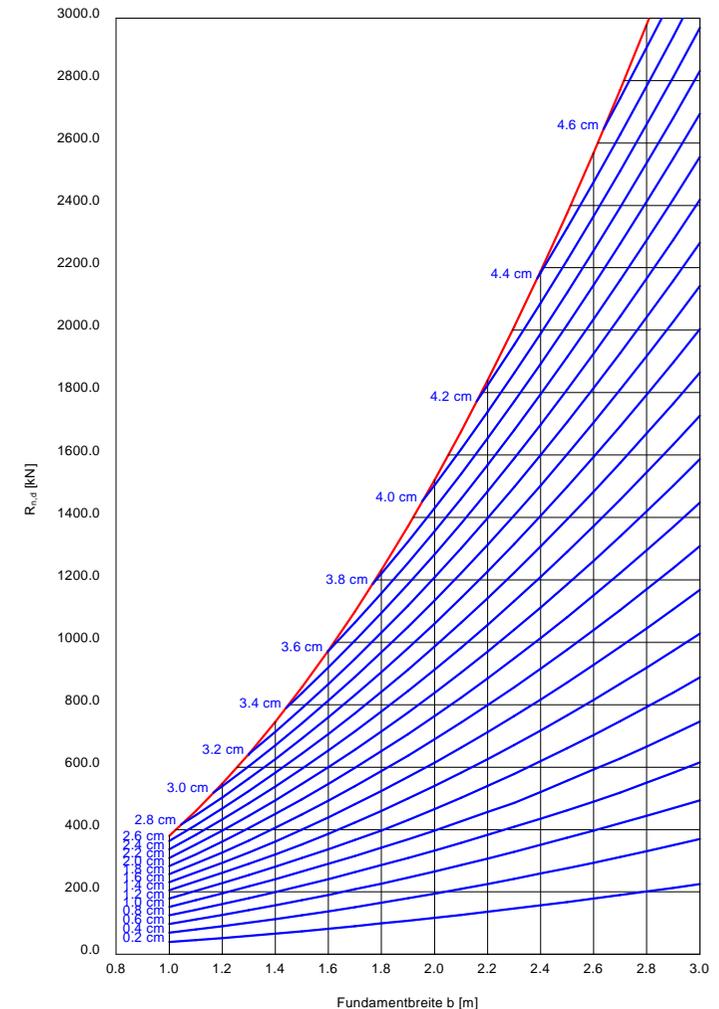
### Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Einzelfundament



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

$\gamma_{(G,Q)} = 1.396$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 380.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
Gründungssohle = 0.80 m  
Grundwasser = 3.00 m  
Grenztiefe mit p = 20.0 %  
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Einzellast  
— Setzungen



a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	zul $\sigma / \sigma_{E,k}$	$V_{E,k}$	s	cal $\varphi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_{\dot{u}}$	$t_g$	UK LS	$k_s$
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1.00	1.00	380.0	380.0	272.2	272.2	2.72	27.5	3.72	20.65	16.15	3.67	2.25	10.0
1.10	1.10	380.0	459.8	272.2	329.3	2.89	27.5	3.83	20.67	16.15	3.88	2.40	9.4
1.20	1.20	380.0	547.2	272.2	391.9	3.05	27.5	3.93	20.70	16.15	4.09	2.55	8.9
1.30	1.30	380.0	642.2	272.2	460.0	3.20	27.5	4.01	20.72	16.15	4.30	2.69	8.5
1.40	1.40	380.0	744.8	272.2	533.4	3.34	27.5	4.08	20.73	16.15	4.50	2.84	8.1
1.50	1.50	380.0	855.0	272.2	612.4	3.48	27.5	4.14	20.75	16.15	4.69	2.98	7.8
1.60	1.60	380.0	972.8	272.2	696.7	3.60	27.5	4.20	20.63	16.15	4.88	3.13	7.6
1.70	1.70	380.0	1098.2	272.2	786.6	3.72	27.5	4.25	20.40	16.15	5.07	3.27	7.3
1.80	1.80	380.0	1231.2	272.2	881.8	3.84	27.5	4.65	20.14	16.15	5.25	3.42	7.1
1.90	1.90	380.0	1371.8	272.2	982.5	3.94	27.5	5.30	19.89	16.15	5.42	3.56	6.9
2.00	2.00	380.0	1520.0	272.2	1088.7	4.05	27.5	5.69	19.67	16.15	5.60	3.71	6.7
2.10	2.10	380.0	1675.8	272.2	1200.3	4.14	27.5	5.95	19.45	16.15	5.77	3.86	6.6
2.20	2.20	380.0	1839.2	272.2	1317.3	4.24	27.5	6.18	19.24	16.15	5.94	4.00	6.4
2.30	2.30	380.0	2010.2	272.2	1439.8	4.33	27.5	6.37	19.05	16.15	6.10	4.15	6.3
2.40	2.40	380.0	2188.8	272.2	1567.7	4.41	27.5	6.54	18.86	16.15	6.27	4.29	6.2
2.50	2.50	380.0	2375.0	272.2	1701.0	4.49	27.5	6.69	18.69	16.15	6.42	4.44	6.1
2.60	2.60	380.0	2568.8	272.2	1839.9	4.57	27.5	6.82	18.52	16.15	6.58	4.58	6.0
2.70	2.70	380.0	2770.2	272.2	1984.1	4.65	27.5	6.94	18.36	16.15	6.74	4.73	5.9
2.80	2.80	380.0	2979.2	272.2	2133.8	4.72	27.5	7.05	18.21	16.15	6.89	4.87	5.8
2.90	2.90	380.0	3195.8	272.2	2288.9	4.79	27.5	7.16	18.07	16.15	7.04	5.02	5.7
3.00	3.00	380.0	3420.0	272.2	2449.5	4.86	27.5	7.25	17.94	16.15	7.19	5.16	5.6

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

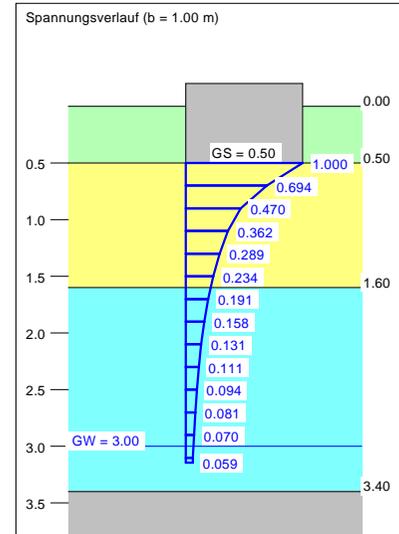
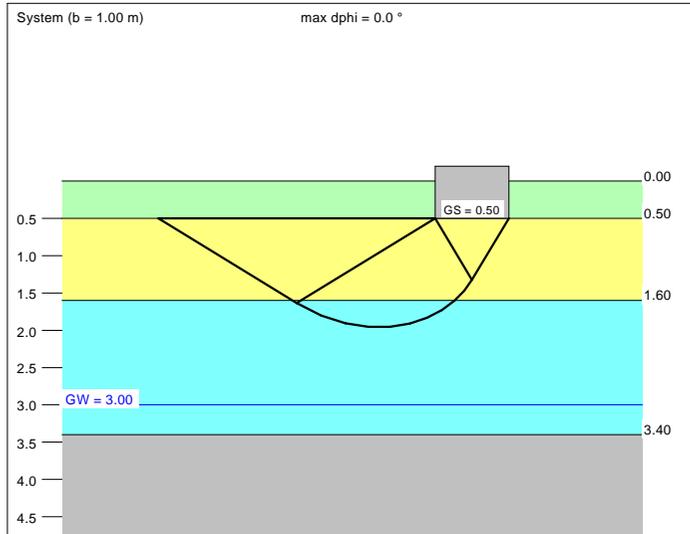
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	0.0	5.0	2.3	0.40	Schluffe (weich)
	20.5	10.5	27.5	2.0	10.0	4.7	0.40	Schluffe (steif)
	21.0	11.0	27.5	5.0	15.0	7.0	0.40	Schluffe (halbfest-fest)
	23.0	13.0	27.5	10.0	60.0	50.0	0.25	Übergangszone

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

Flächennutzungsplan  
Teilbereichsänderung 13;  
Erweiterung Krankenhaus;  
Am Bergel, 67269 Grünstadt

Einzelfundamente; Grundlage DPH 2  
Bericht Nr. B17186; Anlage 7.4  
Einbindetiefe: t = 0,50 m

### Orientierende Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Einzelfundament



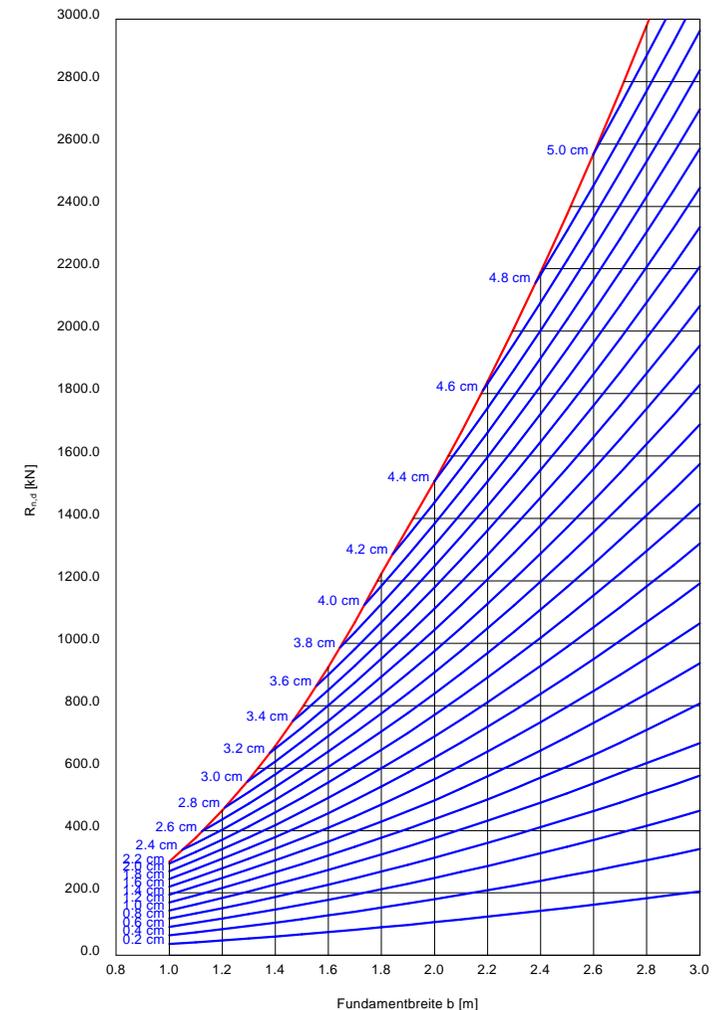
a	b	$\sigma_{R,d}$	R <sub>n,d</sub>	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$	V <sub>E,k</sub>	s	cal $\phi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_{\dot{u}}$	t <sub>g</sub>	UK LS	k <sub>s</sub>
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[MN/m <sup>2</sup> ]
1.00	1.00	300.2	300.2	215.0	215.0	2.25	27.5	3.22	20.56	10.00	3.14	1.95	9.5
1.10	1.10	311.8	377.3	223.3	270.2	2.54	27.5	3.39	20.59	10.00	3.40	2.10	8.8
1.20	1.20	322.5	464.5	231.0	332.7	2.78	27.5	3.53	20.61	10.00	3.64	2.25	8.3
1.30	1.30	332.6	562.2	238.2	402.6	3.01	27.5	3.64	20.63	10.00	3.88	2.39	7.9
1.40	1.40	342.3	670.9	245.1	480.5	3.24	27.5	3.74	20.65	10.00	4.11	2.54	7.6
1.50	1.50	351.6	791.0	251.8	566.5	3.47	27.5	3.82	20.67	10.00	4.34	2.68	7.3
1.60	1.60	360.6	923.0	258.2	661.1	3.70	27.5	3.90	20.69	10.00	4.57	2.83	7.0
1.70	1.70	369.3	1067.4	264.5	764.5	3.92	27.5	3.96	20.70	10.00	4.80	2.97	6.7
1.80	1.80	377.3	1222.4	270.2	875.5	4.13	27.5	4.02	20.61	10.00	5.02	3.12	6.5
1.90	1.90	380.0	1371.8	272.2	982.5	4.28	27.5	4.07	20.42	10.00	5.21	3.26	6.4
2.00	2.00	380.0	1520.0	272.2	1088.7	4.40	27.5	4.42	20.20	10.00	5.38	3.41	6.2
2.10	2.10	380.0	1675.8	272.2	1200.3	4.51	27.5	5.07	19.99	10.00	5.56	3.56	6.0
2.20	2.20	380.0	1839.2	272.2	1317.3	4.62	27.5	5.45	19.79	10.00	5.72	3.70	5.9
2.30	2.30	380.0	2010.2	272.2	1439.8	4.72	27.5	5.71	19.59	10.00	5.89	3.85	5.8
2.40	2.40	380.0	2188.8	272.2	1567.7	4.82	27.5	5.94	19.41	10.00	6.05	3.99	5.6
2.50	2.50	380.0	2375.0	272.2	1701.0	4.91	27.5	6.13	19.23	10.00	6.21	4.14	5.5
2.60	2.60	380.0	2568.8	272.2	1839.9	5.00	27.5	6.30	19.06	10.00	6.37	4.28	5.4
2.70	2.70	380.0	2770.2	272.2	1984.1	5.09	27.5	6.45	18.89	10.00	6.53	4.43	5.3
2.80	2.80	380.0	2979.2	272.2	2133.8	5.17	27.5	6.58	18.74	10.00	6.68	4.57	5.3
2.90	2.90	380.0	3195.8	272.2	2288.9	5.25	27.5	6.71	18.59	10.00	6.83	4.72	5.2
3.00	3.00	380.0	3420.0	272.2	2449.5	5.33	27.5	6.82	18.45	10.00	6.98	4.86	5.1

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

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

$\gamma_{(G,Q)} = 1.396$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 380.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
Gründungssohle = 0.50 m  
Grundwasser = 3.00 m  
Grenztiefe mit p = 20.0 %  
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Einzellast  
— Setzungen



Projekt:	Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13; Erweiterung Krankenhaus; 67269 Grünstadt		Datum:	28.10.2017	
Projektnr.	B17186	Versuch:	VS 1	Berarbeiter:	JN / TS
				Lage:	RB 3

Anlage 8.1

## Absenkversuch im Bohrloch

Allgemein		Bodenart	
Tiefenlage unter GOK [m]	1,80	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		$k = C \cdot \frac{1}{h_m} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$ k Durchlässigkeitskoeffizient [m/s] C von Rohr-, Filterdurchmesser und Form des Ausflusses (kugelförmig, zylindrisch, u.s.w.) abhängige Grösse (siehe Figuren 5a und 5b) [m] h <sub>m</sub> mittlere Druckhöhe = $\frac{1}{2} (h_1 + h_2)$ [m] $\frac{\Delta h}{\Delta t}$ Druckhöhendifferenz / Zeitintervall = Absenkgeschwindigkeit [m/s] C = d / 8
120	0,003	3,120E-07	
300	0,007	2,767E-07	
600	0,014	2,894E-07	
900	0,021	2,883E-07	
1800	0,038	2,311E-07	
2700	0,054	2,156E-07	
3600	0,071	2,268E-07	

**Mittelwert: k<sub>f</sub> = 2,628E-07 m/s**

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

**Bemessungs-k<sub>f</sub> = 5,257E-07 m/s**

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

$k = \frac{Q}{5,5 \cdot r \cdot H}$  mit k = Infiltrationsrate [m/s] Q = Wasserzugabe [m <sup>3</sup> /s] r = Radius [m] H = konstante Druckhöhe [m]	q = verbrauchte Wassermenge	[cm <sup>3</sup> ]	150,78
	t = verbrauchte Zeit	[s]	3600
	Q = q / t	[cm <sup>3</sup> /s]	0,04188333
	r =	[cm]	2,7
	H =	[cm]	180

**k<sub>f</sub> = 1,57E-07 m/s**

**Bemessungs-k<sub>f</sub> : 3,13E-07 m/s**

Projekt:	Flächennutzungsplan Teilbereichsänderung 13; Erweiterung Krankenhaus; 67269 Grünstadt		Datum:	28.10.2017	
Projektnr.	B17186	Versuch:	VS 2	Berarbeiter:	JN / TS
				Lage:	RB 4

Anlage 8.2

## Absenkversuch im Bohrloch

Allgemein		Bodenart	
Tiefenlage unter GOK [m]	1,10	Bodenart n. DIN 4022	U, t', g', fs'
Durchmesser des Prüfrohrs [mm]	52	Bodengruppe n. DIN 18196	UL

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><math>h_m</math> mittlere Druckhöhe = <math>\frac{1}{2}(h_1 + h_2)</math> [m]</p> <p><math>\frac{\Delta h}{\Delta t}</math> Druckhöhendifferenz / Zeitintervall = Absenkgeschwindigkeit [m/s]</p> <p><math>C = d / 8</math></p>
120	0,005	5,185E-07	
300	0,012	4,808E-07	
600	0,024	4,891E-07	
900	0,035	4,438E-07	
1800	0,068	4,300E-07	
2700	0,101	4,163E-07	
3600	0,135	4,143E-07	

**Mittelwert:  $k_f = 4,561E-07$  m/s**

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

**Bemessungs- $k_f = 9,122E-07$  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 [m<sup>3</sup>/s]</p> <p>r = Radius [m]</p> <p>H = konstante Druckhöhe [m]</p>	q = verbrauchte Wassermenge	[cm <sup>3</sup> ]	286,7
	t = verbrauchte Zeit	[s]	3600
	Q = q / t	[cm <sup>3</sup> /s]	0,07963889
	r =	[cm]	2,7
	H =	[cm]	110

**$k_f = 4,88E-07$  m/s**

**Bemessungs- $k_f = 9,75E-07$  m/s**