



IBE GmbH · Bössingerstr. 23 · 74243 Langenbrettach

Gemeinde Zweiflingen  
Eichacher Straße 17

74639 Zweiflingen

**Institut für Baustoffprüfung  
und Umwelttechnik GmbH**

Bössingerstraße 23  
Langenbeutingen  
74243 Langenbrettach

TELEFON (0 7946) 944 98-0  
TELEFAX (0 7946) 944 98-10

*www.ibegmbh.de*  
*e-mail: info@ibegmbh.de*

IHRE ZEICHEN

IHR SCHREIBEN VOM

UNSERE ZEICHEN

DATUM

JH/Zä

28.08.13

## Baugrunderkundung

**Lab. Nr.: 26005**

**Maßnahme:** 74639 Zweiflingen - Pfahlbach  
Erschließung BP Schießhofer Straße

**Auftraggeber:** Gemeinde Zweiflingen

Handelsregister:  
Stuttgart HRB 106214

Geschäftsführer:  
Chem. Ing. Peter Herrmann  
Dipl.-Geol. Jan Herrmann

Bankverbindungen:  
Volksbank Hohenlohekreis  
BLZ 620 918 00, Konto Nr. 147 975 000  
Sparkasse Hohenlohekreis  
BLZ 622 515 50, Konto Nr. 266 040

RAP Stra 10 - Anerkennung in den Bundesländern:  
Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz (Fachbereich.: A1-4,B2-3,C0,D0,D3-4,  
G1-3,H1,H3-4,I1-4); Bayern (Fachbereich.: A1,A3-4,B3,D0,D3-4,G3,H1,H3-4,I1-4)  
Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Gesteinskörnungen;  
Asphalt-, Beton- und Estrichprüfungen, Umweltanalysen  
CE-Zertifizierungsstelle (notifizierte Stelle, Kennnummer: 1496)



**Inhaltsverzeichnis:**

1. Grundlagen
2. Grund und Zweck
3. Untersuchungsumfang
4. Lage des Erkundungsgebietes
5. Darstellung der Ergebnisse
  - 5.1 Bodenkenndaten
  - 5.2 Bodenklassen
  - 5.3 Frostempfindlichkeitsklassen
  - 5.4 Verdichtbarkeit von Böden / Verdichtbarkeitsklassen
  - 5.5 Hydrogeologische Verhältnisse
6. Erdbebenzonen
7. Wasserhaltung/Bauwerksabdichtungen
8. Straßen-/Kanalbau
  - 8.1 Verkehrsflächen
  - 8.2 Kanalgrabensohlen/-verfüllungen
9. Baugruben und Böschungen
10. Gründung
11. Schlussbemerkung

Anlagen:

- Lage der Aufschlüsse
- Rammkernsondierprofile
- Gegenüberstellung der Sondierprofile nach Ansatzhöhe
- Fließ-/Ausrollgrenzen



## 1. Grundlagen

Normen/Richtlinien:

- DIN 1054                   Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau
- DIN 1055 T2               Lastannahmen für Bauten
- DIN 4020                   Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- DIN EN ISO 14688-1   Benennen und Beschreiben von Boden und Fels
- DIN 4023                   Baugrund- und Wasserbohrungen
- DIN 18 196                Erd- und Grundbau
- VOB 18 300
- ZTV E-StB 09
- ZTV A-StB 12 (bzw. 97)
- ZTV SoB-StB 04 (2007)
- TL BuB E-StB 09
- RStO 01

Karten und Pläne:

- Lageplan



## **2. Grund und Zweck der Untersuchung**

Das Institut für Baustoffprüfung und Umwelttechnik GmbH wurde durch die Gemeinde Zweiflingen beauftragt, für die Erschließung „BP Schießhofer Straße“ in 74639 Zweiflingen - Pfahlbach die Untersuchung der Boden-/Baugrundverhältnisse durchzuführen und eine entsprechende Beurteilung vorzunehmen.

Bei der Erstellung sollten die Lagerungsverhältnisse sowie die wesentlichen bodenmechanischen Kenndaten des Untergrunds ermittelt werden, um somit eine Einschätzung der zum Zeitpunkt der Erkundung vorliegenden Bodensituation aufzuzeigen und die Grundlage für eine weitere Planung zu liefern.

## **3. Untersuchungsumfang**

Im Zuge der Erkundungsarbeiten am 10.07.13 wurden 4 Rammkernsondierungen durchgeführt. Hierbei erfolgte das Erstellen der Schichtenverzeichnisse mit der Bodenansprache und Bodenbeschreibung der einzelnen Schichtglieder, sowie die Probennahme für chemische Untersuchungen.

Anhand der bodenmechanischen Ansprache der einzelnen Schichtglieder erfolgte die Klassifikation der Böden. Die Einzelergebnisse der Erkundung sind in nachfolgenden Kapiteln, sowie im Anhang aufgeführt.

## **4. Lage des Erkundungsgebietes**

Das Erkundungsgebiet liegt am Ortsausgang von Pfahlbach, in Richtung Zweiflingen, unmittelbar nördlich der Kreisstraße K2330 (siehe nachfolgende Darstellung).

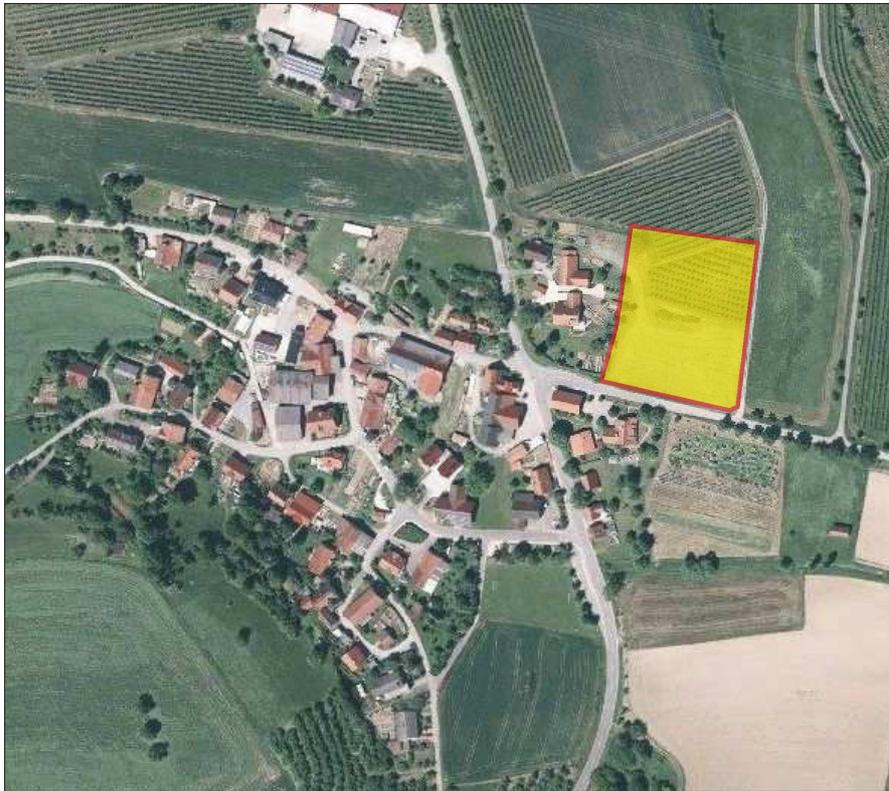


Abb. 1: Lage des Erkundungsbereichs

## 5. Darstellung der Ergebnisse

### *Angetroffener Schichtenaufbau:*

Das Untersuchungsgebiet befindet sich innerhalb der geologischen Einheit des Oberen Muschelkalks (mo). Diese wird im Erkundungsbereich durch geringmächtige quartäre Lößablagerungen bzw. entsprechende Fließerden überdeckt (Mächtigkeit  $\leq 1$  m). Der Obere Muschelkalk stellt im unverwitterten Zustand eine Abfolge von Bankkalken, Mergeln und Schillbänken dar, mitunter treten Tonsteinzwischenlagen auf.

Innerhalb der Erkundungstiefen wurden zunächst geringmächtig Lößablagerungen bzw. entsprechende Fließerden erkundet. An diese anschließend finden sich hellbraun gefärbte Verwitterungseinheiten des Oberen Muschelkalks. Die entsprechenden Verwitterungsböden treten als Residualtone der Bodengruppe TA mit deutlich wechselnden Beimengungen aus Kalksteinbruchstücken auf. Reliktisch finden sich als unregelmäßige Einlagerungen stark zerbrochene Karbonatlagen innerhalb der Erkundungstiefen.

In der Sondierung RKS 1 konnte in einer Tiefe von 1,0 m unter GOK kein weiterer Sondierfortschritt mehr erzielt werden, hier lassen sich einsetzende Karbonatbänke in



abnehmenden Zerkleinerungs-/Verwitterungsgraden vermuten (Felsklasse 6 bis 7). Entsprechend wurde in den Sondierungen RKS 2 und RKS 3 ab einer Tiefe von 2,6 m unter GOK kein weiterer Sondierfortschritt mehr erzielt. Alleinig in RKS 4 zeichnen sich bis zu einer Sondiertiefe von 5 m noch keine durchgängigen Karbonatbänke in abnehmenden Zerkleinerungs-/Verwitterungsgraden (Felsklasse 6 bis 7) im Sondierprofil ab.

Innerhalb von gering verwitterten Karbonatgesteinen im weiteren Untergrund können Verkarstungserscheinungen (z.B. offene Spalten, Hohlräume, etc.) auftreten.

Eine detaillierte Aufgliederung und Schichtenbeschreibung findet sich in den Profildarstellungen im Anhang. Die entsprechenden Eigenschaften und bodenmechanischen Kenndaten der einzelnen Bodenschichten sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen.

### 5.1 Bodenkenndaten

Die jeweiligen Bodenparameter aus den bodenmechanischen Laborversuchen stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

Aufschluss Nr.	Tiefe [m]	Bodengruppe nach DIN 18 196	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Fließgrenze $W_L$ [M.-%]	Ausrollgrenze $W_P$ [M.-%]	Plastizitätszahl $I_P$ [M.-%]	Konsistenz	Wassergehalt [M.-%]
RKS 2	1,4 – 1,6	--	--	--	--	--	--	--	--	23,4
RKS 3	0,4 – 0,8	--	--	--	--	--	--	--	--	20,8
	1,0 – 1,3	TA	--	--	--	63,8	24,8	39,0	steif	16,0
	2,0 – 2,5	--	--	--	--	--	--	--	--	15,3
RKS 4	0,1 – 0,5	--	--	--	--	--	--	--	--	18,5
	0,5 – 0,7	TA	--	--	--	72,2	27,9	44,3	steif-halbfest	28,1

Tab. 1: Ergebnisse der Laborversuche

Die anstehenden Böden sind gemäß DIN 18196 anzusprechen als:

- Löß bzw. dessen Fließerden: TM
- Verwitterungsböden des Muschelkalks: Residualtone (TA) mit wechselnden Beimengungen an Kalksteinbruchstücken (GU\*), unregelmäßige Einlagerungen reliktsicher, stark zerbrochener Karbonatlagen



Die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Werte<sup>1)</sup> stellen die Bodenkenndaten nach DIN 1055 für die entsprechenden Bodengruppen, als Grundlage für erdstatische Berechnungen dar.

**Bodengruppe TM und TA, sowie GU\*:**

Bodenart	Kurzzeichen nach DIN 18196	Zustandsform	Wichte		Reibungswinkel cal $\phi'$ [Grad]	Kohäsion	
			über Wasser cal $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	unter Wasser cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]		cal $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	cal $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Ausgeprägt plastische Tone	TA	weich	17,5	7,5	15,0	5	15
		steif	18,5	8,5	15,0	10	35
		halbfest	19,5	9,5	15,0	15	75
Mittelplastische Tone	TM	weich	18,5	8,5	17,5	5	5
		steif	19,5	9,5	17,5	10	25
		halbfest	20,5	10,5	17,5	15	60
Gemischtkörniger Boden	GU*	weich	19,5	9,5	17,5	5	15
		steif	20,5	10,5	17,5	10	35
		halbfest	21,5	11,5	17,5	15	75

Tab. 2: Bodenkenngößen der entsprechenden Bodengruppen nach DIN 1055. (Rechenwerte)

<sup>1)</sup> **Anmerkung:** Die nach DIN 1055 geltenden Rahmenbedingungen sind zu berücksichtigen. Die Verwendung der angegebenen Wichten und Reibungswinkel ist bei künstlichen Auffüllungen nur zulässig, wenn die Lagerungsdichte **mindestens 95%** der einfachen Proctordichte beträgt. Die Werte für die Kohäsion sind dann mit  **$c'=0$**  und  **$c_u=0$**  anzusetzen.

**Karbonatgestein (Felsklasse 6 bis 7):**

Wichte		Reibungswinkel cal $\phi'$ [Grad]	(scheinbare) Kohäsion cal $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]
über Wasser cal $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	unter Wasser cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]		
25 - 27	15 - 17	ca. 40	ca. 20

Tab. 3: Bodenkenngößen für Karbonatgestein der Felsklasse 6 bis 7. (Rechenwerte)

Die Zuordnung der angetroffenen Schichtglieder zu den einzelnen Bodengruppen und Konsistenzen findet sich in den Darstellungen der Sondierprofile im Anhang. Während der Bauausführung können räumlich variierende Vernässungsbereiche auftreten. Diese wären dann entsprechend zu berücksichtigen.



**Steifemodul einzelner Schichtglieder für erdstatische Berechnungen:**

Vorläufiger Steifemodul der entsprechenden Böden		
Bodenart	Konsistenz / Lagerungsdichte	Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Löß bzw. dessen Fließerden	TM steif	5 - 9
	TM halbfest	8 - 15
Verwitterungs-/Residualböden des Muschelkalks	TA steif	3 - 6
	TA halbfest	6 - 9
	GU* steif	4 - 7
	GU* halbfest	7 - 10

Tab. 4: Vorläufiger Steifemodul der entsprechenden Böden.

**5.2 Bodenklassen**

Auf Grundlage der ermittelten Bodenkenndaten des Baugrundes sind nach DIN 18 300 (VOB Teil C) die angetroffenen Böden in nachfolgende Bodenklassen zu stellen:

Schichtglied	Boden-/Felsklasse nach DIN 18300
Mutterboden/Humus	1
Löß bzw. dessen Fließerden	4
Verwitterungs-/Residualböden des Muschelkalks	5
einsetzende Karbonatbänke in abnehmenden Zerbrechungs-/Verwitterungsgraden	6-7 <sup>*)</sup>

Tab. 5: Einteilung der einzelnen Schichtglieder in Boden-/Felsklassen nach DIN 18300

<sup>\*)</sup> Im Erkundungspunkt RKS 1 können entsprechende einsetzende Karbonatbänke abnehmender Zerbrechungs-/Verwitterungsgraden ab 1,0 m unter GOK auftreten, in RKS 2 und RKS 3 ab 2,6m unter GOK.

**Anmerkung:**

❖ **Klasse 1: Oberboden**

Oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.



- ❖ **Klasse 2: Fließende Bodenarten**  
Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben.
- ❖ **Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten**  
Nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 M.-% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30 M.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt, z. B. feste Torfe.
- ❖ **Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten**  
Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 M.-% der Korngröße kleiner als 0,06 mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und die höchstens 30 % Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt enthalten.
- ❖ **Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten**  
Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 M.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt.  
Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 M.-% Steinen von über 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.
- ❖ **Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten**  
Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten, Z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen.  
Nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 M.-% Steinen von über 0,01 m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt.
- ❖ **Klasse 7: Schwer lösbarer Fels**  
Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen.  
Steine von über 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt.

### 5.3 Frostempfindlichkeitsklassen

Die angetroffenen, oberflächennah geringmächtig anstehenden Böden der Bodengruppen TM sind als **sehr frostempfindlich** (F3) einzustufen, die Böden der Bodengruppe TA als **gering bis mittel frostempfindlich** (F2). Die gemischtkörnigen Bodengruppen der Bodengruppe GU\* wären wiederum als **sehr frostempfindlich** (F3) einzustufen.

Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen		
Klasse	Frostempfindlichkeit	Bodengruppe (DIN 18 196)
F1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE, SW, SI, SE
F2	<b>gering bis mittel frostempfindlich</b>	TA, OT, OH, OK ST <sup>2)</sup> , GT <sup>2)</sup> , SU <sup>2)</sup> , GU <sup>2)</sup>
F3	<b>sehr frostempfindlich</b>	TL, TM, UL, UM, UA, OU ST*, GT*, SU*, GU*

Tab. 6: Darstellung der Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 09



**Anmerkung:**

<sup>2)</sup> zu F1 gehören bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von 5,0 M.-% bei U =15,0 oder 15,0 M.-% bei U = 6,0.

Die Festlegung der Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus gemäß den RStO sollte sich an der Frostempfindlichkeitsklasse F3 orientieren.

Die Tatsache, dass es sich hierbei um mitunter sehr frostempfindliche Böden handelt, muss neben der Bemessung des frostsicheren Oberbaus, auch bei der Ausführung von Arbeiten bei kalter Witterung berücksichtigt werden. Durch anhaltenden Bodenfrost ist innerhalb ungeschützter Erdplanien bzw. einzelner Einbautagen mit Hebungen innerhalb des Korngefüges und nachfolgenden resultierenden Setzungen zu rechnen.

**5.4 Verdichtbarkeit von Böden / Verdichtbarkeitsklassen**

Böden der Bodengruppen TM wären nach ZTV A-StB 97<sup>\*)</sup> zur Verdichtbarkeitsklasse V3, der bindigen, feinkörnigen Böden zu zählen.

Klassifikation der Verdichtbarkeit von Bodengruppen nach ZTV A-StB 97 <sup>*)</sup>		
Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe (DIN 18 196)
V1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
<b>V3</b>	<b>bindige, feinkörnige Böden</b>	UL, UM, TL, <b>TM</b>

Tab. 7: Darstellung der Verdichtbarkeitsklassen nach ZTV A-StB 97.

Ausgeprägt plastische Tone (TA) wären für eventuelle Kanalgrabenverfüllungen nur als bedingt geeignet, im Falle von Leitungsgräben gemäß ZTV A-StB 97<sup>\*)</sup> als nicht geeignet anzusehen. Wird das ausgeprägt plastische Aushubmaterial für Wiederverfüllmaßnahmen außerhalb von Kanal- oder Leitungsgräben verwendet, ist zu berücksichtigen, dass der Aushub von Böden höherer Plastizität überwiegend schollig anfällt und somit vor dem Wiedereinfüllen möglichst vorzerkleinert werden sollte. Eine knetende Verdichtung mit lagenweisem Einbau bei geringeren Schütthöhen wäre zu bevorzugen.

<sup>\*)</sup> Die Festlegung der Verdichtungsklassen beruht auf Grundlage der ZTV A-StB 97. Die aktuelle Fassung ZTV A-StB 12 enthält diese Klassifikation nicht mehr.



Aushubmaterial aus den bindigen Verwitterungsböden des Muschelkalks kann größere Steine (mitunter auch kleinere Blöcke) beinhalten. Da größere Steine bzw. Blöcke die Verdichtbarkeit i.d.R. negativ beeinflussen, wären diese vor einem eventuell beabsichtigten qualifizierten Wiedereinbau auszusortieren oder das Aushubmaterial durch geeignetes Fremdmaterial zu ersetzen.

Ausbrüche aus brüchigen bzw. geringer verwitterten Karbonathorizonten (einsetzender Fels) wären vor einem eventuellen qualifizierten Wiedereinbau einer entsprechenden Aufbereitung durch Brechen zu unterziehen. Liegt nach einer entsprechenden Aufbereitung ein gut abgestuftes, gebrochenes Korngemisch vor (frei von größeren Steinen) kann dieses ggf. für entsprechend geeignete Wiederverfüllungszwecke verwendet werden. Ist eine Aufbereitung von Ausbrüchen aus Karbonathorizonten nicht vorgesehen bzw. nicht wirtschaftlich durchführbar, wäre Felsausbruch durch geeignetes Fremdmaterial zu ersetzen. Nicht bindige, brüchige Karbonathorizonte bzw. allmählich einsetzende Felshorizonte wären gemäß den Erkundungspunkten wie folgt zu erwarten:

RKS 1: ab ca. 1 m

RKS 2: ab ca. 2 m

RKS 3: ab ca. 2,6 m

RKS 4: bis Sondierentiefe von 5 m noch nicht angetroffen

Um eine ausreichende Verdichtung zu ermöglichen muss der Einbauwassergehalt von Verfüllmaterial je nach Anforderung an den Verdichtungsgrad in etwa dem optimalen Wassergehalt entsprechen. Liegt beim Aushub bindiges, für eine Wiederverfüllung vorgesehenes Bodenmaterial mit erhöhten Wassergehalten vor oder wird das ausgehobene Bodenmaterial der Witterung ausgesetzt, kann dieses für eine Wiederverfüllung unbrauchbar werden und wäre dann jeweils einer bodenverbessernden Maßnahme (z.B. Bindemittelzugabe) zu unterziehen bzw. durch geeignetes Material auszutauschen.

Mit steifen Konsistenzen können im Zuge von Wiederverfüllungen Verdichtungsanforderungen von ca. 97% der einfachen Proctordichte geschätzt erreicht werden bzw. kommen im Grenzbereich zum liegen. Mit Böden in mindestens halbfester Konsistenz können i.d.R. Verdichtungsanforderungen von ca. 100% der einfachen Proctordichte erfüllt werden. Bei Böden der Bodengruppe TA bzw. GU\* ist jedoch von einem erhöhten Verdichtungsaufwand und geringeren Einbaumächtigkeiten einzelner Schüttlagen auszugehen. Aushubmaterial muss im Falle eines qualifizierten Wiedereinbaus frei von größeren Steinen bzw. Blöcken sein.

Ist ein unmittelbarer Wiedereinbau von Bodenaushub nicht möglich, so ist das für eine Wiederverfüllung vorgesehene Aushubmaterial vor Niederschlagswasser zu schützen (im



geringsten Fall Haldenlagerung mit Gefälle und glatter, leicht verdichteter Oberfläche → schneller Niederschlagswasserabfluss), um eine Verschlechterung auszuschließen.

### **5.5 Hydrogeologische Verhältnisse**

Die oberflächennahen, geringmächtig vorliegenden Böden der Bodengruppe TM stellen Wassernichtleiter dar (sehr schwach durchlässig,  $k_f < 10^{-8}$  m/s). Die angetroffenen Böden der Bodengruppe TA wären im Regelfall als ausgeprägte Wasserstauer ( $k_f < 10^{-10}$  m/s) einzustufen. Unregelmäßig darin vorhandene Einlagerungen an kiesig-steinigen Partien und insbesondere reliktsche Einlagerungen an stark zerbrochenen Karbonatbänken können jedoch potentiell wasserleitfähige Horizonte darstellen (temporäres, witterungsabhängiges Schicht-/Stauwasser). Diese können eine stark wechselnde horizontale Ausdehnungen aufweisen (mitunter linsenartig auftreten, jedoch auch größerflächiges Auftreten möglich).

Zu erwartende Karbonatbänke im weiteren Untergrund stellen im Regelfall potentielle Kluft- bzw. Karstwasserleiter dar.

#### ***Erläuterung zur Größenordnung von Durchlässigkeitsbeiwerten:***

unter $10^{-8}$ m/s:	sehr schwach durchlässig	<i>(vollständige Versickerung von Niederschlagswasser mit Versickerungsanlagen i.d.R. nicht mehr möglich)</i>
$10^{-8}$ bis $10^{-6}$ m/s:	schwach durchlässig	
$10^{-6}$ bis $10^{-4}$ m/s:	durchlässig	
$10^{-4}$ bis $10^{-2}$ m/s:	stark durchlässig	
über $10^{-2}$ m/s:	sehr stark durchlässig	

Die Wasserverhältnisse innerhalb der vorliegenden Schichtlagerung können witterungsbedingten Wechselln unterworfen sein. Bedingt durch unregelmäßige Einlagerungen potentiell wasserleitfähiger Horizonte innerhalb ansonsten sehr gering leitfähiger Böden können im Erkundungsbereich mitunter witterungsbedingtes Stau-/Schichtwasser bzw. Staunässehorizonte auftreten (z.B. im Zuge von andauernden Regenperioden, Starkregenereignissen, während der Schneeschmelze etc.). Insbesondere zu erwartende potentielle Karstwasserleiter im weiteren Untergrund können deutlichen witterungsbedingten Wechselln unterworfen sein.

Freies Wasser, d.h. Wasserzutritte in Sondierlöcher wurde innerhalb der Verwitterungsböden der Sondierpunkte RKS 1, RKS 2 und RKS 3 bis zum jeweiligen Sondierungstiefsten, am Erkundungstag nicht angetroffen. RKS 4 zeigte in Tiefen ab ca. 4m deutliche Vernässungen und Wasserzutritte aus steinig-kiesigen Partien. Nach Sondierungsende wurde der Wasserspiegel mit 3,70 m unter GOK gelotet.



### **Bewertung versickerungsrelevanter Eigenschaften:**

Gemäß der Erkundung liegen als natürlich anstehende Böden oberflächennah wasserstauende bzw. wassernichtleitende Schichten, mit sehr geringen Durchlässigkeitseigenschaften vor. Zudem können darin vorhandene Einlagerungen an kiesig-steinigen Partien und insbesondere reliktsche Einlagerungen an stark zerbrochenen Karbonatbänken die Ausbildung von Stau-/Schichtwasser begünstigen und bei einer Wassereinspeisung Beeinträchtigungen benachbarter Grundstücke bzw. Gebäuden hervorrufen. Für eine oberflächennahe Versickerung von Niederschlagswasser sind die vorliegenden Verwitterungsböden als ungeeignet anzusehen.

### **6. Erdbebenzonen**

Das zu bebauende Untersuchungsgebiet gehört nach DIN 4149 Teil 1 (2005) zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse R.

#### ***Erläuterung der Untergrundklassen:***

- R: Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund
- S: Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung
- T: Übergangsbereiche zwischen Gebieten der Untergrundklasse R und der Untergrundklasse S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken

### **7. Wasserhaltung/Bauwerksabdichtungen**

Aus der Situation heraus, dass bei den Sondierarbeiten im Sondierpunkt RKS 4 Grundwasser angetroffen wurde, wäre bereichsweise für entsprechend tiefe Aufgrabungen eine diesbezügliche Wasserhaltung erforderlich. Für wasserhaltende Maßnahmen müssen ggf. kurzfristig, witterungsbedingt wechselnde Schwankungen berücksichtigt werden.

Eine Gründungssohle bzw. ein Erdplanum sollte während der Bauausführung vor Niederschlagswasser geschützt werden, um eine Verschlechterung des Baugrundes auszuschließen (z.B. ebenes Planum mit Ablauf-/Sammelmöglichkeit für Niederschlagswasser und ggf. Pumpensumpf). Infolge eines vermehrten Anfalls von Wasser (z.B. durch Niederschlag), welches sich innerhalb einer Baugrube bzw. eines Planums sammelt, kann die Baugrundgüte verschlechtert werden. Eine zügige Versiegelung bzw. Überbauung ist daher anzustreben.



### **Bauwerksabdichtungen:**

In RKS 4 wurde ein Wasserspiegel mit 3,70 m unter GOK gelotet. Nähere, gebäudespezifische Festlegungen zu den, insbesondere talseitig möglichen Grundwasserspiegeln und Bemessungswasserständen, wären durch grundstücksbezogene Einzelfallerkundungen und –betrachtungen zu treffen.

#### Oberhalb eines möglichen Grundwasserspiegels (Bemessungswasserstand):

Innerhalb des vorliegenden Boden/Untergrunds wären oberhalb eines möglichen Grundwasserspiegels (Bemessungswasserstands) Abdichtungsmaßnahmen entsprechend exponierter Bauwerksteile im Regelfall gegen potentiell aufstauendes Wasser (kurzzeitig drückendes Wasser, z.B. durch Anstau von einsickerndem Niederschlagswasser) nach DIN 18195-6: 2011-12, Abschnitt 9 zu treffen. Wird ein Aufstau von Oberflächen- und Sickerwasser vor Bauwerksteilen durch eine Drainagemaßnahme nach DIN 4095 (deren Funktionsfähigkeit dauerhaft sichergestellt ist) verhindert, können alternativ Abdichtungsmaßnahmen nach DIN 18195 T4 erfolgen. Unter Betonböden muss dann eine ausreichende kapillarbrechende Schicht vorgesehen werden.

#### Unterhalb eines möglichen Grundwasserspiegels (Bemessungswasserstand):

Liegen Bauwerksteile unterhalb eines möglichen Grundwasserspiegels (Bemessungswasserstand) sind Abdichtungsmaßnahmen im Regelfall gegen drückendes Wasser (Grundwasser/Hochwasser) gemäß DIN 18195-6: 2011-12, Abschnitt 8 zu treffen. Ein potentieller Auftrieb wäre zu berücksichtigen.

## **8 Straßen-/Kanalbau**

### **8.1 Verkehrsflächen**

Aus den ermittelten Daten geht hervor, dass sowohl frost- als auch wasserempfindliche Bodenklassen vorliegen. Somit sind die Witterungsverhältnisse jeder Zeit zu berücksichtigen.

Für sämtliche Erd- und Verfüllmaßnahmen sollten die Empfehlungen und Vorgaben der ZTV E-StB 09 sowie der ZTV A-StB 12 beachtet werden.

Die nach den Technischen Vertragsbedingungen (ZTV E-StB 09, ZTV A-StB 12) geltenden Anforderungen an den Einbau sollten durch die Eigen- und Fremdüberwachung entsprechend nachgewiesen und dokumentiert werden.



Als  $E_{V2}$ -Modul sollte im Zuge der Planung auf dem Erdplanum mindestens ein Wert von 45 MN/m<sup>2</sup> angesetzt werden. Je nach Geländeabtrag und Tiefenlage eines Erdplanums kann oberhalb ausreichend mächtiger halbfester Konsistenzen bzw. (zerbrochenen) Karbonatgesteinen im weiteren Untergrund ein entsprechender Wert mitunter erreicht werden, im Falle von steifen Konsistenzen ist jedoch davon auszugehen, dass dieser Wert nicht bzw. nicht durchgängig erreicht wird. Zudem können je nach Witterungsverhältnissen im Vorfeld und während der Bauphase die vorliegenden Böden deutlichen Schwankungen hinsichtlich ihrer Tragfähigkeitseigenschaften unterworfen sein. Eine bodenverbessernde Maßnahme sollte daher in jedem Fall in die weitere Planung mit einbezogen werden. Aus wirtschaftlicher Sicht, technischer Machbarkeit sowie in Abhängigkeit von den Wasserverhältnissen (Konsistenzen der Böden) können nachfolgende Möglichkeiten miteinander abgewogen werden.

- Verbesserung der Planumsschicht mittels Bindemittelzugabe <sup>a)</sup>
- Bodenaustausch im Bereich des Erdplanums (z.B. durch kornabgestuftes Mineralstoffgemisch) in Abhängigkeit von den gegebenen Tragfähigkeitseigenschaften ( $E_{V2}$ -Modul) des Erdplanums. <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Die Einsatzmöglichkeit richtet sich im Wesentlichen nach der Fräsbarkeit des Bodens. Beim Auftreten größerer Steine im Verwitterungsboden des Muschelkalks wäre entsprechend geeignetes schweres Gerät zu verwenden oder die Bindemittelgabe alternativ mit einem Bodenaustausch abzuwägen.

<sup>b)</sup> Die Dimensionierung und Einsatzmöglichkeit dieser Maßnahme ist abhängig von den angetroffenen Tragfähigkeitseigenschaften auf dem Erdplanum, welche nach dem Bodenabtrag (zu Beginn der Baumaßnahme) zu ermitteln wären. Hieraus würde bei vorgegebener Höhe des Erdplanums ein Mehrabtrag und somit eine Erhöhung der Abtragmassen resultieren.

Die erforderliche Mächtigkeit einer bodenverbessernden Maßnahme (Austauschmächtigkeit bzw. Einfrästiefe) richtet sich nach den tatsächlich angetroffenen Tragfähigkeitseigenschaften der Böden und sollte zu Beginn der Maßnahme durch einen entsprechenden Testeinbau („Testfeld“) ermittelt werden.

Der ungebundene Oberbau (Schottertragschicht/Frostschutzschicht) wäre in Hinblick auf die sehr frostempfindlichen Böden sowohl hinsichtlich einer erforderlichen Tragfähigkeit, als auch hinsichtlich einer erforderlichen Frostsicherung zu bemessen. Die sich aus den beiden Bemessungsfällen ergebende größere Mächtigkeit der Frostschutzschicht/Tragschicht ist hierbei maßgebend (siehe RStO).

Ausgehend von einem (verbesserten) Erdplanum mit einem  $E_{V2}$ -Modul von 45 MN/m<sup>2</sup> können auf einer darüber liegenden Schottertragschicht/Frostschutzschicht, in Abhängigkeit von

deren Einbaumächtigkeit die erreichbaren  $E_{V2}$ -Werte wie folgt abgeschätzt werden (Richtwert für Körnung 0/45, ein entsprechender Sicherheitszuschlag wäre zu berücksichtigen):

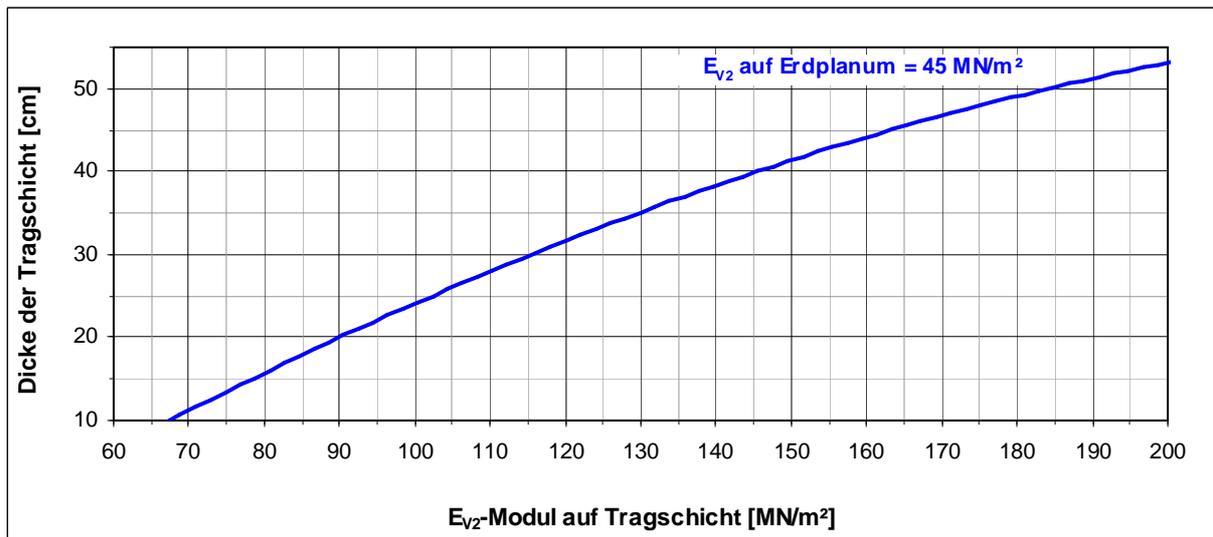


Diagramm 1: Richtwert für die Abhängigkeit des  $E_{V2}$ -Modul zur Einbaustärke einer Tragschicht (STS) auf einem Erdplanum mit  $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$

Sollten mit einer auf Frostsicherheit bemessenen Einbaustärke der Schottertragschicht die erforderlichen Tragfähigkeitseigenschaften (auf OK Tragschicht) nicht erzielbar sein, muss entweder die Einbaudicke der Schottertragschicht entsprechend angepasst, oder die Tragfähigkeitsanforderung an das Erdplanum erhöht werden.

### **Bemerkungen zur Bodenverbesserung des Planums (als Auflager für Frostschutz-/Schottertragschichten) unter Verkehrsflächen mittels Bindemittelzugabe:**

Die Einsatzmöglichkeit richtet sich u.a. nach der Fräsbarkeit des Bodens und hierbei insbesondere nach den Grobanteilen des Bodens. Einzelne größere Steine bzw. Blöcke können somit Fräsarbeiten mitunter erheblich erschweren. Bei sehr hohen Anteilen an größeren Steinen bzw. Blöcken kann sich diese Methode als ungeeignet erweisen. Innerhalb der Verwitterungsböden des Muschelkalks können entsprechende Korngrößen in horizontweise wechselnden Beimengungen auftreten. Beim Auftreten einzelner größerer Steine im Verwitterungsboden des Muschelkalks wäre entsprechend geeignetes schweres Gerät zu verwenden, beim Auftreten von Kalksteinblöcken bzw. hohen Steinanteilen wäre die Bindemittelgabe alternativ mit einem Bodenaustausch abzuwägen. Eine endgültige Festlegung hierzu sollte kurzfristig nach Abtrag und Begutachtung des Erdplanums erfolgen.



Aufgrund derzeit punktueller Erkundungen (mögliche wechselnde Gegebenheiten im Untergrund), potentiellen Wechseln von Wassergehaltsverhältnissen, noch nicht genau bekannte Tiefenlage von Erdplanien, ist für spätere Verbesserungen von Erdplanien noch keine exakte, flächenbezogene Angabe von Werten für Bindemittelzugaben möglich. Diese müssen kurzfristig nach Herstellung des neuen Erdplanums ermittelt werden. Als kalkulatorische Grundlage kann vorab eine geschätzte mittlere Bindemittelzugabemenge von ca. 15 bis 20 kg Bindemittel je Kubikmeter Bodenmaterial angesetzt werden.

Die Angaben ersetzen keine Eignungsprüfung gemäß den entsprechenden Regelwerken. Die voraussichtlichen Bindemittelzugabemengen beziehen sich auf die Verwendung von Weissfeinkalk bzw. in ihrer wassergehaltsreduzierenden Eigenschaften vergleichbarer Bindemittel. Im Falle von Bindemittelgemischen müssen im Regelfall höhere Zugabemengen angesetzt werden. Zur genauen Festlegung der Bindemittelmenge empfehlen wir die Vorlage einer entsprechenden Eignungsprüfung nach ZTV E-StB 09 und TP BF-StB Teil 11.3. durch die Baufirma zu Beginn der Baumaßnahme.

Da die angegebenen Werte mit den Witterungsverhältnissen schwanken können, sollten diese zeitnah im Vorfeld einer Kalkzugabe nochmals genauer spezifiziert werden. Zudem ist im Zuge der Bauausführung auf entsprechende auffällige Wechsel zu achten. Es empfehlen sich regelmäßige Stichproben des Bodenmaterials hinsichtlich des Wassergehaltes. Die Witterungssituation ist jederzeit zu berücksichtigen.

Nach dem Verdichten von verbessertem Bodenmaterial ist insbesondere zu berücksichtigen, dass vor einem ausreichenden Abbinden des Bindemittels ein übermäßiger, insbesondere spurfahrender Baustellenverkehr, bzw. eine zu früh oder über das nötige Maß hinaus durchgeführte Verdichtung einer darüber liegenden Schottertragschicht zu einer erneuten Herabsetzung der Tragfähigkeiten führen kann.

Für die Wahl des geeigneten Bindemittels innerhalb bindiger Bodenhorizonte kann folgende Betrachtung herangezogen werden:

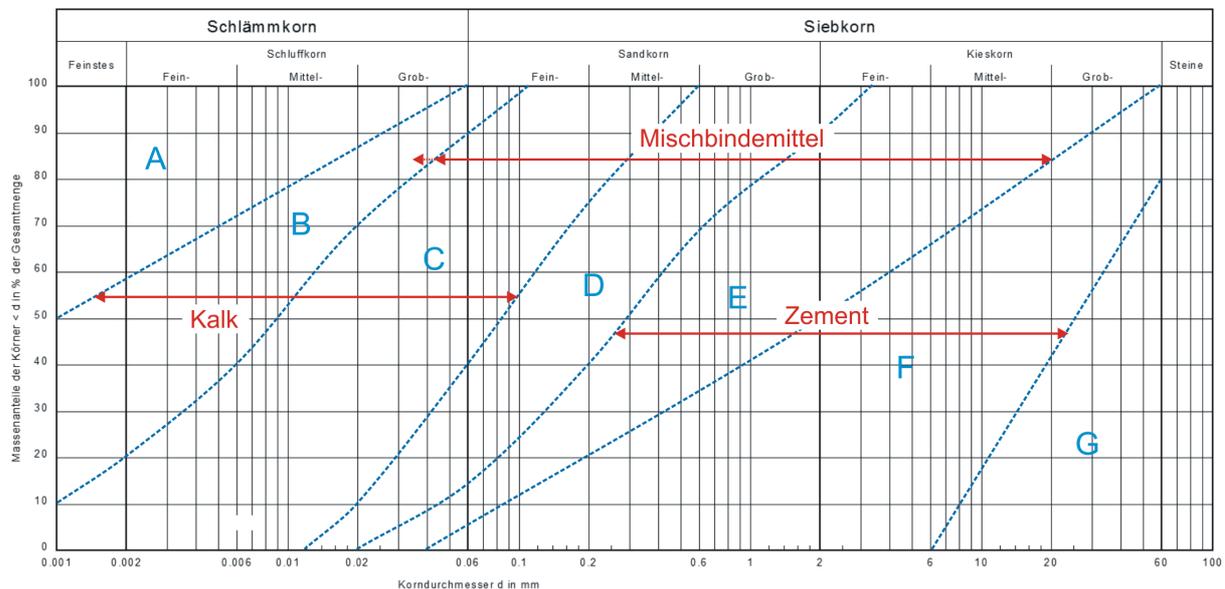


Abb. 2: Eignung von Bindemitteln, in Abhängigkeit von der Bodenart

*Bereich A: ungeeignet für Bindemittelstabilisierung, nicht ausreichend zerkleinerbar*

*Bereich B: i.d.R. Kalk; bedingt Mischbindemittel mit höherem Kalkanteil (ca. 70 Kalk / 30 Zement), jedoch nur falls der Boden mit dem gewählten Einfräsverfahren ausreichend zerkleinerbar*

*Bereich C: Kalk und Mischbindemittel mit höherem bis mittlerem Kalkanteil (ca. 70 Kalk / 30 Zement bis 50/50)*

*Bereich D: Mischbindemittel mit mittlerem bis höherem Zementanteil (ca. 50/50 bis 30 Kalk / 70 Zement)*

*Bereich E: Mischbindemittel mit höherem Zementanteil (ca. 30 Kalk / 70 Zement) und Zement*

*Bereich F: Zement*

*Bereich G: ungeeignet für Bindemittelstabilisierung, zu grobes Korngefüge*

Innerhalb der Erkundungspunkte wurden innerhalb bindiger Bodenhorizonte Böden der Bodengruppen TM und TA, sowie gemischtkörnige Böden mit der Bodengruppe TA im Feinbodenanteil angetroffen. Für die Wahl des Bindemittels wären somit innerhalb bindiger Bodenhorizonte im Wesentlichen die Bereiche B bis C maßgebend.

Die dargestellte Eignung des Bindemittels stellt eine Regelfallbetrachtung dar. Die tatsächliche Eignung eines Bindemittels muss durch entsprechende bodenartsspezifische Eignungsprüfungen gemäß ZTV E-StB 09 / TP BF-StB Teil 11.3 nachgewiesen werden.

Die jeweiligen, bindemittelspezifisch erforderlichen bzw. maximal zulässigen Zeitspannen zwischen Einbringung des Bindemittels und Verdichtung des Boden-Bindemittelgemisches sind einzuhalten.

Innerhalb der Sondierpunkte und -tiefen wurde kein gips-/anhydrithaltiges Bodenmaterial angetroffen. Bodenmaterial mit Gips-/Anhydritanteilen darf hinsichtlich möglicher Quellhebungen (Sulfatreiben durch Ettringitbildung) nicht mit konventionellen Bindemitteln verbessert werden.



**Bemerkungen zum Bodenaustausch:**

Für die wirtschaftliche Beurteilung können im Regelfall nachfolgende Anhaltswerte dienen:

<b>Anhaltswert für die Mindestdicke der Austauschmaßnahme mittels gebrochenen kornabgestuftem Gemischen GW bis GU (am Beispiel einer Körnung 0/45) zusätzlich zum vorgesehenen Aufbau der Frostschutz-/Schottertragschicht</b>	
<b><math>E_{v2}</math>-Modul auf Austauschsohle</b>	<b><math>E_{v2}</math>-Modul von 45 MN/m<sup>2</sup> auf Austausch zu erwarten ab einer Austauschmächtigkeit von - <u>zusätzlich</u> -</b>
10 MN/m <sup>2</sup>	45 - 50 cm
20 MN/m <sup>2</sup>	25 - 30 cm
30 MN/m <sup>2</sup>	15 - 20 cm

Tab. 8: Anhaltswerte für die Dicke der Austauschmaßnahme, in Abhängigkeit von den Tragfähigkeitseigenschaften auf dem Erdplanum.

Hinsichtlich der Witterungsempfindlichkeit (Niederschlag), sowie des Einflusses auf die Tragfähigkeitseigenschaften sollte hier ein Feinteilgehalt (<0,063 mm) von <10 M.-% im Austauschmaterial eingehalten werden. Auf den Wassergehalt des für einen Einbau vorgesehenen Material ist auch hier zu achten (Proctorwassergehalt). Das Größtkorn des Austauschmaterials darf maximal das 0,4-fache der Austauschmächtigkeit betragen.

Unterliegt das verwendete kornabgestufte Material keiner Güteüberwachung, ist keine fest definierte Zusammensetzung an den Einzelkornfraktionen gegeben. Bedingt durch Materialschwankungen können die genannten Richtwerte Schwankungen unterworfen sein. Ein Wert für die Austauschmächtigkeit wäre durch repräsentative Prüfflächen zu Beginn der Austauschmaßnahme zu ermitteln und je nach Zusammensetzung und Zustand des angelieferten Materials bzw. der Austauschsohle gegebenenfalls anzupassen. Als kalkulatorische Grundlage kann vorab eine geschätzte Austauschmächtigkeit von ca. 30 cm angesetzt werden.

Erhöhte Wassergehalte und/oder höhere Feinteilgehalte wirken sich deutlich negativ auf die Tragfähigkeitseigenschaften aus. Aufgrund eines deutlich erhöhten Wassergehaltes, in Verbindung mit höheren Feinteilgehalten kann das Austauschmaterial unbrauchbar werden.

Speziell bei der Durchführung von Austauschmaßnahmen in bindigem Baugrund ist zu beachten, dass ein ungehinderter Wasserabfluss auf der Austauschsohle gewährleistet ist. Dieser muss sowohl hinsichtlich eines Wassereintrags auf die Aushubsohle, als auch hinsichtlich Wasseransammlungen im eingebauten Austauschmaterial gegeben sein. Dies kann durch das Herstellen einer glatten, leicht geneigten Austauschsohlfläche auf dem



vorliegenden bindigen Boden erfolgen. Ist im Zuge der Austauschmaßnahmen eine „wannenartige“ Ausbildung der Aushub-/Austauschsohle nicht zu vermeiden, müssen zusätzliche Vorkehrungen getroffen werden, um anfallendes Wasser abzuleiten damit mögliche Ansammlungen im Austausch zu verhindern werden.

### **Allgemeine Bemerkungen:**

Ein Erdplanum darf bezüglich Frostschäden über die Wintermonate nicht offen liegen oder eine zu geringe Überdeckung aufweisen. Eine frostsichere Überbauung muss daher rechtzeitig stattfinden.

Sollte ein Wassereintrag auf das Erdplanum bzw. in einen darüber liegenden Austauschhorizont oder eine Tragschicht stattfinden, ist eine dynamische Beanspruchung zu vermeiden, (z.B. Verdichtungsarbeiten, Befahrung mit schweren Radfahrzeugen → auch auf darüber liegender Tragschicht bzw. Bodenaustauschmasse), um eine dadurch hervorgerufene, unnötige Verschlechterung der Tragfähigkeitseigenschaften zu verhindern. Die vorliegenden Böden können bei dynamischer Beanspruchung äußerst sensibel reagieren und damit ihre, für den ungestörten Zustand geltenden bodenmechanischen Eigenschaften spontan verlieren.

Treten eine witterungsbedingte Verschlechterung der Baugrundbeschaffenheit oder Inhomogenitäten innerhalb des Baugrunds auf, so sind diese entsprechend zu berücksichtigen. Zur relativen Abschätzung der Homogenität bzw. Inhomogenität des Baugrunds könnten, ohne erheblichen Zeitaufwand durchführbare, zeitnahe dynamische Plattendruckversuche (in Verbindung mit statischem Referenzwert) dienen.

## **8.2 Kanalgrabensohlen/-verfüllungen**

### **Grabensohlen:**

In den Erkundungspunkten und -tiefen wurden für eine Regelfallbetrachtung geltend, allgemein tragfähige Schichten angetroffen (mindestens steife Konsistenzen). Sollte keine wesentliche Verschlechterung durch Niederschlagswassereinträge in offen liegende Gräben stattfinden, wird eine Verbesserung von Graben-/Leitungssohlen voraussichtlich nicht erforderlich, es sei denn erhöhte Anforderungen aus der Rohr-/Leitungsstatik würden diese (partiell) erfordern.



### **Grabenverfüllungen (außerhalb der Rohr-/Leitungsbettung):**

Nähere Anmerkung zur Verdichtbarkeit vorliegender Aushub-/Ausbruchmaterialien finden sich unter Kapitel 5.4 „Verdichtbarkeit von Böden / Verdichtbarkeitsklassen“. Wie beschrieben, sollte gegebenenfalls als (teilweise) Alternative zur Wiederverfüllung mittels Aushub-/Ausbruchmaterial, ein ersatzweise geeignetes Fremdmaterial in der weiteren Planung berücksichtigt werden.

Die nach den geltenden Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB) geltenden Anforderungen an die Verfüllung von Gräben sind durch die Eigen- und Fremdüberwachung entsprechend nachzuweisen und zu dokumentieren.

### **9. Baugruben und Böschungen**

Nach DIN 4124, Baugruben und Gräben, dürfen nicht verbaute Baugruben und Gräben bis 1,25 m Tiefe senkrecht hergestellt werden, insoweit die anschließende Geländeoberfläche bei:

- nichtbindigen<sup>3)</sup> und weichen bindigen Böden<sup>4)</sup> nicht stärker als 1 : 10 und bei
- mindestens steifen bindigen Böden<sup>4)</sup> nicht stärker als 1 : 2

geneigt ist.

Ein Herstellen bis 1,75 m Tiefe (senkrecht) in mindestens steifen bindigen Böden<sup>4)</sup> kann erfolgen, wenn der mehr als 1,25 m über der Sohle liegende Bereich unter einem Mindestwinkel von  $\beta = 45^\circ$  abgeböscht oder gesichert wird und die Geländeoberfläche nicht steiler als 1 : 10 ansteigt.

Sollen Baugruben tiefer als 1,25 m bzw. 1,75 m erstellt werden, muss dies mit abgeböschten Wänden erfolgen, wobei sich die Neigung unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften ergibt. Der Zeitraum und die äußeren Einflüsse während der offenen Haltungen sind zu berücksichtigen.

Hierbei dürfen bei Böschungshöhen unter 5 Metern die Böschungswinkel ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit folgende Winkel betragen:

- bei nichtbindigen<sup>3)</sup> oder weichen bindigen Böden<sup>4)</sup>:  $\beta = 45^\circ$
- bei steifen oder halbfesten bindigen Böden<sup>4)</sup>:  $\beta = 60^\circ$
- bei Fels:  $\beta = 80^\circ$



An den Rändern von Baugruben und Gräben, die betreten werden müssen, sind mindestens 0,6 m breite, möglichst waagrechte Schutzstreifen anzuordnen und von Aushubmaterial, Hindernissen und nicht benötigten Gegenständen freizuhalten. Bei Gräben bis zu einer Tiefe von 0,8 m kann auf einer Seite auf den Schutzstreifen verzichtet werden.

Im Bereich benachbarter baulicher Anlagen ist der Aushub unter Beachtung von DIN 4123 vorzunehmen.

Unter besonderen, die Standsicherheit beeinflussenden Faktoren sind geringere Wandhöhen bzw. geringere Wandneigungen als o.g. vorzunehmen bzw. Gräben entsprechend zu sichern.

Sollten die in der DIN 4124 genannten und hier auszugsweise wiedergegebenen Faktoren nicht erfüllt sein, ist ein Standsicherheitsnachweis nach DIN 4084 zu erbringen. Die Standsicherheit nicht verbauter Baugrubenböschungen ist ebenfalls nachzuweisen, falls eine Böschung mehr als 5 m hoch ist oder vorhandene Leitungen bzw. die benachbarte bauliche Anlagen durch Aushubmaßnahmen gefährdet werden können.

Offen liegende Böschungsabschnitte sind vor einem Oberflächenwassereintrag zu schützen.

Die oben gemachten Angaben beziehen sich nicht auf dauerhaft angelegte Böschungen oder Gruben, deren Standzeiten über die übliche Bauzeit hinausreichen. Die Standfestigkeiten dauerhafter Böschungen sind durch gesonderte erdstatische Berechnungen, in Abhängigkeit von den bodenmechanischen Parametern des Böschungsmaterials, nachzuweisen.

**Anmerkung:**

- 3) Ein Boden ist i.d.R. nichtbindig, wenn der Gewichtsanteil der Bestandteile mit Körnern unter 0,06 mm 15 M.-% nicht übersteigt. Bei größerem Gewichtsanteil als 15 % wird der Boden als bindig bezeichnet.
- 4)
  - a) weich ist ein Boden, der sich leicht kneten lässt
  - b) steif ist ein Boden, der sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3mm dicken Walzen ausrollen lässt, ohne zu reißen oder zu zerbröckeln

**10. Gründung**

Genauere Festlegungen zu den bauplatzspezifischen Gründungsverhältnissen, zu den zulässigen Bodenpressungen bzw. zum Bettungsmodul wären abhängig von der Grundstückslage, der Art und Größe des Gebäudes sowie der tatsächlichen Gründungstiefe in jeweiligen Einzelfallerkundungen und –betrachtungen zu treffen. Zur überblicksmäßigen Einschätzung der Baugrundverhältnisse können vorläufig nachfolgende Abschätzungen dienen.



### **Im Falle von Plattengründungen:**

Je nach Höhenlage einer Gründungsplatte und der Tiefe des Übergangs in geringer verwitterter Karbonatgesteine kann ein Bettungsmodul von vorab geschätzt

**ca. 5 bis 50 MN/m<sup>3</sup> bzw. 5000 bis 50000 kN/m<sup>3</sup>**

erwartet werden.

Der abgeschätzte Schwankungsbereich für den Bettungsmodul bezieht sich auf durchgängig bindige Böden im Tiefenwirkungsbereich einer Gründungsplatte (5 MN/m<sup>3</sup>) bis auf durchgängig brüchiges, angewittertes Karbonatgestein (50 MN/m<sup>3</sup>). Finden sich bindige Verwitterungsböden mit unterlagernden brüchigen, angewitterten Karbonatgesteinen im Tiefenwirkungsbereich einer Gründungsplatte vor, wird der Bettungsmodul, je nach der verbleibenden Restmächtigkeit von bindigen Böden über Karbonatgesteinen im angegebenen abgeschätzten Bereich schwanken.

### **Im Falle von Einzel- und Streifenfundamenten:**

Je nach Höhenlage einer Fundamentsohle und der Verteilung von Bodengruppen und deren Konsistenzen, sowie der Einbindetiefe von Fundamenten können die voraussichtlich zulässigen Bodenpressungen wie folgt vorab geschätzt werden:

Verwitterungsboden/-zone des Muschelkalks, TA bis GU\* (mindestens steif):

**90 kN/m<sup>2</sup> – 250 kN/m<sup>2</sup>** (Einbindetiefe 0,5 – 2m) <sup>\*)</sup>

geschichteter, brüchiger Kalkstein mit deutlichen Verwitterungsspuren:

**500 bis 1000 kN/m<sup>2</sup>**

geschichteter, nicht brüchiger, wenig angewitterter Kalkstein:

**bis 2000 kN/m<sup>2</sup>**

*\*) Je nach Verteilung der Bodengruppen und Konsistenzen sowie der Einbindetiefe von Fundamenten voraussichtlich im angegebenen Bereich schwankend.*

Für die Anwendung der genannten Werte wird vorausgesetzt, dass die Belastung der Fundamente nur allmählich wächst. Die angegebenen zu erwartenden Bodenpressungen ersetzen keine bauwerks-/fundamentspezifischen Einzeluntersuchungen.



### 11. Schlussbemerkung

Die auf der Grundlage von 4 Rammkernsondierungen ermittelten Bodendaten beziehen sich auf die Untersuchungspunkte und vermitteln eine überblicksmäßige Erfassung der vorhandenen Baugrundsituation. Die jeweilig angegebenen Tiefen beziehen sich auf die am Untersuchungstag angetroffene Geländeoberkante.

Treten im Vergleich zu unseren Untersuchungsergebnissen im Zuge der Baumaßnahme Widersprüchlichkeiten auf, sollte unser Institut rechtzeitig zu einer begleitenden Begutachtung verständigt werden.

INSTITUT FÜR BAUSTOFFPRÜFUNG  
UND UMWELTTECHNIK GMBH

Dipl.-Geol. J. Herrmann



Dipl.-Geol. S. Zäh



## Anlagen:

- Lage der Aufschlüsse
- Rammkernsondierprofile
- Gegenüberstellung der Sondierprofile nach Ansatzhöhe
- Fließ-/Ausrollgrenzen

Lage der Sondierpunkte  
(ohne Maßstab)





**IBE GmbH**  
Bössingerstraße 23  
74243 Langenbeutingen  
Tel. 07946 / 944 98-0 Fax -10

Anlage:

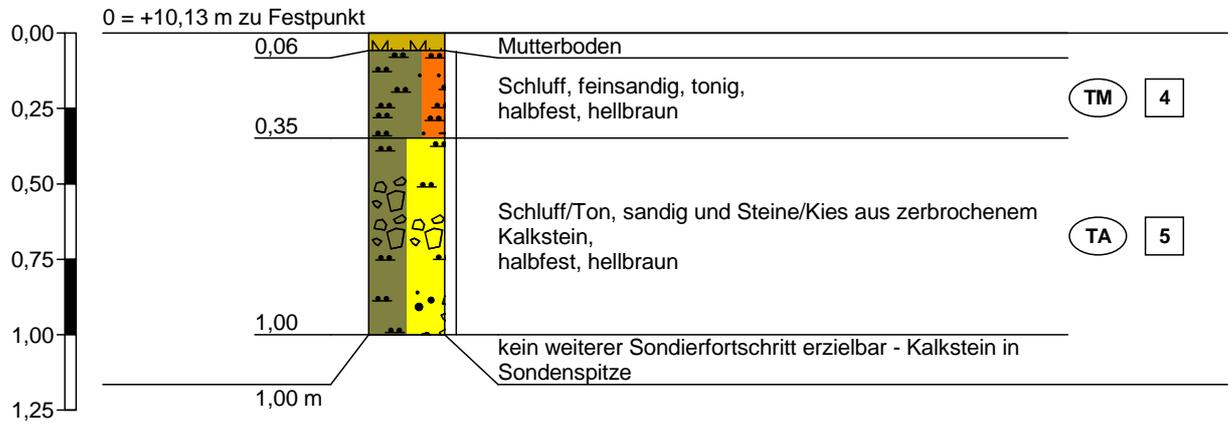
Projekt: Pfahlbach, BG Schießhofer Straße

Auftraggeber: Gem. Zweiflingen

Bearb.: Zä

Datum: 10.07.13

### RKS 1





**IBE GmbH**  
Bössingerstraße 23  
74243 Langenbeutingen  
Tel. 07946 / 944 98-0 Fax -10

Anlage:

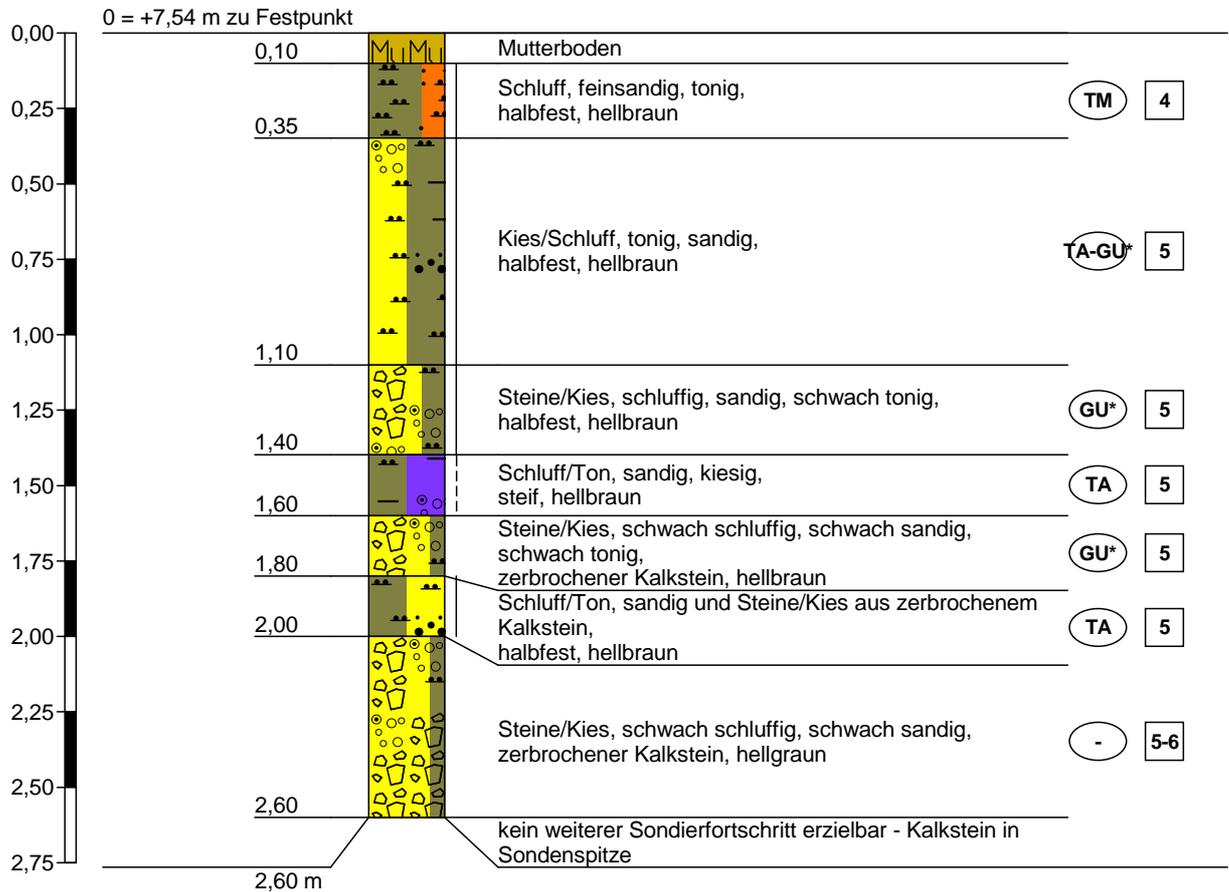
Projekt: Pfahlbach, BG Schießhofer Straße

Auftraggeber: Gem. Zweiflingen

Bearb.: Zä

Datum: 10.07.13

### RKS 2





**IBE GmbH**  
Bössingerstraße 23  
74243 Langenbeutingen  
Tel. 07946 / 944 98-0 Fax -10

Anlage:

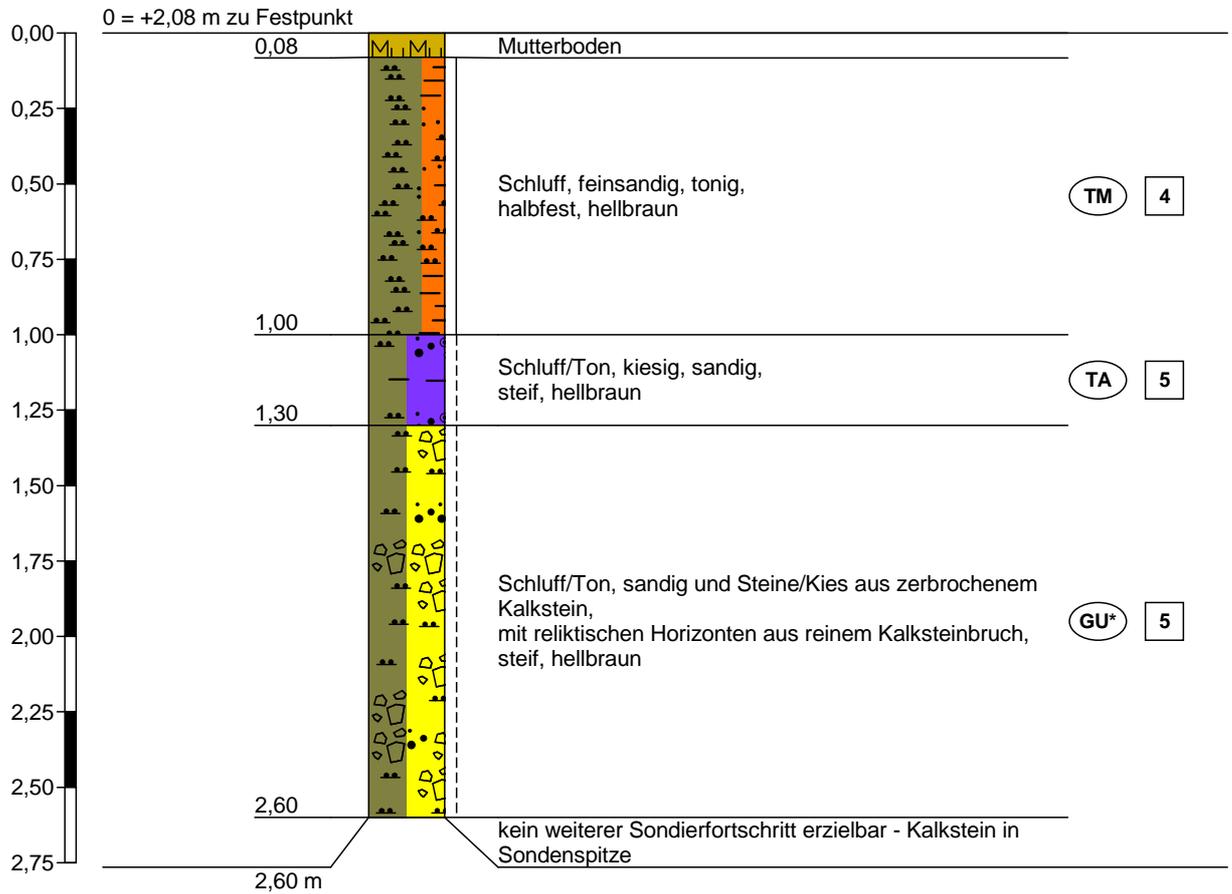
Projekt: Pfahlbach, BG Schießhofer Straße

Auftraggeber: Gem. Zweiflingen

Bearb.: Zä

Datum: 10.07.13

### RKS 3





**IBE GmbH**  
Bössingerstraße 23  
74243 Langenbeutingen  
Tel. 07946 / 944 98-0 Fax -10

Anlage:

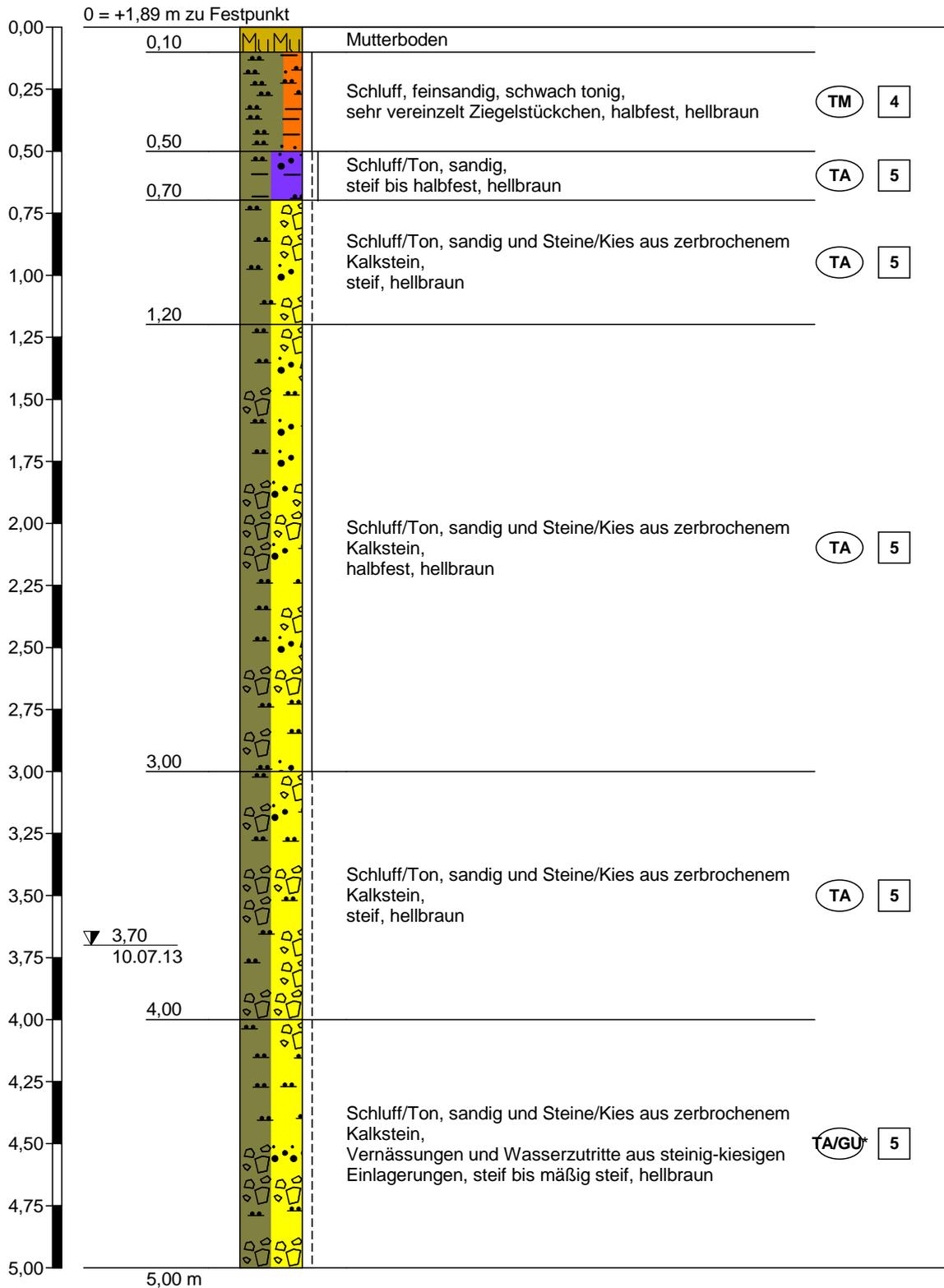
Projekt: Pfahlbach, BG Schießhofer Straße

Auftraggeber: Gem. Zweiflingen

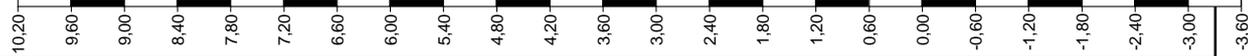
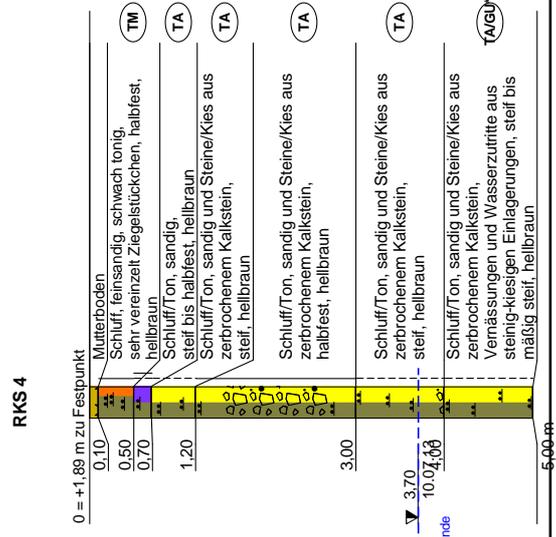
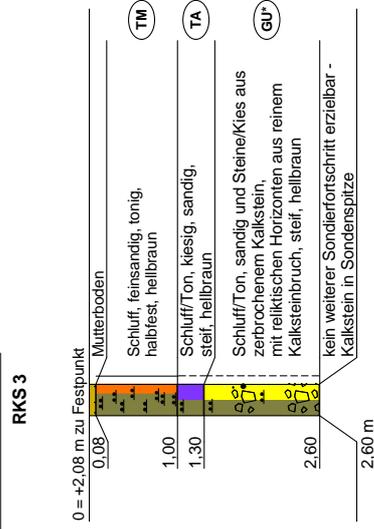
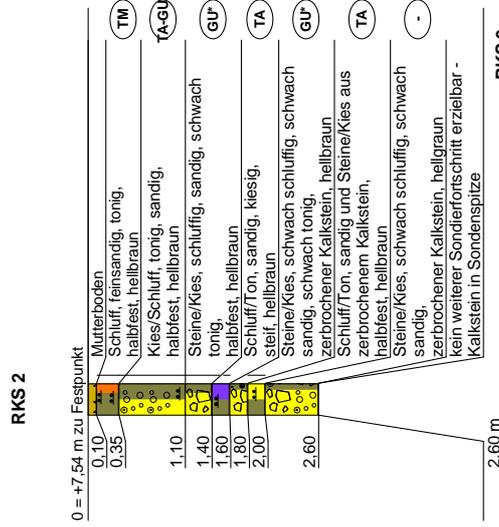
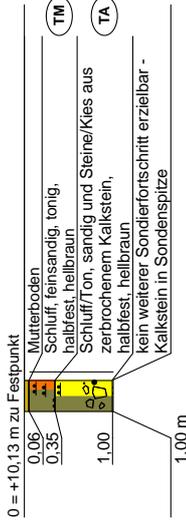
Bearb.: Zä

Datum: 10.07.13

### RKS 4



**Profilschnitt RKS 2 - RKS 3 - RKS 1 - RKS 4**





**IBE GmbH**

Bössingerstraße 23  
74243 Langenbeutingen  
Tel. 07946 / 944 98-0 Fax -10

**Legende und Zeichenerklärung  
nach DIN 4023**

Anlage:

Projekt: Pfahlbach, BG Schießhofer Straße

Auftraggeber: Gem. Zweiflingen

Bearb.: Zä

Datum: 10.07.13

Boden- und Felsarten



Mutterboden, Mu



Steine, X, steinig, x



Kies, G, kiesig, g



Feinsand, fS, feinsandig, fs



Sand, S, sandig, s



Schluff, U, schluffig, u



Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich f - fein  
m - mittel  
g - grob

Nebenteile ' - schwach (<15%)  
- - stark (30-40%)

Bodenklassen nach DIN 18300

1

Oberboden (Mutterboden)

2

Fließende Bodenarten

3

Leicht lösbare Bodenarten

4

Mittelschwer lösbare Bodenarten

5

Schwer lösbare Bodenarten

6

Leicht lösbarer Fels und vergleichbare  
Bodenarten

7

Schwer lösbarer Fels

Bodengruppen nach DIN 18196

GE

enggestufte Kiese

GW

weitgestufte Kiese

GI

Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische

SE

enggestufte Sande

SW

weitgestufte Sand-Kies-Gemische

SI

Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische

GU

Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15%  $\leq 0,06$  mm

GU\*

Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40%  $\leq 0,06$  mm

GT

Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15%  $\leq 0,06$  mm

GT\*

Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40%  $\leq 0,06$  mm

SU

Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15%  $\leq 0,06$  mm

SU\*

Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40%  $\leq 0,06$  mm

ST

Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15%  $\leq 0,06$  mm

ST\*

Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40%  $\leq 0,06$  mm

UL

leicht plastische Schluffe

UM

mittelpastische Schluffe

UA

ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff

TL

leicht plastische Tone

TM

mittelpastische Tone

TA

ausgeprägt plastische Tone

OU

Schluffe mit organischen Beimengungen

OT

Tone mit organischen Beimengungen

OH

grob- bis gemischtkörnige Böden mit  
Beimengungen humoser Art

OK

grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen,  
kieseligen Bildungen

HN

nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)

HZ

zersetzte Torfe

F

Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy,  
Sapropel)

[ ]

Auffüllung aus natürlichen Böden

A

Auffüllung aus Fremdstoffen

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest



**IBE GmbH**

Bössingerstraße 23  
74243 Langenbeutingen  
Tel. 07946 / 944 98-0 Fax -10

**Legende und Zeichenerklärung  
nach DIN 4023**

Anlage:

Projekt: Pfahlbach, BG Schießhofer Straße

Auftraggeber: Gem. Zweiflingen

Bearb.: Zä

Datum: 10.07.13

Grundwasser

▽ 1,00  
28.08.2013 Grundwasser am 28.08.2013 in 1,00 m unter  
Gelände angebohrt

▽ 1,00  
28.08.2013 Grundwasser in 1,80 m unter Gelände  
angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m  
unter Gelände am 28.08.2013

▽ 1,00  
28.08.2013 Grundwasser nach Beendigung der  
Bohrarbeiten am 28.08.2013

▽ 1,00  
28.08.2013 Ruhewasserstand in einem ausgebauten  
Bohrloch

▽ 1,00  
28.08.2013 Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände

# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Zweiflingen - Pfahlbach

### Erschließung BP Schießhofer Straße

Bearbeiter: Zä/Wi

Datum: 12.08.13

Prüfungsnummer: 26005

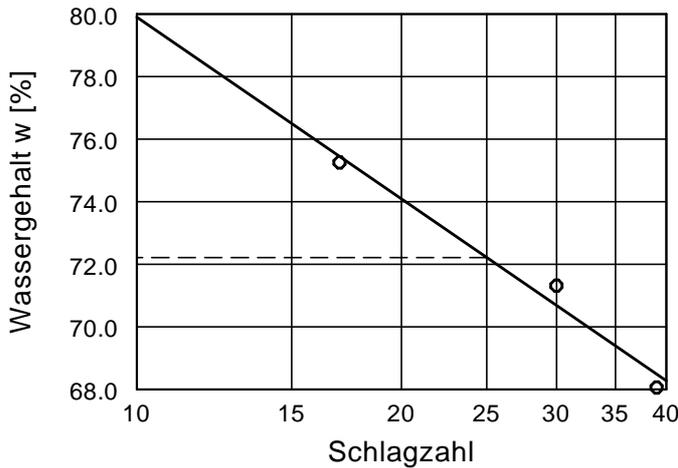
Entnahmestelle: RKS 4

Tiefe: 0,5 - 0,7m

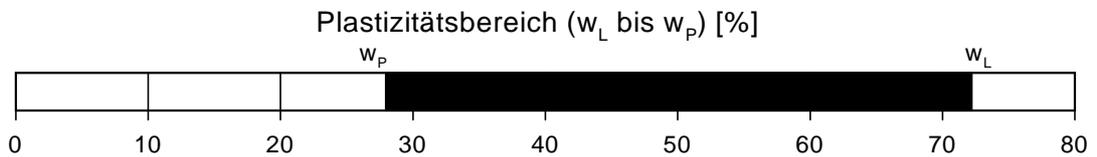
Art der Entnahme: RKS, gestört

Bodenart: bindig

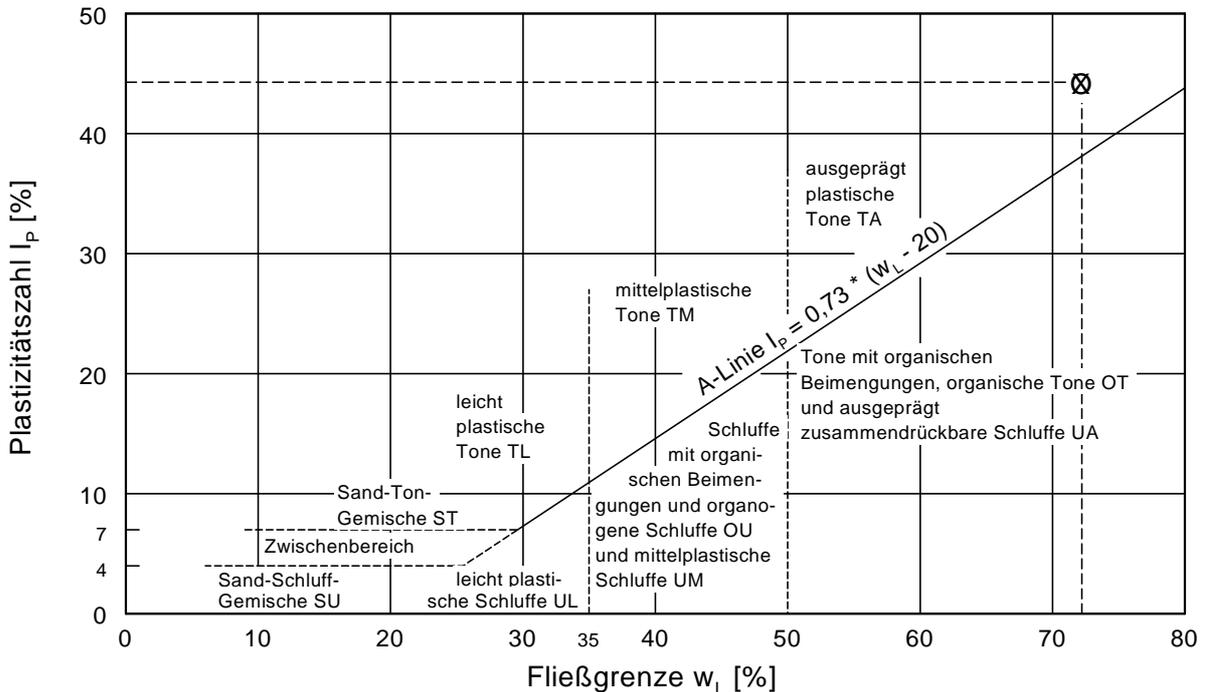
Probe entnommen am: 10.07.13



Wassergehalt $w$ =	28.1 %
Fließgrenze $w_L$ =	72.2 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	27.9 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	44.3 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	1.00
Anteil Überkorn $\ddot{u}$ =	0.2 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	28.2 %



Plastizitätsdiagramm



**Zustandsgrenzen** nach DIN 18 122  
**Zweiflingen - Pfahlbach**  
**Erschließung BP Schießhofer Straße**

Bearbeiter: Zä/Wi

Datum: 12.08.13

Prüfungsnummer: 26005

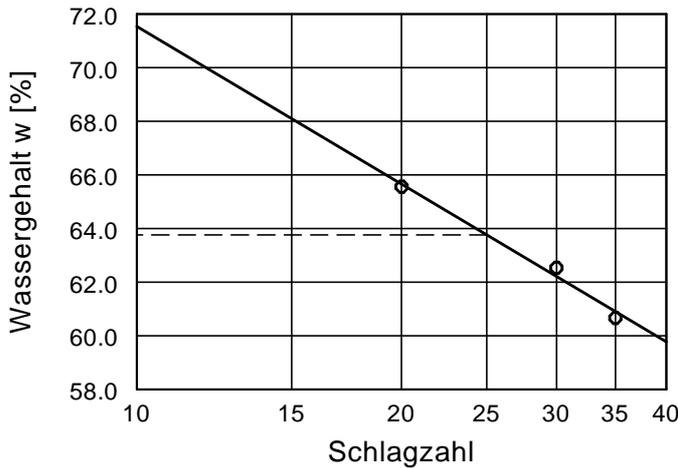
Entnahmestelle: RKS 3

Tiefe: 1,0 - 1,3m

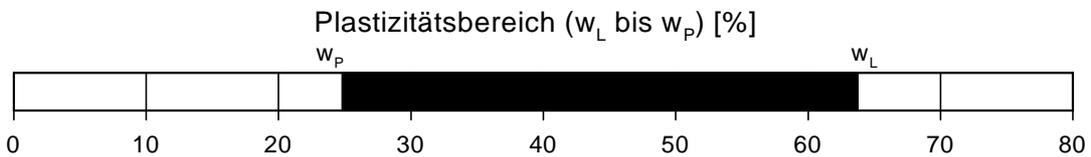
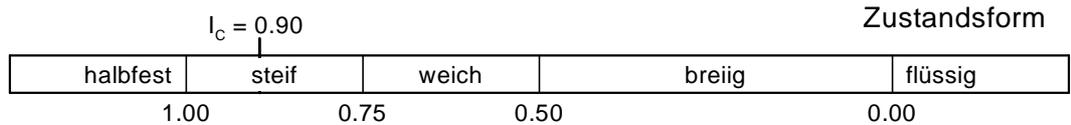
Art der Entnahme: RKS, gestört

Bodenart: bindig

Probe entnommen am: 10.07.13



Wassergehalt w =	26.7 %
Fließgrenze $w_L$ =	63.8 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	24.8 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	39.0 %
Konsistenzzahl $I_C$ =	0.90
Anteil Überkorn $\ddot{u}$ =	7.5 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	28.9 %



Plastizitätsdiagramm

