

Stadtverwaltung Meßstetten  
Hauptstraße 9  
72469 Meßstetten

Friedrich-List-Straße 42  
70771 Leinfelden-Echterdingen

Telefon +49 (0) 711 797350 - 0  
Telefax +49 (0) 711 797350 - 20  
E-Mail info@geotechnik-vees.de

13.03.2017  
Az 16 140/1

## Geotechnischer Bericht

für die Verlegung der Landesstraße L440  
im „Gewerbegebiet Süd“ in Meßstetten-Tieringen

### Geschäftsführer

Prof. Dr.-Ing. Johannes Giere  
Dr.-Ing. Stefan Krieg  
Dr.-Ing. Jens Turek

Amtsgericht Stuttgart HRB 22 36 32

### öffentlich bestellte Sachverständige

Prof. Dr.-Ing. Johannes Giere  
ö.b.u.v. SV für Erd- und Grundbau, Standsicherheit  
von Böschungen

Dipl.-Geol. Dr. Klaus Kleinert  
ö.b.u.v. SV für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie

Prof. Dr.-Ing. Edelbert Vees  
ö.b.u.v. SV für Baugrund, Gründungen, Bodenmechanik  
anerkannter SV für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
1 Vorbemerkungen .....	4
2 Lage, Vorhaben und geologischer Überblick.....	5
3 Durchgeführte Untersuchungen .....	6
4 Untersuchungsergebnisse .....	8
4.1 Schichtaufbau des Untergrundes.....	8
4.2 Grundwasserverhältnisse .....	12
4.3 Einstufung der erschlossenen Schichten in Homogenbereiche nach DIN 18300 und DIN 18301 .....	14
4.4 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen .....	17
4.5 Erdbebeneinwirkung nach DIN 4149 .....	17
4.6 Bisherige Ergebnisse der Inklinometermessungen .....	17
4.7 Niederschlags-Abfluss Berechnung Einzugsgebiet L440 neu .....	18
5 Folgerung für die Erschließung .....	18
5.1 Geländeeinschnitte für die L440 neu .....	19
5.1.1 Hangsicherungsmaßnahmen.....	19
5.1.2 Straßenbau.....	27
5.2 Geländeauffüllungen für die L440 neu .....	29
5.2.1 Dammschüttung und Straßenbau .....	29
5.2.2 Verformung des Untergrundes und des Straßendamms .....	32
5.3 Leitungsbau.....	34
5.3.1 Anlage und Sicherung der Leitungsgräben .....	34
5.3.2 Auflagerung von Rohrleitungen, Verfüllung der Leitungszone.....	35
5.3.3 Hauptverfüllung .....	36
5.3.4 Anordnung von Sperrriegeln .....	37
6 Weitere Hinweise zur Planung und Bauausführung .....	37
6.1 Gründung von Brücken.....	37
6.2 Geplante Regenrückhaltebecken / Versickerung von Nieder- schlagswasser .....	38
6.3 Geplante Lärmschutzwälle .....	38
6.4 Gestaltung von Parkflächen.....	38
6.5 Wiederverwertung / Entsorgung von Aushubmaterial .....	38
6.6 Wasserrechtliche Gesichtspunkte.....	39
6.7 Kampfmittel im Untergrund .....	40
7 Schlussbemerkungen .....	40

## Anlagen

- 1.1 Übersichtslageplan, M. 1:10000
- 1.2 Lageplan Erkundungspunkte, M. 1:2000
- 1.3 Lageplan Grundwassergleichen, M. 1:2000
- 1.4 Lageplan Dicke quartäre Deckschichten, M. 1:2000
- 1.5 Lageplan Oberkante Braunjura, M. 1:2000
- 2.1 Schichtprofile der Kernbohrungen B 1/16, B 3/16 und BGW 1/08
- 2.2 Schichtprofile der Kernbohrungen B 4/16, BGW 2/08, B 5/16 und BGW 3/08
- 2.3 Schichtprofile der Kernbohrungen B 6/16, B 7/16, B 4/08 und B 8/16
- 2.4 Schichtprofile der Kernbohrungen B 4/07, B 19/16 und B 11/16
- 2.5 Schichtprofile der Kernbohrungen B 2/16 und B 22/16
- 3.1 – 3.9 Bodenmechanische Laborergebnisse
- 4.1 Wasserchemische Analyseergebnisse aus B 4/16 (DIN 4030)
- 4.2 Vorklassifizierung der Bodenmischprobe MP 1 gemäß VwV Boden / DepV<sup>1</sup>
- 5 Inklinometermessungen in B 5/16
- 6 Fotodokumentation der Bohrkerne aus den Bohrungen B 1/16 bis B 8/16 sowie B 11/16, B 19/16 und B 22/16
- 7 Dokumentation der Bohrunternehmung drillexpert GmbH der Bohrungen B 1/16 bis B 8/16, B 11/16, B 19/16, B 22/16
- 8 Niederschlags-Abfluss Berechnungen durch die Ingenieurberatung für Siedlungswasserwirtschaft (ISW)
- 9 Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung durch das Büro R. Hinkelbein
- 10.1 + 10.2 Definitionen der Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:2012-09 und DIN 18301:2012-09

---

<sup>1</sup> VwV Boden: Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 – Az.: 25-8980.08M20 Land/3 –

DepV: Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212)

## 1 Vorbemerkungen

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens für das „Gewerbegebiet Süd“ in Meßstetten, Stadtteil Tieringen, ist die Verlegung der Landesstraße L440 geplant (L440 neu). Dazu soll der bisherige Verlauf der Landesstraße direkt südöstlich des Stadtrands auf einer Länge von ca. 1,4 km aufgehoben und ca. 150 m bis 300 m weiter südlich durch eine neue Straße ersetzt werden.

Die Straßenbaumaßnahme erfolgt im Zusammenhang mit der geplanten Erschließung eines Kleingewerbegebiets und den vorgesehenen Baumaßnahmen der ansässigen Firmen Mattes & Ammann sowie Interstuhl. Für die Erschließung des Kleingewerbegebiets wurde von uns bereits ein separater Geotechnischer Bericht mit Datum vom 10.03.2017 erstellt (Az 16140/2), die übrigen Berichte folgen (Bauvorhaben Mattes & Ammann Az 16140/3 und Bauvorhaben Interstuhl Az 16140/4).

Im Rahmen der Baugrunderkundung für das gesamte „Gewerbegebiet Süd“ wurde unser Büro beauftragt, die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse im Bereich der geplanten Straßentrassen zu erkunden und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020/EC 7 zu den Ergebnissen der Voruntersuchungen zu erstellen (Erschließungsgutachten). Aufbauend auf diesem 1. Erkundungsschritt ist das Erkundungsraster vor Bauausführung in Bereichen mit offenen Fragestellungen gezielt mit weiteren Baugrundaufschlüssen zu verdichten (z. B. im Bereich der geplanten Brückenbauwerke oder in Straßeneinschnitten).

Für die Bearbeitung des vorliegenden Berichts erhielten wir vom Ingenieurbüro Wesner, Meßstetten, folgende Unterlagen:

- Bebauungsplan „Gewerbegebiet Süd“ Stadtteil Tieringen, Lageplan, M. 1:1 000, Stand: 02/2017
- Verlegung L440 – Bebauung Interstuhl/Kleingewerbegebiet, Schnitte 1 und 2, M. 1:250, Datum: 18.01.2017
- L440 – Verlegung bei Meßstetten-Tieringen mit Anbindung der K7144, Lagepläne, M. 1:500, Stand: 08/2016
- L440 – Verlegung bei Meßstetten-Tieringen mit Anbindung der K7144, Querprofile, M. 1:100, Stand: 04/2016

Des Weiteren standen uns aus unserer beratenden Tätigkeit in der näheren Umgebung folgende Gutachten zur Verfügung:

- Fa. Mattes & Ammann, Neubau der Hallen 1 – 3, Datum: 15.03.1999, Az 98 212, Baugrundinstitut Vees und Partner, Leinfelden-Echterdingen
- Fa. Mattes & Ammann, Brauchwasserentnahme, Datum: 15.08.2005, Az 05 052, Baugrundinstitut Vees und Partner, Leinfelden-Echterdingen
- Fa. Interstuhl, Bauvorhaben „Informations- und Kommunikationszentrum“, Datum: 31.08.2007, Az 06 235, Baugrundinstitut Vees und Partner, Leinfelden-Echterdingen
- Fa. Interstuhl, Um- und Neubaumaßnahmen der Hallen 6b und 6c, Datum: 31.07.2012, Az 12 006, Baugrundinstitut Vees und Partner, Leinfelden-Echterdingen

Zusätzlich erhielten wir folgende Unterlagen zu bereits durchgeführten Erkundungen:

- Verlegung L440 in Meßstetten-Tieringen, Datum: 14.11.2008, Az 08K0403, IFM Schellenberg, Leipheim

Aus den aufgeführten Gutachten konnten wir mehrere Aufschlussprofile zur Auswertung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im geplanten „Gewerbegebiet Süd“ verwenden (IFM Schellenberg: BGW 1/08 bis BGW 3/08, B 4/08 – Baugrundinstitut Vees und Partner: B 4/07, B 1/06, B 1/05 und B 1/99 bis B 4/99; vgl. Lagepläne Anlagen 1.2 bis 1.4 und Schichtprofile in Anlage 2).

Basierend auf diesen Unterlagen und den Ergebnissen unserer Baugrunderkundung (vgl. Abschnitt 4) wurde der vorliegende Bericht erstellt.

## **2 Lage, Vorhaben und geologischer Überblick**

Das zu erschließende Gelände wird derzeit im südöstlichen Teil landwirtschaftlich genutzt (Wiese / Acker), der nordwestliche Teil ist bereits überwiegend gewerblich geprägt (vgl. Lageplan Anlage 1.1). Das Gelände steigt vom Tal der Oberen Bära in südöstliche Richtung von ca. 800 m NN auf ca. 830 m NN an; nur im Bereich des Bachlaufs der Oberen Bära fällt es leicht bis auf 790 m NN ab. Der relativ schmale Bachlauf der Oberen Bära entwässert nach Südosten und bildet hier die natürliche Vorflut (vgl. Lagepläne Anlagen 1.1 bis 1.4). Im Westen

verläuft die Straße bereits im Einflussbereich der nach Westen entwässernden Schlichem. Zwischen der Schlichem und der Oberen Bära liegt die europäische Wasserscheide.

Aufgrund des Geländeanstiegs schneidet der Straßenverlauf der L440 neu im Südwesten des Gebiets bis zu ca. 7 m und im Süden noch einmal ca. 5 m in das bestehende Gelände ein. Im Südosten, im Tal der Oberen Bära, liegt die Straße in einer Dammlage; hier sind Auffüllhöhen von bis zu ca. 5 m erforderlich. Die bisher an die L440 anschließende Kreisstraße K7144 wird entsprechend nach Süden verlängert (K7144 neu). Im Zuge der Straßenbaumaßnahme werden im Erschließungsgebiet außerdem mehrere Parkflächen, Lärmschutzwälle und Retentions- bzw. Regenüberlaufbecken geschaffen. Im zentralen Teil wird der hier gelegene Bachlauf der Oberen Bära neu angelegt und an zwei Stellen mit Brücken überquert.

Der natürliche Untergrund besteht im Bereich der Straßentrassen der L440 neu und K7144 neu zuoberst aus quartären Deckschichten (überwiegend Hanglehm = Ton; im Tal: Ablagerungen der Oberen Bära = Ton und Kies). Darunter stehen die Schichten des Oberen Braunjura an (Dogger), die bis in große Tiefen unter Gelände in zersetztem und stark verwittertem Zustand vorliegen (Ton/Tonstein).

In den quartären Deckschichten ist in geringer Tiefe unter Gelände mit Grundwasserführung und Staunässe zu rechnen.

### **3 Durchgeführte Untersuchungen**

Im Zuge der Baugrunderkundungsmaßnahmen im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens „Gewerbegebiet Süd“ in Meßstetten-Tieringen wurden zur direkten Erkundung der Untergrundverhältnisse im November / Dezember 2016 von der Bohrunternehmung drillexpert GmbH, Teningen-Nimburg, insgesamt 22 Kernbohrungen hergestellt. Davon lagen 9 Kernbohrungen im Bereich der neuen Straßentrassen (Bezeichnung: B 1/16, B 3/16 bis B 8/16 sowie B 11/16 und B 19/16; Bohrtiefen: 10 m bis 20,5 m) und konnten hier zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse ergänzend zu den vorhandenen Altaufschlüssen (vgl. Abschnitt 1) herangezogen werden. In den Bohrungen wurden in stärker körnigen Schichten SP-Tests zur Bestimmung der Lagerungsdichte ausgeführt. Die Bohrungen B 2/16 und B 22/16 wurden auf Wunsch der Planer im Bereich des vorgesehenen Kleingewerbegebiets GE5 bzw. nahe eines zu überbauenden Kanals hergestellt. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Bohrungen B 1/16, B 4/16 und B 6/16 zu Grundwassermessstellen ausgebaut (NW 2“; Überflur-Ausbau). Zur Beurteilung möglicher Hangkriechbewegungen in Bezug auf den Bau der Landesstraße L440 neu wurde im Bohrloch der Bohrung B 5/16 ein Inklinometerrohr installiert (NW 3“) und in der Folge

mehrfach gemessen. Die übrigen Bohrungen sowie der nicht verfilterte Bereich der o. g. Bohrungen wurden mit Zement-Bentonit-Suspension oder Quellton dicht verschlossen.

Die Ansatzstellen der neu hergestellten Bohrungen wurden vom Vermessungsbüro Wesner, Meßstetten, nach Lage und Höhe eingemessen und sind in den beiliegenden Lageplänen gemeinsam mit den nahe gelegenen Altaufschlüssen verzeichnet (vgl. Anlagen 1.2 bis 1.5).

Der erschlossene Schichtaufbau der o. g. Kernbohrungen wurde vom rechts Unterzeichnenden geologisch und bodenmechanisch aufgenommen und ist in den Anlagen 2.1 bis 2.5 in Form von Schichtprofilen dargestellt. Die Schichtprofile der im Bereich der Straßentrassen gelegenen Altaufschlüsse BGW 1/08 bis BGW 3/08, B 4/08 und B 1/07 (vgl. Abschnitt 1 und Lagepläne Anlagen 1.2 bis 1.4) sind auf den genannten Anlagen mit dargestellt.

An repräsentativen Bodenproben aus den o. g. Kernbohrungen wurden in unserem Labor folgende bodenmechanischen Untersuchungen durchgeführt:

- 51 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121
- 16 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122
- 5 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 2 Bestimmungen der Scherfestigkeit im Triaxialversuch nach DIN 18137-2<sup>2</sup>
- 1 Bestimmung des Steifemoduls im Kompressionsversuch nach DIN 18135

Ihre Ergebnisse (vgl. Anlagen 3.1 bis 3.9) dienten zur genaueren Klassifikation der Böden und zur Festlegung der in Abschnitt 4.4 angegebenen Bodenkennwerte. In den Anlagen 3.4 und 3.5 sind zusätzlich die Laborergebnisse aus den Bohrungen BGW 1/08 bis BGW 3/08, B 4/08 und B 4/07 aufgelistet (vgl. Abschnitt 1).

In den vorhandenen Grundwassermessstellen B 1/16, B 4/16, B 6/16 und BGW 1/08 bis BGW 3/08 wurde am 15.11., 29.11. und 16.12.2016 sowie am 01.02.2017 der Wasserstand von uns gemessen. Zusätzlich wurde am 15.11.2016 von uns eine geschöpfte Grundwasserprobe aus der Messstellen B 4/16 entnommen und zur chemischen Analyse nach DIN 4030 an das Untersuchungslabor synlab, Stuttgart, übergeben. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Abschnitt 4.2 beschrieben und als Anlage 4.1 beigefügt.

Zur Voreinstufung des Aushubmaterials hinsichtlich möglicher Schadstoffbelastungen wurde außerdem eine Bodenmischprobe aus Bohrungen im Einschnittsbereich der L440 neu zusammengestellt und dem chemischen Untersuchungslabor synlab, Stuttgart, zur Untersuchung übergeben (vgl. Abschnitt 6.5 und Anlage 4.2).

---

<sup>2</sup> Durchführung: Institut für Geotechnik Universität Stuttgart

Anlage 5 enthält die bisherigen Ergebnisse der Inklinometermessungen in B 5/16.

Die Fotodokumentation der Bohrkerne ist als Anlage 6 beigefügt. Die Bohrprotokolle der Firma drillexpert sind in Anlage 7 enthalten.

Die Niederschlags-Abfluss Berechnung für das natürliche Einzugsgebiet der L440 neu des Büros ISW ist als Anlage 8 beigefügt.

## 4 Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Schichtaufbau des Untergrundes

In den im Bereich der Straßentrassen der Landesstraße L440 neu und Kreisstraße K7144 neu hergestellten Bohrungen B 1/16, B 3/16 bis B 8/16, B 11/16 und B 19/16 sowie in den Altaufschlüssen BGW 1/08 bis BGW 3/08, B 4/08 und B 4/07 wurden von oben nach unten folgende Schichtglieder erschlossen (vgl. Lagepläne Anlagen 1.2 bis 1.5 sowie Schichtprofile in den Anlagen 2.1 bis 2.4):

- Oberboden
- Quartäre Deckschichten  
(Hang-/Auelehm, z. T. Hangschutt und kiesige Bachablagerungen)
- Schichten des Oberen Braunjura (Dogger)

#### **Oberboden**

In allen Bohrungen wurde zuoberst Oberboden angetroffen, der aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung eine Dicke von bis zu 1,5 m aufwies.

#### **Quartäre Deckschichten**

Unter dem Oberboden folgen mehrere Meter dicke quartäre Deckschichten (überwiegend: Hanglehm, z. T. Hangschutt; in Talnähe: Ablagerungen der Oberen Bära = Auelehm über kiesigen Bachablagerungen). Bei den entlang der Straßentrassen zuoberst überwiegend anstehenden **Hanglehmböden** handelt es sich in bodenmechanischer Hinsicht um mittelplastische

bis ausgeprägt plastische, teils schluffige Tonböden (Bodengruppen TM und TA<sup>3</sup> nach DIN 18196). Sie besaßen meist weiche bis steife Konsistenz. In unterschiedlichen Mengenanteilen waren kieskorngroße Kalksteinstücke eingelagert; sie bildeten jedoch kein Korngerüst, sondern lagen isoliert in der bindigen Grundmasse. Die Dicke der Hanglehmüberdeckung schwankte in den Bohrungen zwischen 1,8 m (B 7/16) und 7,8 m (B 11/16).

Bei den in unserem Auftrag durchgeführten Triaxialversuchen an Proben im Bereich des Hanglehms (B 3/16, 4,0 m und B 6/16, 2,0 m; vgl. Anlagen 3.1 und 3.2 sowie 3.9) wurde ein Reibungswinkel von 24,5° bzw. 24,7° und eine Kohäsion von 9,3 kN/m<sup>2</sup> bzw. 16,7 kN/m<sup>2</sup> bestimmt. Vom Büro IFM Schellenberg wurde mit direkten Scherversuchen an 2 Proben aus dem Hanglehm ein Reibungswinkel von 21,8° und 22,8° und eine Kohäsion von 8,0 kN/m<sup>2</sup> bzw. 10 kN/m<sup>2</sup> bestimmt (BGW 1/08, 3,0 m bis 3,3 m und BGW 2/08, 3,0 m bis 3,3 m).

Der an einer Probe aus dem Hanglehm (B 6/16, 2,0 m) in unserem Labor durchgeführte Kompressionsversuch ergab einen mittleren Steifemodul für die Wiederbelastung von  $E_{s,w} = 6 \text{ MN/m}^2$  (vgl. Laborergebnisse in Anlagen 3.2 und 3.8).

In der Bohrung B 7/16 folgt unter dem Hanglehm eine 5,4 m dicke Lage aus **Hangschutt**, bestehend aus kies- bis steingroßen Kalksteinstücken mit bindigem Zwischenmittel von weicher bis steifer Konsistenz (G $\bar{T}$ <sup>4</sup> nach DIN 18196; vgl. Laborergebnisse in Anlagen 3.3 und 3.6).

In der Nähe des Bäratal im Südwesten bzw. nahe des Schlichemtals nordwestlich des Untersuchungsgebiets verzahnt sich die Hanglehmüberdeckung mit den Talablagerungen der Oberen Bära bzw. der Schlichem. Die Bachablagerungen bestehen nach den Bohrungen B 1/16, B 19/16, B 4/08 und B 4/07 bereichsweise oberflächennah noch aus relativ mächtigen **Auelehmböden** oder bereits aus **kiesigen Bachablagerungen**. In der Bohrung B 1/16 und B 4/08 war der Auelehm noch 1,7 m bis 4,5 m dick und bestand aus sandig-schluffigem, teils kiesigem Ton von weicher bis steifer Konsistenz. Der Auelehm besitzt eine mittlere bis ausgeprägte Plastizität, vergleichbar zum oben beschriebenen Hanglehm (Bodengruppen TM und TA nach DIN 18196). Darunter bzw. in den Bohrungen B 19/16 und B 4/07 direkt unter dem Oberboden setzen die kiesigen Bachablagerungen mit Mächtigkeiten von 3,9 m (B 1/16) bis 12,7 m ein (B 4/07). Sie bestehen aus sandigem, vereinzelt schwach steinigem Kies ( $\hat{=}$  eckige bis kantengerundete Kalksteinstücke) mit geringem bis mäßigem Feinanteil. Nach DIN 18196 sind sie den Bodengruppen GT<sup>5</sup> und G $\bar{T}$ , vereinzelt GU/G $\bar{U}$ <sup>6</sup> zuzuordnen (vgl. auch Laborergebnisse

---

<sup>3</sup> TM: mittelplastische Tone ( $35 \% \leq w_L \leq 50 \%$ )  
TA: ausgeprägt plastische Tone ( $w_L > 50 \%$ )

<sup>4</sup> G $\bar{T}$ : Kies-Ton-Gemische mit über 15 bis 40 Gew.-% bindiger Gemengeteile ( $\leq 0,06 \text{ mm}$ )

<sup>5</sup> GT: Kies-Ton-Gemische mit 5 bis 15 Gew.-% bindiger Gemengeteile ( $\leq 0,06 \text{ mm}$ )

<sup>6</sup> GU: Kies-Schluff-Gemische mit 5 bis 15 Gew.-% bindiger Gemengeteile ( $\leq 0,06 \text{ mm}$ )  
G $\bar{U}$ : Kies-Schluff-Gemische mit über 15 bis 40 Gew.-% bindiger Gemengeteile ( $\leq 0,06 \text{ mm}$ )

in den Anlagen 3.1 bis 3.7). Nach den in den Bohrungen B 1/16, B 19/16 und B 4/07 durchgeführten SP-Tests weisen die kiesigen Bachablagerungen bereits oberflächennah eine mindestens mitteldichte Lagerung auf. Häufig sind sie auch dicht gelagert.

### **Schichten des Oberen Braunjura (Dogger)**

Der Übergang zu den Schichten des Oberen Braunjura folgt entlang der Straßentrassen in sehr unterschiedlichen Tiefen unter Gelände (3 m bis 13,5 m). Die Schichten des Oberen Braunjura liegen bis in große Tiefe in zersetzter bis stark verwitterter Form vor. Sie bestanden zuoberst aus ausgeprägt plastischem Ton von überwiegend halbfester, teils steifer, selten weicher Konsistenz. Nach DIN 18196 sind die bindig entfestigten Verwitterungsböden des Braunjura in die Bodengruppe TA einzustufen (vgl. Laborergebnisse in Anlagen 3.1 bis 3.4). Zur Tiefe liegen die Schichten in stark verwittertem Zustand vor und bestanden überwiegend aus sehr mürbem, geschichtetem Tonstein, zuoberst teils noch aus Ton und Tonstein. Die in unserem Labor bestimmten natürlichen Wassergehalte  $w_n$  von Proben aus den Braunjura-Schichten lagen zwischen 9,4 % und 22,2 % (vgl. Anlagen 3.1 bis 3.4). Dabei deutete sich der nur wenig abnehmende Verwitterungsgrad der Schichten auch in einem nur mäßig abnehmenden Wassergehalt der Proben mit zunehmender Entnahmetiefe an.

Die Bohrungen B 1/16, B 3/16 bis B 8/16, B 11/16 und B 19/16 wurden in Tiefen von 10 m bis 20,5 m unter Gelände überwiegend innerhalb der Braunjura-Schichten beendet. Die Dogger-Schichtfolge setzt sich noch bis in größere Tiefe mit abnehmendem Verwitterungsgrad fort.

Die auf Wunsch der Planer im Bereich des vorgesehenen Gewerbegebiets GE5 und nahe eines zu überbauenden Kanals hergestellten Bohrungen B 2/16 und B 22/16 (vgl. Lageplan Anlage 1.2 und Schichtprofile Anlage 2.5) zeigen folgenden Schichtaufbau:

In der Bohrung B 2/16 stehen unter dem Oberboden bis zur Endtiefe der Bohrung in 13 m unter Gelände Hanglehmböden wie zuvor beschrieben an. Teilweise war der Anteil an kies- bis steingroßen Kalksteinstücken höher; die Konsistenz der bindigen Böden war ab 9 m halbfest. Die Bohrung B 22/16 liegt im Bäratal und besteht entsprechend unter dem Oberboden und geringmächtigem Auelehm ab 2 m Tiefe aus kiesigen Bachablagerungen über den ab 13,2 m unter Gelände einsetzenden Braunjura-Schichten (Beschaffenheit jeweils wie oben beschrieben).

Zur besseren Übersicht ist die in den einzelnen Aufschlüssen jeweils erkundete Oberkante der quartären Deckschichten (Hang-/Auelehm bzw. kiesige Bachablagerungen) und der Schichten des Braunjura (Dogger) nachfolgend tabellarisch zusammengefasst:

Aufschluss	Ansatzhöhe [m NN]	Hang-/Auelehm			Kiesige Bachablagerungen			Braunjura, zersetzt – stark verwittert	
		Oberkante		Dicke m	Oberkante		Dicke m	Oberkante	
		m u. Gel.	m NN		m u. Gel.	m NN		m u. Gel.	m NN
B 1/16	797,96	0,8	797,2	1,7	2,5	795,5	3,9	6,4	791,6
B 2/16	805,68	0,45	805,2	> 12,5	-	-	-	nicht erkundet	
B 3/16	811,17	0,45	810,7	7,6	-	-	-	8,0	803,2
B 4/16	813,89	0,7	813,2	2,4	-	-	-	3,1	810,8
B 5/16	817,12	0,5	816,6	5,9	-	-	-	6,4	810,7
B 6/16	810,19	0,7	809,5	3,3	-	-	-	4,0	806,2
B 7/16	798,78	1,5	797,3	1,8	3,3*	795,5*	5,3*	8,6	790,2
B 8/16	795,14	0,95	794,2	9,2				10,1	785,0
B 11/16	797,36	1,5	795,9	7,8	-	-	-	9,3	788,1
B 19/16	797,76	-	-	-	1,0	796,8	7,8	8,8	789,0
B 22/16	799,76	1,4	798,4	0,6	2,0	797,8	11,2	13,2	786,6
BGW 1/08	814,31	1,0	813,3	5,0	-	-	-	6,0	808,3
BGW 2/08	818,76	0,4	818,4	4,0	-	-	-	4,4	814,4
BGW 3/08	819,55	0,5	819,1	3,9**	-	-	-	4,4**	815,2**
B 4/08	792,07	0,1	792,0	4,5	4,6	787,5	-	nicht erkundet	
B 4/07	800,58	-	-	-	0,9	799,7	12,7	13,55	787,0

\* Hangschutt

\*\* Oberkante Braunjura gemäß benachbartem Aufschluss B 5/16 vermutlich tiefer

Die Ansatzhöhen und Schichtgrenzen der aufgeführten Bohrungen sind zusätzlich im Lageplan in Anlage 1.2 zu jedem Aufschluss mit angegeben.

Im Lageplan Anlage 1.4 ist die Dicke der quartären Deckschichten (Oberboden, Hang-/Auelehm, Hangschutt und kiesige Bachablagerungen) bzw. die Tiefenlage der Braunjuraoberfläche unter Gelände dargestellt. Daraus geht wie oben bereits beschrieben hervor, dass die quartären Deckschichten an der südwestlichen Bergseite (Einschnittsbereich L440 neu) ca.

4 m bis 7 m und im Westen bis zu 9 m mächtig sind. Im Bäratal steigt deren Mächtigkeit bis auf über 10 m bis 13 m an.

Der Lageplan Anlage 1.5 gibt die Höhengleichen der Braunjura-Oberfläche in m NN wieder (braune Farbe); zum besseren Verständnis sind hier zusätzlich Höhengleichen der Geländeoberfläche mit dargestellt (schwarze Farbe). Die Darstellung zeigt, dass die Braunjura-Oberfläche im Untersuchungsgebiet entsprechend dem Geländeverlauf von ca. 811 m NN im Südwesten (Bergseite) auf ca. 792 m NN im Nordwesten (Rand des Schlichemtals) bzw. auf 782 m NN im Bäratal absinkt und zur Nordostseite (gegenüberliegende Bergseite) wieder auf über 790 m NN ansteigt.

## 4.2 Grundwasserverhältnisse

Während der Bohrarbeiten kann man Wasserzutritte nur feststellen, solange ein „trockenes“ Bohrverfahren (Rammkernbohrung) ohne Spülwasserzugabe angewandt wird. Nach dem Umstellen auf das Rotationsbohrverfahren mit Doppelkernrohr und Spülwasserzugabe lassen sich keine Wasserzutritte mehr erkennen. Die o. g. Bohrungen wurden bis zur jeweiligen Endtiefe im trockenen Rammkernverfahren niedergebracht; lediglich die Bohrung B 5/16 wurde ab 13,7 m unter Gelände auf das Rotationskernverfahren umgestellt. Während der Bohrarbeiten wurden dabei nur in den Bohrungen B 1/16, B 19/16, B 22/16 und B 4/07 Wasserzutritte in den kiesigen Bachablagerungen festgestellt. Innerhalb der Hanglehmböden zeigten sich während der Bohrarbeiten keine Wasserzutritte.

Zur längerfristigen Beobachtung der Grundwasserverhältnisse wurden die Bohrungen B 1/16, B 4/16 und B 6/16 ergänzend zu den noch vorhandenen Messstellen BGW 1/08 bis BGW 3/08 zu Grundwassermessstellen ausgebaut (NW 2“, Überflurausbau; Filterstrecke: siehe unten und Anlagen 2.1 bis 2.4). Bisher wurden darin folgende Wasserstände gemessen:

Messstelle	Filterstrecke [m. u. Gel.] (Geologisches Schichtglied)	Messung / Wasser- stand	27.10. 2016	15.11. 2016	29.11. 2016	16.12. 2016	01.02. 2017
B 1/16 (797,96 m NN)	3,3 – 7,0 (Bach- ablagerungen)	m u. Gel.	Messstellen noch nicht hergestellt		2,79	2,99	<b>2,11</b>
		m NN			795,17	794,97	<b>795,85</b>
B 4/16 (813,89 m NN)	2,5 – 9,0 (Hanglehm u. Braunjura)	m u. Gel.	5,92	2,02	<b>1,95</b>	2,10	2,14
		m NN	807,97	811,87	<b>811,94</b>	811,79	811,75
B 6/16 (810,19 m NN)	2,5 – 6,0 (Hanglehm)	m u. Gel.	trocken	3,16	1,47	1,18	<b>1,15</b>
		m NN		807,03	808,72	809,01	<b>809,04</b>
BGW 1/08 (814,31 m NN)	1,5 – 7,8 (Hanglehm u. Braunjura)	m u. Gel.	3,43	2,62	2,70	2,95	<b>1,05</b>
		m NN	810,88	811,69	811,61	811,36	<b>813,26</b>
BGW 2/08 (818,76 m NN)	1,5 – 7,5 (Hanglehm u. Braunjura)	m u. Gel.	2,37	2,07	<b>1,95</b>	2,46	2,95
		m NN	816,39	816,69	<b>816,81</b>	816,30	815,81
BGW 3/08 (819,55 m NN)	1,5 – 8,0 (Hanglehm u. Braunjura)	m u. Gel.	4,67	4,97	3,23	<b>2,51</b>	3,54
		m NN	814,88	814,58	816,32	<b>817,04</b>	816,01

**Fettdruck:** bisher höchster gemessener Grundwasserstand

Die Messwerte zeigen, dass der Grundwasserspiegel in geringer Tiefe unter Gelände verläuft und je nach Jahreszeit und Witterung starken Schwankungen unterliegt. Der durch Fettdruck gekennzeichnete jeweils bisher höchste gemessene Grundwasserstand wurde vorrangig bei den Messungen am 29.11.2016 und 01.02.2017 festgestellt. Da während der Bohrarbeiten keine Wasserzutritte innerhalb der Hanglehmböden angetroffen wurden, handelt es sich hier vermutlich um sehr geringe Wassermengen, die innerhalb der gering durchlässigen Böden zirkulieren (Grundwassergeringleiter). Nach den Ergebnissen des in der Messstelle B 10/16 durchgeführten Pumpversuchs (vgl. unseren Bericht zum Kleingewerbegebiet vom 10.03.2017, Az 16140/2) ist in den kiesigen Bachablagerungen mit einer deutlich höheren Durchlässigkeit zu rechnen. Der im Pumpversuch ermittelte k-Wert lag bei  $1 \times 10^{-3}$  m/s; der Grundwasserleiter in den kiesigen Bachablagerungen ist somit als „stark durchlässig“ nach DIN 18130 zu definieren.

Zur Veranschaulichung der Grundwasserverhältnisse sind auf dem Lageplan Anlage 1.3 Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 01.02.2017 gemeinsam mit Höhengleichen des Geländeverlaufs dargestellt. Demnach fällt der meist in geringer Tiefe unter Gelände verlaufende Grundwasserspiegel im Untersuchungsgebiet von ca. 816 m NN im Südwesten auf ca. 795 m NN im Nordwesten (in Richtung der Schlichem) bzw. auf ca. 792 m NN im Bäratal und steigt in nordöstlicher Richtung wieder auf über 796 m NN an. Die hier verlaufende europäische Wasserscheide zeigt sich deutlich am Verlauf der Grundwassergleichen.

Nach dem Analyseergebnis einer aus der nahe gelegenen Messstelle B 4/16 (vgl. Lageplan Anlage 1.2) entnommenen Wasserprobe ist das Grundwasser nach DIN 4030 als nicht betonangreifend einzustufen (vgl. Anlage 4.1).

Der Standort liegt außerhalb festgesetzter Wasser- und Quellenschutzgebiete.

#### 4.3 Einstufung der erschlossenen Schichten in Homogenbereiche nach DIN 18300 und DIN 18301

Nach den aktuellen Normen DIN 18300:2016-09 (Erdarbeiten) und DIN 18301:2016-09 (Bohrarbeiten) ist der Untergrund in Homogenbereiche mit annähernd gleichartigen Eigenschaften zu untergliedern. Im vorliegenden Fall kann der angetroffene Untergrund im Wesentlichen entsprechend der oben gegebenen Schichtbeschreibung in die folgenden Homogenbereiche unterteilt werden (zur Beschreibung im Einzelnen vgl. Abschnitt 4.1):

Homogenbereich 1: Hang-/Auelehm und Braunjura, zersetzt

Homogenbereich 2: Hangschutt und kiesige Bachablagerungen

Homogenbereich 3: Braunjura, stark verwittert

Von der Einstufung ausgenommen sind auf den Grünflächen anstehende lokale Oberbodenandeckungen oder natürlicher Oberboden. Diese sind gesondert abzutragen und zu verwerten bzw. für einen Wiedereinbau zwischenzulagern.

In der Tabelle auf Seite 15 sind die notwendigen Angaben zur Beschreibung der Eigenschaften nach DIN 18300 enthalten. Die dort gemachten Angaben sind nicht zur Verwendung in erdstatischen Berechnungen vorgesehen. Diese Angaben sind im Abschnitt 4.4 angegeben.

		Einheit	Boden	Boden	Fels
Homogenbereich		–	1	2	3
Ortsübliche Bezeichnung		–	Hang-/Auelehm und Braunjura, zersetzt	Hangschutt und kiesige Bachablagerungen	Braunjura, stark verwittert
Benennung von Boden / Fels		–	Ton	Kies, sandig, geringer -mäßiger Feinanteil	Tonstein
Korngrößenverteilung	≤ 0,063 mm	%	0 – 100	5 – 40	–
	> 0,063 – 2,0 mm	%	0 – 30	15 – 30	–
	> 2,0 – 63 mm	%	0 – 30	50 – 80	–
Massenanteil an Steinen & Blöcken	> 63 – 200 mm	%	< 30	< 15	–
	> 200 – 630 mm	%	< 3	< 3	–
	> 630 mm	%	< 3	< 3	–
Verwitterung		–	–	–	stark
Feuchtwichte $\gamma$		kN/m <sup>3</sup>	18 – 21	20 – 22	21 – 24
Kohäsion $c'$		kN/m <sup>2</sup>	0 – 20	0 – 15	10 – 100
Undrained Scherfestigkeit $c_u$		kN/m <sup>2</sup>	0 – 100	–	–
Wassergehalt $w_n$		%	10 – 30	–	–
Plastizitätszahl $I_P$		%	30 – 65	–	–
Konsistenzzahl $I_c$		–	0,6 – 1,2	–	–
Bezogene Lagerungsdichte $I_D$		%	–	> 35	–
Organischer Anteil		%	< 3	< 3	< 3
Abrasivität (qualitativ)		–	schwach	schwach – mäßig	schwach – mäßig
Bodengruppe		–	TA, TM	GT/GU, G $\bar{T}$ /G $\bar{U}$	–
Druckfestigkeit		MN/m <sup>2</sup>	–	–	0,5 – 5
Trennflächenabstand		cm	–	–	< 2 (Schichtflächen)
Trennflächenrichtung		–	–	–	Schichtflächen: ± horizontal
Öffnungsweite von Trennflächen		–	–	–	meist gering
Gesteinskörperform		–	–	–	blättrig – plattig

Schattierung: Notwendige Angaben nach aktueller Norm DIN 18300:2016-09 und DIN 18301:2016-09 für Boden bzw. Fels

Neben der Einstufung gemäß den aktuellen Ausgaben der DIN 18300 und DIN 18301 wird in der folgenden Tabelle auch die Einstufung in Boden- und Felsklassen entsprechend der noch bis September 2012 gültigen Fassung der genannten Normen angeführt:

Schichtglied	Boden- und Felsklassen nach	
	DIN 18300:2012-09 (alt)	DIN 18301:2012-09 (alt)
<u>Homogenbereich 1</u> Hang-/Auelehm und Braunjura, zersetzt	4, 5, z. T. 3	BB 2 + BB 3, z. T. BS 1
<u>Homogenbereich 2</u> Hangschutt und kiesige Bachablagerungen	3, 4	BN 1 + BN 2
<u>Homogenbereich 3</u> Braunjura, stark verwittert	6	FV 2 – FV 3, FD 1

Die Definitionen der aktuell nicht mehr gültigen Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:2012-09 und DIN 18301:2012-09 sind zur Information als Anlagen 10.1 und 10.2 beigelegt.

Die oben getroffene Einteilung kann ein Aufmaß auf der Baustelle nicht ersetzen. Sollte es zwischen Bauherrschaft und Auftragnehmer zu unterschiedlichen Auffassungen bei der Einstufung des Untergrundes in Boden- und Felsklassen kommen, kann der Baugrundgutachter zur Klärung offener Fragen hinzugezogen werden.

#### 4.4 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Schichtkomplex	Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]		Reibungswinkel [°] $\varphi'$	Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]		Steifemodul [MN/m <sup>2</sup> ] $E_s$
	$\gamma$	$\gamma'$		$c'$	$c_u$	
Hang-/Auelehm	20	10	17,5 – 22,5	5 – 10	25 – 200	5 – 10
Hangschutt und kiesige Bachablagerungen	21	12	27,5 – 35	3 – 5	–	60 – 150
Braunjura, zersetzt	20	10	17,5 – 20	10 – 15	50 – 400	15 – 20
Braunjura, stark verwittert	22	12	25 – 30*	> 30*	–	50 – 100

\* Die Scherfestigkeitseigenschaften der Festgesteine schwanken je nach Trennflächengefüge, Verwitterungsgrad und Beanspruchungsrichtung in weiten Grenzen. Entlang vorgegebener Trennflächen können die genannten Bodenkennwerte auch unterschritten werden. Für feste Schichten in geschlossenem Schichtverband werden die angegebenen Werte voraussichtlich nicht unterschritten.

#### 4.5 Erdbebeneinwirkung nach DIN 4149

Nach DIN 4149:2005-04 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ sind für den untersuchten Standort folgende Einstufungen zugrunde zu legen:

Erdbebenzone:	3
Geologische Untergrundklasse:	R
Baugrundklasse:	C

#### 4.6 Bisherige Ergebnisse der Inklinometermessungen

Nach den bisherigen Messergebnissen des in der Bohrung B 5/16 eingebauten Inklinometers wurden im Zeitraum vom 07.12.2016 bis 10.03.2017 bisher nur geringe Bodenkriechbewegungen in Hangfallrichtung festgestellt. Diese traten lediglich bis maximal ca. 1 m unter Gelände auf und betragen bisher max. ca. 0,5 cm unmittelbar an der Geländeoberfläche. Dies entspricht einer Bewegungsrate von ca. 2 cm/a. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Messintervall in der Winterzeit üblicherweise die Kriechbewegungen stärker sind als in den Sommermonaten.

Für die Bemessung von Stützbauwerken im Hang empfehlen wir, einen Kriechdruckansatz nach BRANDL<sup>7</sup>, sofern sie nicht widerstandslos eine Bewegung des Hanges aufnehmen.

#### 4.7 Niederschlags-Abfluss Berechnung Einzugsgebiet L440 neu

Für das natürliche Einzugsgebiet der L440 neu wurde in unserem Auftrag vom Büro ISW, Neustetten, eine Niederschlags-Abfluss Berechnung durchgeführt. Diese ist dem vorliegenden Bericht als Anlage 8 beigefügt.

### 5 Folgerung für die Erschließung

Die neue Trasse der L440 steigt zunächst von einem neu geordneten und als Kreisverkehr geplanten Anschlusspunkt an die bestehende Trasse von Westen nach Süden an. In diesem Anstieg verläuft die Trasse in einem Einschnitt von bis zu ca. 7 m gegenüber dem bestehenden Gelände (Station ca. 0+200 bis 0+380). Anschließend liegt die Trasse über eine Strecke von ca. 300 m hangparallel mit nur geringem Einschnitt (Station ca. 0+380 bis 0+680), bis sie im Südosten wieder ins Tal der Oberen Bära absteigt. In diesem Abschnitt (ca. 0+680 bis 0+800) sind wieder größere Einschnitte von bis zu ca. 5 m vorgesehen.

Weiter in südöstlicher Richtung verläuft die neue Straßentrasse bis zum Anschluss an die bestehende Straße im Osten in einer Dammlage von bis zu ca. 5 m Höhe (Station 0+800 bis 1+360). Die Verlängerung der Kreisstraße K7144 verläuft ebenfalls in einer Dammlage mit bis zu 1,5 m Höhe (Station 0+070 bis 0+345 der K7144 neu).

Im Bereich des Kleingewerbegebiets GE2 findet eine flächige Auffüllung des gesamten Geländes mit Aushubmaterial aus den Einschnittsbereichen der L440 neu statt. Der westlich angrenzende Abschnitt der Kreisstraße K7144 neu liegt noch in dieser Auffüllfläche (Station 0+140 bis 0+345), so dass hier keine zusätzliche Aufschüttung erforderlich ist. Hinsichtlich der geplanten Geländeauffüllung im Kleingewerbegebiet verweisen wir auf die Ausführungen in unserem Geotechnischen Bericht vom 10.03.2017 (Az 16 140/2; Stabilisierung des bindigen Aushubmaterials mit reinem Feinkalk/Kalkhydrat).

---

<sup>7</sup> vgl. z. B. Grundbautaschenbuch, 6. Auflage, Teil 3, Abschnitt 3.9

## 5.1 Geländeeinschnitte für die L440 neu

### 5.1.1 Hangsicherungsmaßnahmen

Zwischen den Stationen 0+160 bis 0+840 der L440 neu schneidet die Straße bis zu ca. 7 m in das vorhandene Gelände ein. Die größten Einschnitte ergeben sich dabei zwischen den Stationen 0+200 und 0+380 (Aufstieg) sowie den Stationen 0+680 und 0+800 (Abstieg; vgl. Abschnitt 5).

Die Einschnittsbereiche verlaufen innerhalb der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Hanglehmböden mit häufig ungünstiger Konsistenz oder im zersetzten Braunjura. Außerdem zirkuliert das von der Bergseite her anstehende Grundwasser teils in sehr geringer Tiefe unter Gelände; die bisher höchsten gemessenen Grundwasserstände in den Messstellen im Einschnittsbereich lagen bei 1,05 m und 2,51 m unter Gelände (BGW 1/08 und BGW 3/08; vgl. Abschnitt 4.2). Bei einer Begehung am 25.05.2016 waren zudem im zentralen Hangbereich zum Teil oberflächennahe Vernässungen vorhanden.

Bei der Anlage von freien Böschungen besteht daher ohne weitere Maßnahmen die erhebliche Gefahr von Böschungsrutschungen oder schollenartigen Ablösungen: Durch den hohen Wasserstand im Hang entstehen beim Anschnitt des Geländes Strömungskräfte, die erfahrungsgemäß bei freien Böschungen auch mit verhältnismäßig flachen Neigungen nicht zuverlässig aufgenommen werden können. Um das von der Bergseite her in den Einschnitten anfallende Grundwasser fassen und ableiten zu können, sind daher besondere Maßnahmen erforderlich. Je nach Einschnittstiefe sind zudem Hangsicherungsmaßnahmen vorzusehen. Nachfolgend wird getrennt auf die Einschnittsbereiche und die jeweils notwendigen Maßnahmen eingegangen:

#### Geländeeinschnitte unter 2,5 m Höhe:

Unter Berücksichtigung der positiven Erfahrungen mit der bereits seit mehreren Jahren bestehenden Böschung bergseits des Werks 3 der Fa. Mattes & Ammann (ca. 40 m nordöstlich der Straßenachse zwischen Station 0+440 und 0+590) schlagen wir für Geländeeinschnitte unter 2,5 m Höhe folgendes Vorgehen vor:

- ▶ Anlegen von freien Böschungen mit einer maximalen Neigung von 1:2 ( $\approx 25^\circ$ ), sofern die Platzverhältnisse ausreichen. Alternativ ist die Herstellung einer Gabionenwand bis in erforderliche Höhe mit darüberliegender Kopfböschung möglich (Neigung 1:2).

- ▶ Anordnung von Sickerschlitzen, die in den bergseitigen Untergrund hinter der Einschnittsfläche eingreifen, um das anfallende Hangwasser fassen und ableiten zu können. Die Sickerschlitze (kies-/schottergefüllte Gräben) sollen mit mind. 0,6 m Breite hergestellt werden und von der Böschungskrone bis ca. 0,5 m unter das jeweilige Einschnittsniveau geführt werden (Böschungsfuß bzw. Unterkante Gabionenfundament). Um das Hangwasser vollständig abzufangen, sollen die Sickerschlitze diagonal in den Hang eingreifen und sich gegenseitig überlappen (zur Veranschaulichung: vgl. Skizze auf Seite 22).
- ▶ An ihrer Oberfläche sollen die Sickerschlitze mit einem Lehmschlag ( $d \geq 0,6$  m) abgedeckt werden, um den Zutritt von Oberflächenwasser zu verhindern.
- ▶ Herstellung eines Entwässerungsgrabens am unteren Ende des Geländeeinschnitts (Böschungsfuß bzw. vor Gabionenwand) mit hydraulischer Verbindung zum Sickerschlitz zur straßenparallelen Ableitung des anfallenden Hangwassers.

Für den Bau von Gabionenwänden geben wir noch folgende Hinweise:

- ▶ Die Auflagerung der Gabionen soll auf einem in frostfreier Tiefe gegründeten Fundament aus unbewehrtem Beton erfolgen. Falls in der Aushubsohle für das Fundament Böden mit weicher Konsistenz angetroffen werden, empfehlen wir, das Fundament zu vertiefen und die Vertiefung mit Magerbeton zu verfüllen.
- ▶ Zur Konstruktion der Gabionenwand verweisen wir auf das Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen<sup>8</sup>. Die Standsicherheit der Stützmauer ist unter Berücksichtigung des Erddrucks aus der Hinterfüllung statisch nachzuweisen.
- ▶ Für die Hinterfüllung von Gabionenwänden kann unter nicht befestigten Flächen voraussichtlich bindiges Aushubmaterial eingebaut werden. Beim Einbau und der Verdichtung der Verfüllmaterialien sind die Vorgaben der ZTV E-StB 09<sup>9</sup> zu beachten.

---

<sup>8</sup> Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen, - herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln 2003

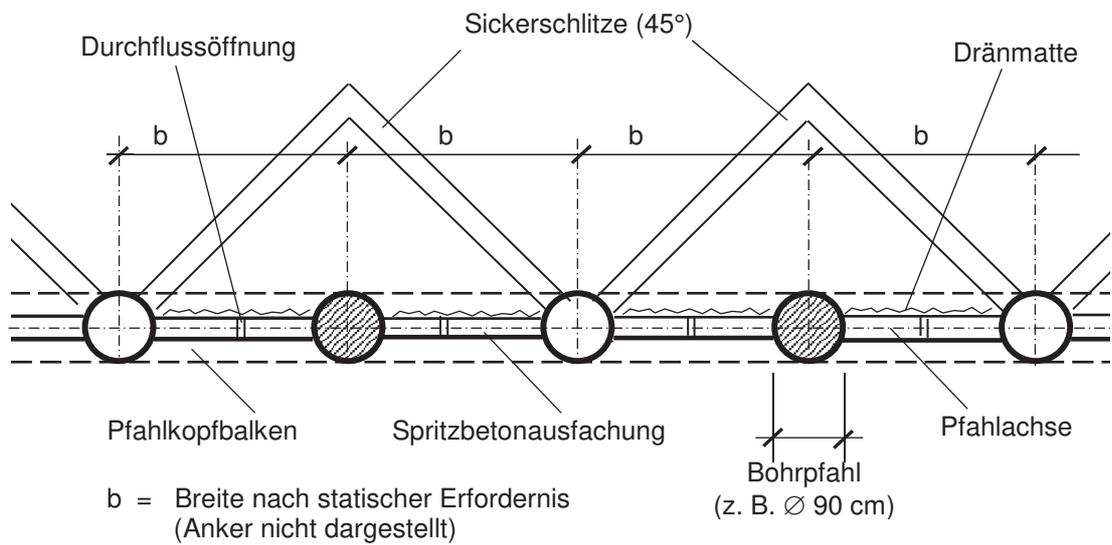
<sup>9</sup> ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

Geländeeinschnitte über 2,5 m Höhe:

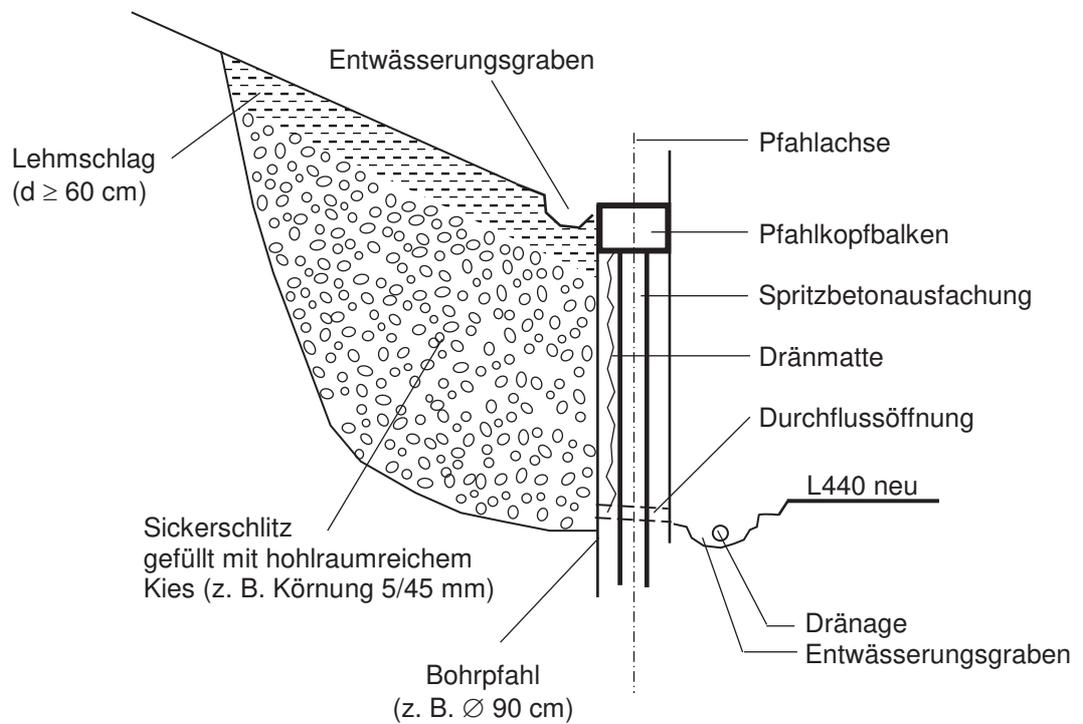
Ebenfalls angelehnt an die guten Erfahrungen mit der seit mehreren Jahren bestehende Bohrpfahlwand bergseits des Werks 3 der Fa. Mattes & Ammann (ca. 40 m nordöstlich der Straßenachse zwischen Station 0+440 und 0+590), schlagen wir für Geländeeinschnitte über 2,5 m Höhe folgendes Vorgehen vor:

- ▶ Herstellung aufgelöster Bohrpfahlwände mit Spritzbetonausfachung und Kopfbalken in statisch erforderlicher Ausführung. Die Bohrpfähle müssen mit Verpressankern (Daueranker) rückverankert werden.
- ▶ Anordnung von Durchflussöffnungen in der Spritzbetonausfachung in regelmäßigem Raster (s. u.). Fassen des hier anfallenden Hangwassers in Entwässerungsgräben zwischen Bohrpfahlwand und Straßenbankett mit straßenparalleler Ableitung.
- ▶ Aus wirtschaftlicher Sicht ist es auch denkbar, eine bleibende Böschung auf den obersten 2,5 m anzulegen (Kopfböschung). Diese ist nach den o. g. Vorgaben, ebenfalls mit Entwässerungsgraben, wie nachfolgend skizziert herzustellen:

Draufsicht:



Schnitt:



- ▶ Im oberen Meter der Bohrpfahlwand ist das Hangkriechen zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 4.6).

Die Bohrpfähle sind nach den Vorgaben der DIN 1054 und des EC 7 zu bemessen und nach DIN EN 1536:1999-06 herzustellen. Sie sollen in die Braunjura-Schichten einbinden. Für die Ermittlung der äußeren Tragfähigkeit solcher Bohrpfähle können zunächst folgende charakteristische Werte der Mantelreibung  $q_{s,k}$  und des Spitzenwiderstands  $q_{b,k}$  zugrunde gelegt werden:

Schichtglied (vgl. Anlagen 2.1 bis 2.3)	charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	charakteristischer Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Hanglehm	25	-
Braunjura, zersetzt	70	700
Braunjura, stark verwittert	150	1 500

Für die Bemessung und Ausführung der Bohrpfahlwände geben wir noch folgende Hinweise:

- ▶ Als Bemessungsgrundlage für die Bohrpfähle kann die Oberkante der Braunjura-Schichten aus der Tabelle auf Seite 11 entnommen werden. Zusätzlich ist in Anlage 1.5 ein Lageplan mit Linien gleicher Höhenlage der Oberkante der Braunjura-Schichten beigefügt. Es ist damit zu rechnen, dass das Niveau der Grenze Hanglehm / Braunjura stark schwanken kann. Im Zuge der Pfahlherstellung müssen die angetroffenen Schichten daher sorgfältig überprüft und gegebenenfalls die jeweiligen Einbindestrecken angepasst werden.
- ▶ Eine Mindesteinbindung in die Braunjura-Schichten von 4 m ist einzuhalten.
- ▶ Die angegebenen charakteristischen Werte  $q_{s,k}$  und  $q_{b,k}$  sind mit Hilfe des Teilsicherheitsbeiwerts für Erfahrungswerte ( $\gamma = 1,4$  nach Tabelle A 2.3 der DIN 1054:2010-12) in Bemessungswerte umzurechnen.
- ▶ Bei Einwirkung von Horizontalkräften kann die Pfahlbeanspruchung aus Querkräften und Biegemomenten näherungsweise mit dem Bettungsmodulverfahren ermittelt werden. Sofern es nur auf die hinreichend zutreffende Ermittlung der Biegemomente ankommt, kann gemäß DIN 1054:2010-12, Abschnitt 7.7, für Einzelpfähle im Bereich der

einzelnen Baugrundsichten der Bettungsmodul  $k_s$  nach der Beziehung  $k_s = E_s / D$  ermittelt werden ( $E_s$  = Steifemodul, vgl. Tabelle in Abschnitt 5.4;  $D$  = Pfahlschaftdurchmesser). Der Nachweis braucht nicht erbracht zu werden, wenn die waagrechten charakteristischen Beanspruchungen im Lastfall 1 höchstens 3 % und im Lastfall 2 höchstens 5 % der lotrechten Beanspruchung betragen.

- ▶ Die Bohrgeräte und Bohrwerkzeuge müssen in der Lage sein, die anzutreffenden Schichten (vgl. Abschnitt 4.1) bis zur erforderlichen Endtiefe der Pfähle zu durchbohren, um die jeweils erforderliche Pfahleinbindung sicher herstellen zu können.
- ▶ Das eingesetzte Pfahlbohrgerät muss eine ausreichende Reserve hinsichtlich seiner Tiefenreichweite (Bohrtiefe) besitzen.
- ▶ Die Pfahlbohrungen müssen mit Verrohrung ausgeführt werden.
- ▶ Es ist damit zu rechnen, dass sich in den Pfahlbohrlöchern Grundwasser ansammelt. Die Pfähle sollen deshalb im Kontraktorverfahren betoniert werden. Die offene Standzeit des Bohrloches ist zu minimieren, um eine Sohlauflockerung zu unterbinden.
- ▶ Die Klassifikation der natürlich anstehenden Schichten im Hinblick auf die Bohrarbeiten (gemäß DIN 18301) ist Abschnitt 4.3 zu entnehmen.
- ▶ Der Beginn der Einbindestrecke ist bei jedem Pfahl festzustellen und zu dokumentieren. Falls der tragfähige Untergrund bereichsweise tiefer einsetzt, als nach den Aufschlussbohrungen zu erwarten und bei der Pfahlbemessung zugrunde gelegt, sind die Pfähle entsprechend zu verlängern.
- ▶ Für jeden Pfahl ist ein Protokoll entsprechend der maßgebenden Norm und der bauaufsichtlichen Zulassung zu führen sowie der Bauüberwachung zeitnah vorzulegen.
- ▶ Zu Beginn der Pfahlbohrarbeiten und stichprobenartig bei den weiteren Pfahlbohrarbeiten soll der Baugrundgutachter zur Überprüfung der Baugrundverhältnisse hinzugezogen werden.
- ▶ Das Arbeitsplanum zur Ausführung der Pfähle wird überwiegend im Hanglehm verlaufen. Wir empfehlen deshalb, zum sicheren Aufstellen und Versetzen des Pfahlgerätes eine Tragschicht einzubringen, um eine stabile Befahrungsebene zu schaffen (Vorschlag  $\geq 0,5$  m Tragschichtmaterial 0/45 mm auf Geotextil GRK 4). Bei den Pfahlbohrarbeiten ist die Standsicherheit des Hanges im Bauzustand zu beachten.

- ▶ Die Vorgaben der DIN 1054 und der DIN EN 1536 sowie die Hinweise der EA Pfähle<sup>10</sup> sind zu beachten.

Wir empfehlen zudem, die Bohrfahlwand in angemessenem Umfang messtechnisch zu überwachen (geodätische Messungen, Ankerkraftmessung).

Bei der Planung, Bemessung und Ausführung der Rückverankerung sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Es gelten die allgemeinen Entwurfsgrundsätze für Verankerungen (vgl. z. B. OSTERMAYER in Grundbautaschenbuch, 6. Auflage, Teil 2, Seiten 195 ff.). Ebenso wird auf die DIN 1054 und auf die einschlägigen Abschnitte der EAB verwiesen (z. B. Abschnitt 7.5).
- ▶ Für die Verbaubemessung sind die Bodenkennwerte der Tabelle in Abschnitt 4.4 zugrunde zu legen.
- ▶ Die erdstatischen Nachweise müssen auch für Einwirkungen aus Erdbeben geführt werden.
- ▶ Für die Ausführung und Prüfung der Anker gilt die DIN EN 1537.
- ▶ Die Anker sind mit mehrfacher Nachverpressung auszuführen.
- ▶ Bei den Bohrarbeiten ist darauf zu achten, dass keine ungünstige Beeinflussung der Bohrlochwandung (z. B. durch Spülwassereintritt) entsteht. Auch ein „Polieren“ der Bohrlochwandung ist zu vermeiden.
- ▶ Die Wahl der geeigneten Geräte und Werkzeuge zur Ausführung der Anker fallen in den Aufgabenbereich der beauftragten Spezialtiefbauunternehmung.
- ▶ Die Festlegung der aufnehmbaren Ankerkräfte liegt ebenfalls im Aufgaben- und Verantwortungsbereich der ausführenden Spezialtiefbauunternehmung, der häufig auch die Ausführungsplanung aufgegeben wird. Die Verpresskörper der Anker sollen im Braunjura verlaufen. Zur Vorbemessung kann für mehrfach nachverpresste Anker bei Verpresskörperlängen von ca. 5 m und einem Bohrdurchmesser von mindestens 130 mm

---

<sup>10</sup> EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2007

zunächst ein charakteristischer Herausziehwiderstand von 350 – 400 kN je Anker zugrunde gelegt werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass glatte Bohrlochwandungen vermieden werden und eine mehrfache Nachverpressung vorgenommen wird. Das Tragverhalten der Anker ist entsprechend DIN 1054 und DIN EN 1537 zu prüfen (Eignungsprüfung, Abnahmeprüfung). Es ist nicht auszuschließen, dass dabei Abweichungen vom oben genannten Wert des charakteristischen Herausziehwiderstandes auftreten.

- ▶ Das Ankerbohrgerät benötigt auf entsprechender Höhe eine ausreichend breite Arbeitsebene. Die Verankerungsarbeiten müssen deshalb mit den Aushubarbeiten koordiniert werden. Dazu ist eine enge Abstimmung zwischen dem Spezialtiefbau- und dem Erdbauunternehmer erforderlich.
- ▶ Bei der Anordnung der Anker sind der Verlauf und die Tiefenlage benachbarter Baukörper und Grundleitungen zu beachten. Vor dem Entwurf der Rückverankerung sind daher entsprechende Erhebungen vorzunehmen. Bei den Bohr- und Verpressarbeiten sind etwaige in der Nähe verlaufende Grundleitungen regelmäßig zu kontrollieren. Das Einbringen von Ankern in Nachbargrundstücke bedarf der Zustimmung der betroffenen Grundstückseigentümer.
- ▶ In der Spritzbetonausfachung sind in regelmäßigem Raster Durchflussöffnungen anzuordnen, damit sich hinter dem Verbau kein Wasserdruck aufbauen kann (vorgeschlagener Richtwert: 1 Öffnung,  $\varnothing \geq 100$  mm je 1,5 m<sup>2</sup> Verbaufäche). Hinter der Spritzbetonausfachung soll eine Dränmatte angeordnet werden.

Zur konkreten Planung, Bemessung und Ausführung der Bohrpfahlwand sind weitere, verdichtende Baugrundaufschlüsse notwendig. Anhand dieser Ergebnisse sind die oben gemachten Angaben nochmals zu prüfen.

Die oben beschriebenen Maßnahmen zur Hangsicherung sind aus wasserrechtlicher Sicht erlaubnispflichtig (vgl. Abschnitt 6.6).

Die während der Bauzeit anfallenden, eher geringen Wassermengen können voraussichtlich problemlos mit einer offenen Wasserhaltung beherrscht werden.

### 5.1.2 Straßenbau

Für die Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen gelten die RStO 12<sup>11</sup> sowie die ZTV E-StB 09.

Die erforderliche Mindestdicke des Straßenaufbaues hängt vor allem von der Frostempfindlichkeit der anstehenden Böden ab. Die neue Straßentrasse der L440 verläuft im Einschnittsbereich im Hanglehm oder im zersetzten Braunjura. Beide Schichtglieder sind nach Tabelle 1 der ZTV E-StB 09 überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 und F 3 einzustufen (mittel bis sehr frostempfindlich). Der Standort liegt nach Bild 6 der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone III. Die erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues lässt sich hiernach anhand der Tabellen 6 und 7 der RStO 12 ermitteln.

Die Frostschutz-Tragschicht ist aus Tragschichtmaterial nach TL SoB-StB 04<sup>12</sup> in frostsicherer Kornabstufung (sog. KFT-Material) oder aus gleichwertigen, frostsicheren Gemischen aufzubauen (bei Anordnung einer Frostschutzschicht aus Gemischen ohne regelmäßige Güteüberwachung: Eignungsnachweis vor Einbau).

Der ins Gelände einschneidende Abschnitt der L440 neu verläuft wie oben beschrieben im Hanglehm oder im zersetzten Braunjura. Für einen Regelaufbau nach RStO 12 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erforderlich. Dieser Wert lässt sich hier auf den im Erdplanum anstehenden bindigen Böden voraussichtlich nicht nachweisen. Um eine Standardbauweise nach RStO 12 ausführen zu können, sind daher Bodenverbesserungsmaßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Planums erforderlich. Hierfür kommen folgende Lösungen in Betracht:

*Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln (vgl. ZTV E-StB 09, dort Abschnitt 12):*

Die auf dem späteren Erdplanum anstehenden bindigen Deckschichten (Hanglehm/Braunjura) sind nach DIN 18196 den Bodengruppen TM und TA zuzuordnen. Mittelplastische Tonböden lassen sich mit hydraulischen Bindemitteln gut stabilisieren; Böden der Gruppe TA sind bei der Stabilisierung erfahrungsgemäß etwas schwieriger zu bearbeiten. Durch die Stabilisierung und anschließende Verdichtung muss der Untergrund so weit verbessert werden, dass auf dem Planum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachgewiesen werden kann. Die erforderliche Bindemittelzugabe richtet sich nach dem Wassergehalt bzw. der Plastizität des anstehenden

---

<sup>11</sup> RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

<sup>12</sup> TL SoB-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

Bodens und nach der Witterung bei Ausführung der Erdarbeiten. Sie kann auch mit Hilfe von Testfeldern ermittelt werden. In der Regel liegt sie bei 3 - 6 Gew.-% (bezogen auf die Trockenmasse des Bodens). Die Zumischung des Bindemittels muss mit einer leistungsfähigen Bodenfräse erfolgen (Frästiefe mindestens 40 cm).

Entsprechend den Ausführungen in unserem Geotechnischen Bericht zum Kleingewerbegebiet GE2 vom 10.03.2017 (Az 16140/2) erfolgen Stabilisierungsmaßnahmen zur Einhaltung der Vorgaben der VwV Boden ausschließlich mit reinem Feinkalk oder Kalkhydrat. Dabei ist bei der weiteren Planung die Verwehung des Bindemittels im Hinblick auf die mögliche Beeinträchtigung benachbarter Gebäude oder parkender Pkw zu beachten.

Eine Stabilisierung kann nur durchgeführt werden, wenn durch die vorangegangene Sicherung der Einschnittsbereiche eine Dränierung des Hangwassers sichergestellt wurde und somit der Grundwasserspiegel unterhalb des Planums abgesenkt wird. Im Grundwasserschwankungsbereich ist eine Stabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln nicht oder nur erschwert möglich.

#### *Bodenaustausch:*

Die gering tragfähigen Böden unterhalb des Planums werden bis zu einem vorgegebenen Niveau ausgeräumt und durch verdichtetes, körniges Fremdmaterial ersetzt. Die Dicke des Bodenaustausches hängt vom Verformungsmodul des Untergrundes und von den Verdichtungseigenschaften des Austauschmaterials ab. Sie soll so bemessen sein, dass auf der Oberkante des Austausches (Planum) der Verformungsmodul von  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erzielt wird, sodass darauf ein Regelaufbau nach RStO 12 möglich ist. Anhaltswerte liefern Bemessungsdiagramme (z. B. nach FLOSS<sup>13</sup> und nach KÖHLER ET AL<sup>14</sup>). Unter Annahme eines  $E_{V2}$ -Wertes auf dem natürlichen Untergrund von 10 - 15 MN/m<sup>2</sup> ist hier eine ca. 40 cm dickere Tragschicht erforderlich.

In der Mehrzahl der Fälle ist eine Stabilisierung mit hydraulischem Bindemittel am wirtschaftlichsten. Eine solche Bodenverbesserung ist allerdings witterungsabhängig; bei anhaltend feuchter Witterung sind die Arbeiten stark behindert oder müssen vollständig eingestellt werden. Die Alternative „Bodenaustausch“ kann dagegen auch bei nasser Witterung ausgeführt werden.

---

<sup>13</sup> FLOSS, R.: ZTV E-StB 09, Fassung 1997, Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau, 2. Aufl., Bonn 1997 (Kirschbaum-Verlag); als Anlage 5 beigelegt

<sup>14</sup> KÖHLER, U., HEROLD, A., HERING, A.: Dimensionierung von Oberbauten von Verkehrsflächen und die Einschätzung der Tragkraft des Erdplanums. - Vorträge der Baugrundtagung 1998 in Stuttgart. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, 1998

## 5.2 Geländeauffüllungen für die L440 neu

Im südöstlichen Anschluss an den Einschnittsbereich der L440 neu verläuft die Straßentrasse bis zum Anschluss an die bestehende L440 auf einem Straßendamm von bis zu 5 m Höhe (Station 0+800 bis 1+360). Der natürliche Untergrund besteht hier nach den Erkundungsbohrungen B 7/16, B 4/08 und B 8/16 unter bis zu 1,5 m dickem Oberboden zuoberst aus Hang- oder Auelehm; bereichsweise steht darunter auch Hangschutt an. In der Talau der Oberen Bära folgen unter dem Auelehm mehrere Meter unter Gelände die kiesigen Bachablagerungen. In größerer Tiefe folgen die Schichten des Braunjura. Der Grundwasserspiegel steht auch hier nur in geringer Tiefe unter Gelände an (vgl. Abschnitte 4.1 und 4.2 sowie Anlage 2.3).

Es ist zu beachten, dass der natürliche Untergrund durch das Gewicht der Dammschüttung zusammengedrückt wird. Auf diese Problematik wird in Abschnitt 5.2.2 näher eingegangen.

### 5.2.1 Dammschüttung und Straßenbau

Nach unserer Kenntnis ist vorgesehen, den Straßendamm mit Aushubmaterial aus den Einschnittsbereichen der L440 neu aufzubauen, das zuvor mit hydraulischen Bindemitteln stabilisiert wurde. Dabei sind die o. g. Hinweise zur Stabilisierung zu beachten. Als Bindemittel soll reiner Feinkalk oder Kalkhydrat verwendet werden (vgl. voriger Abschnitt 5.1.2 und unseren Geotechnischen Bericht zum Kleingewerbegebiet vom 10.03.2017, Az 16140/2).

Sollte nicht ausreichend Aushubmaterial zur Verfügung stehen, so sind körnige Gemische mit weit gestufter Kornverteilung (Schotter-Splitt-Gemische) für derartige Dammschüttungen gut geeignet. Hierfür kommen in erster Linie körnige Fremdmaterialien aus gut abgestuften Kornmischungen in Frage (z. B. Schottertragschichtmaterial nach TL SoB-StB 04). Nach den Vorgaben der VwV Boden ist es in ausreichendem Abstand zum Grundwasserspiegel auch möglich, vergleichbar abgestuftes, schadstoffreies Recyclingmaterial zu verwenden, allerdings muss es güteüberwacht, sulfatfrei und raumbeständig sein (Vorlage eines Prüfzeugnisses mit den entsprechenden Bestätigungen). Auch Siebschutt oder andere gemischtkörnige, weitgestufte Materialien mit einem Feinkornanteil (Korngröße  $< 0,06$  mm) von bis zu 15 % sind generell geeignet; sie können aufgrund ihrer bindigen Bestandteile jedoch nicht witterungsunabhängig eingebaut werden.

Zur Herstellung der Dammschüttung wird auf folgende Punkte hingewiesen:

- ▶ Das Material der Dammschüttung soll in geeigneter und gleichmäßiger Beschaffenheit sowie in ausreichender Menge vorhanden sein bzw. angeliefert werden. Es darf keine Schadstoffe enthalten. Bindige Böden sind vor dem Einbau mit hydraulischen Bindemitteln zu stabilisieren (vgl. Abschnitt 5.1.2). Breiige oder stark durchnässte Böden, stark humoses oder organisches Material sowie Gemische mit zersetzungsfähigen Bestandteilen sind nicht für einen Wiedereinbau geeignet. Die Böden dürfen keine größeren Steine und Blöcke enthalten, damit sie noch gut verdichtet werden können. Ein Größtkorn von 15 cm soll nicht überschritten werden.
- ▶ Der Oberboden ist im betreffenden Bereich abzuschleppen. Er darf nicht für den Wiedereinbau im Damm verwendet werden. Er ist in flachen Mieten ohne Vermengung mit anderem Bodenmaterial geschützt zwischenzulagern und kann z. B. zur Begrünung der neuen Böschungen verwendet werden.
- ▶ Das Erdplanum wird nach Abschleppen des Oberbodens überwiegend im Hang-/Auelehm verlaufen (vgl. Schichtbeschreibung in Abschnitt 4.1). Dabei handelt es sich um plastische Tonböden, deren Eigenschaften stark wassergehaltsabhängig und die daher witterungsempfindlich sind. Sie neigen bei Wasserzutritten zu tief reichenden Aufweichungen und sind dann mit Radfahrzeugen nur schwer befahrbar.
- ▶ Im Zusammenhang mit dem Schutz des Erdplanums gegen Witterungseinflüsse verweisen wir auf Abschnitt 4.4 der ZTV E-StB 09.
- ▶ Aufgrund des in geringer Tiefe unter Gelände anstehenden Grundwasserspiegels empfehlen wir den Aufbau einer kapillarbrechenden, zum Untergrund filterstabil aufgebauten Flächendränage auf der Dammsohle (vgl. ZTV E-StB 09, Abschnitt 4.3.1.3).
- ▶ Die zum Einbau vorgesehenen Böden bzw. Materialien sind beim Transport und bei eventueller Zwischenlagerung sowie im eingebauten Zustand vor Witterungseinflüssen (insbesondere gegen Durchfeuchtung) zu schützen.
- ▶ Das Material ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Das Verdichtungsgerät ist auf das Einbaumaterial und die Dicke der einzelnen Schüttlagen abzustimmen. Die Verdichtung ist in Anlehnung an Tabelle 2 der ZTV E-StB 09 so auszuführen, dass einheitlich ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 98 \%$  erreicht wird (von Dammsohle bis 1 m unter Planum).

- ▶ Es sind in angemessenem Umfang entsprechende Verdichtungsprüfungen (Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen) durchzuführen. Einzelheiten bezüglich Art, Methodik und Auswertung dieser Prüfungen sind in den ZTV E-StB 09 geregelt. Kontrollprüfungen können auch von unserem Baugrundinstitut vorgenommen werden.
- ▶ Bleibende Böschungen sollen nicht steiler als unter einer Neigung von 1:1,5 angelegt werden. Dann sind sie in der Regel standsicher und können ohne größere Schwierigkeiten begrünt und gärtnerisch gepflegt werden. Vor dem Aufbau der Oberbodenandeckung sind die Böschungsflächen aufzurauen. Eventuell sind auch besondere Maßnahmen erforderlich, um ein Abrutschen oder Abspülen des Oberbodens zu verhindern (z. B. Abgleitschutz aus Holzbrettern oder Faschinen).
- ▶ Für alle Erd- und Verdichtungsarbeiten gelten die genannten ZTV E-StB 09.

Bewährt hat sich auch eine sog. „Sandwichbauweise“, bei der geeignete bindige Böden und körnige Materialien lagenweise abwechselnd eingebaut werden.

In jedem Fall ist es Aufgabe der Bauüberwachung, die Beschaffenheit und Zusammensetzung der angelieferten Böden auf Übereinstimmung mit den vorgelegten Ergebnissen der jeweiligen Eignungsprüfungen zu kontrollieren oder kontrollieren zu lassen.

Eine geeignete Beschaffenheit und ein sachgemäßer Einbau des Schüttmaterials sind Voraussetzungen für ein geringes Maß der Eigensetzungen der fertigen Dammschüttungen, für die Anlage standsicherer Böschungen und für eine gute Tragfähigkeit bzw. geringe Kompressibilität der Dammschüttungen (s. o. und nächster Abschnitt 5.2.2).

Für die Bemessung und Ausführung der Verkehrsflächen auf der Dammschüttung verweisen wir auf Abschnitt 5.1.2. Zur Ermittlung der erforderlichen Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues ist das Material der Dammschüttung bzw. für den Abschnitt der K7144 neu auf Höhe des Kleingewerbegebiets GE2 die dortige Geländeauffüllung ausschlaggebend (s. o.). Aufgrund der Bodenverbesserungsmaßnahmen wird der auf dem Planum für einen Regelaufbau nach RStO 12 erforderliche Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  hier bereits eingehalten.

### 5.2.2 Verformung des Untergrundes und des Straßendamms

Im Zuge der Herstellung von Erddämmen kommt es zu einer Zusammendrückung der bereits aufgebrachtten Schichten infolge des Eigengewichts der darüberliegenden Schichten. Diese Zusammendrückung führt zu Setzungen, die als Eigensetzungen einer Schüttung bezeichnet werden. Die Setzungsbeträge hängen hauptsächlich von der Materialart und dem erreichten Verdichtungsgrad ab. An der Dammkrone betragen die Eigensetzungen bei fachgerechter Verdichtung des Schüttgutes und hydraulisch verbessertem bindigem Schüttmaterial erfahrungsgemäß etwa 0,5 % der Schütthöhe, im vorliegenden Fall somit etwa 2 cm bis 3 cm. Abhängig von der Art und Durchlässigkeit des verwendeten Schüttmaterials können diese Setzungen verzögert auftreten.

Zusätzlich zu diesen Eigensetzungen treten Setzungen infolge der Zusammendrückung des Untergrundes unter der Dammaufstandsfläche durch das Eigengewicht der Dammschüttung auf. Die Größenordnung dieser Setzungen hängt im Wesentlichen von der Dicke und der Kompressibilität der Bodenschichten sowie dem Gewicht (Auffüllhöhe) und der Grundfläche der Dammschüttung ab.

Aufgrund der teils bis zu ca. 5 m hohen Dammschüttung sind die aus dem Eigengewicht der Auffüllung im natürlichen Untergrund resultierenden Setzungen zu beachten. Diese können in Bereichen mit ungünstigen Baugrundverhältnissen (weiche bis steife bindige Böden) nach unseren überschlägigen Berechnungen bis zu 10 cm betragen (Schütthöhe 5 m; bei geringerer Auffüllhöhe entsprechend kleinere Setzungen).

Diese Setzungen treten aufgrund der meist hohen Plastizität und geringen Durchlässigkeit der Tonböden mit großer Verzögerung auf und werden voraussichtlich erst nach mehreren Jahren vollständig abklingen. Ermittelt man aus den im Kompressionsversuch (vgl. Anlage 3.8) bestimmten Zeit-Setzungsverhalten ( $c_v$ -Wert) mit der eindimensionalen Konsolidationstheorie näherungsweise den Zeitraum, nach dem 90 % der Setzungen eingetreten sind, ergibt sich ein Zeitraum von deutlich mehr als 20 Jahren. Erfahrungsgemäß ist der tatsächliche Zeitraum jedoch kürzer.

Zusammen mit den o. g. Eigensetzungen des Damms ergeben sich nach unseren überschlägigen Ermittlungen Gesamtsetzungen der Dammkrone in einer Größenordnung von ca. 10 cm bis 15 cm (bei 5 m Schütthöhe). Diese Setzungen treten innerhalb der freien Strecke voraussichtlich sehr gleichmäßig auf. Setzungsunterschiede auf kurze Distanzen sind nicht zu erwarten.

Die Brücke über die Obere Bära (vgl. Abschnitt 6.1) wird innerhalb der gut tragfähigen, kiesigen Bachablagerungen gegründet und wird sich daher nur geringfügig setzen. Hier besteht somit die Gefahr, dass Setzungsdifferenzen am Übergang zwischen Dammschüttung und Brückenwiderlager entstehen.

In welcher Größenordnung die tatsächlich noch entstehenden Setzungsdifferenzen liegen, hängt vom Bauablauf ab: Je größer der zeitliche Abstand zwischen der Dammschüttung und der Herstellung der Straße auf der Dammkrone ist, desto größer ist der Anteil der bis dahin aufgetretenen und abgeklungenen Setzungen und desto geringer sind die noch entstehenden Setzungen bzw. Differenzsetzungen.

Um die beschriebene Problematik der Setzungsdifferenzen zu mindern, bestehen prinzipiell folgende Möglichkeiten:

- a) Verwendung von Leichtbaustoffen zur Reduktion des Gewichts der Dammschüttung und folglich geringerer Zusammendrückung des Untergrundes.
- b) Möglichst frühzeitiges Aufbringen der Geländeauffüllung, damit ein Teil der Setzungen bereits vor Herstellung der Straße abgeklungen ist.
- c) Beschleunigung des Setzungsverlaufs bzw. Verkürzung des erforderlichen Zeitraums durch den Einbau von Vertikaldräns im natürlichen Untergrund (Abbau von Porenwasserüberdrücken in den bindigen Böden).
- d) Bodenverbesserungsmaßnahmen zur Reduktion der Zusammendrückung bzw. der Setzungen des Untergrundes.

Bei der vorgesehenen Verwendung von bindigem, hydraulisch stabilisiertem Aushubmaterial aus den Einschnittsbereichen der L440 neu kommt hier vorrangig eine Bodenverbesserung des Untergrundes in Betracht, um die im natürlichen Untergrund resultierenden Setzungen zu vermindern und im direkten Anschluss an die Dammschüttung mit der Straßenbaumaßnahme fortfahren zu können. Als Bodenverbesserungsmaßnahme ist hier besonders das Verfahren der Rüttelstopfverdichtung geeignet. Dabei wird ein Schleusenrüttler in den Untergrund einvibriert. Nach dem Erreichen der Endtiefe wird über ein Schüttrohr an der Rüttlerspitze Schotter in den Untergrund eingebracht und durch nachfolgende Stopfvorgänge mit dem Rüttler in die Wandung bzw. das umgebende Erdreich gepresst und verdichtet. Auf diese Weise entstehen säulenförmige Schotterkörper. Die Versenktiefe des Rüttlers und damit die Säulenlänge werden durch die Beschaffenheit und den Eindringwiderstand des Bodens bestimmt. Es handelt sich um eine Bodenverbesserung, die in Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen und

dem Säulenraster eine Erhöhung der Steifigkeit der durchörterten Schichten bewirkt. Die Rüttelstopfverdichtung erlaubt eine Anpassung auch an kleinräumig wechselnde Verhältnisse, weil die einbringbare Schottermenge unmittelbar von der Beschaffenheit des umgebenden Bodens abhängt: In weichen Böden und aufgelockerten Bereichen lassen sich größere Schottermengen einbringen; hier weisen die Säulen dann entsprechend größere Durchmesser auf. Zur Befahrung des Erdplanums mit Baufahrzeugen ist eine entsprechende Arbeitsebene herzustellen (z. B. 40 cm Grobschotter auf Geotextil).

Um die Durchdringbarkeit der anstehenden Böden entlang des Damms für einen Rüttler bei Bodenverbesserungsmaßnahmen besser abschätzen zu können, empfehlen wir, auch hier zusätzliche Baugrundaufschlüsse ausführen zu lassen (z. B. Rammsondierungen).

### 5.3 Leitungsbau

#### 5.3.1 Anlage und Sicherung der Leitungsgräben

Nach den uns vorliegenden Unterlagen sind Leitungen überwiegend nur in der Trasse der K7144 neu geplant. Diese Verlängerung der K7144 soll im Bereich des Kleingewerbegebiets auf der dort geplanten Geländeauffüllung bzw. weiter nördlich auf einem Straßendamm hergestellt werden und liegt in der jetzigen Planung ca. 1 m bis 1,5 m über dem derzeitigen Geländeniveau. Nach dem Befund der Baugrunderkundungen werden die Leitungsgräben entlang dieser Trasse – bei den geplanten Sohlniveaus von ca. 805,5 m NN an der Bergseite (Einmündung L440 neu) und 796,5 m NN am Tiefpunkt (Bereich Obere Bära) – entweder innerhalb der bindigen quartären Deckschichten (Hang-/Auelehm) oder innerhalb der kiesigen Bachablagerungen verlaufen.

Bei der Anlage und Sicherung von Leitungsgräben sind die Richtlinien der DIN 4124 und DIN EN 1610 zu beachten. Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann man Gräben oberhalb des Grundwasserspiegels mit freien Böschungen anlegen, sofern die Hinweise und die einschränkenden Bedingungen der DIN 4124 beachtet werden (vgl. hierzu auch Abschnitt 7.3).

Um die Kubaturen für Aushub und Verfüllung sowie den Eingriff in den Untergrund möglichst gering zu halten, werden Leitungsgräben häufig mit senkrechten Wänden angelegt und mit einem Verbau gesichert. Dabei gelten ebenfalls die Vorgaben der DIN 4124 und DIN EN 1610. Im Kanalbau werden aufgrund des abschnittsweisen Bauablaufs in der Regel wandernde Verbausysteme eingesetzt. Diese Systeme eignen sich in Verbindung mit einer offenen Wasserhaltung (s. u.) im Graben auch für Gräben unterhalb des Grundwasserspiegels. Verbausysteme, bei denen die Verbauelemente kontinuierlich mit dem Aushub abgesenkt werden, sind zu bevorzugen. Von einfachen Verbaukörben, die nach dem Aushub in die Gräben eingestellt

werden, wird hier abgeraten, weil Nachbrüche aus den Grabenwänden nicht ausgeschlossen werden können (bei weicher Konsistenz oder Wasserführung der Böden). Die Wahl des Verbausystems ist den Baugrundverhältnissen anzupassen; sie fällt im Einzelnen in den Verantwortungsbereich der beauftragten Tiefbauunternehmung.

In tieferen Leitungsgräben ist mit Grundwasserzutritten zu rechnen (vgl. Abschnitt 4.2); innerhalb der kiesigen Talablagerungen nahe des Bäratals ist der Wasserandrang verstärkt. Das Wasser kann voraussichtlich noch mit den üblichen Maßnahmen einer offenen Wasserhaltung abgeleitet werden. Sollten hierzu Dränleitungen verlegt werden, müssen sie im Endzustand durch Sperrriegel (vgl. Abschnitt 5.3.4) unterbrochen werden. Falls Grundwasser angetroffen wird, ist die zuständige Wasserrechtsbehörde unverzüglich zu informieren (Fachbereich Wasser- und Bodenschutz beim Landratsamt Zollernalbkreis, vgl. auch Abschnitt 6.6).

### 5.3.2 Auflagerung von Rohrleitungen, Verfüllung der Leitungszone

Für die Auflagerung von Entwässerungsleitungen gelten die Richtlinien der DIN EN 1610. In dem durch die Baugrunderkundung erschlossenen Untergrund können die Rohre auf einer Bettung nach Typ 1 der Norm DIN EN 1610 (dort Abschnitt 7.2.1) und gemäß Arbeitsblatt ATV-DVWK-A139<sup>15</sup> verlegt werden. Wo die Grabensohlen in dicht gelagerten Bachablagerungen verlaufen, soll die Dicke der unteren Bettungsschicht  $a = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$  (jedoch nicht weniger als 150 mm) betragen, um Linien- und Punktlagerungen zu vermeiden. Das Material für die Bettungsschicht muss die Anforderungen der gültigen Vorschriften und Richtlinien erfüllen.

Sollten in der planmäßigen Grabensohle aufgeweichte, aufgelockerte oder durchnässte Böden angetroffen werden, sind diese sorgfältig bis auf den ungestörten Untergrund mit steifer oder günstigerer Konsistenz auszuräumen und durch das Material der Bettungsschicht zu ersetzen (Bodenaustausch). Bei größerer Mächtigkeit der Weichschichten genügt auch ein partieller Bodenaustausch, dessen Dicke in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser festgelegt werden muss.

Das Material für die Verfüllung der Leitungszone muss den Vorgaben der einschlägigen Richtlinien entsprechen.

---

<sup>15</sup> ATV-DVWK-A139: Arbeitsblatt Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen.- Hrsg: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2001

### 5.3.3 Hauptverfüllung

Bei der Verfüllung der Leitungsgräben ist großer Wert auf eine sorgfältige und sachgemäße Verdichtung des Verfüllmaterials zu legen. Die Setzungen der Grabenverfüllung sind im Bereich befestigter Flächen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dies kann durch die Wahl geeigneter Verfüllmaterialien und einen fachgerechten, lagenweise verdichteten Einbau erreicht werden.

Für eine setzungsarme Hauptverfüllung kann das anfallende, bindige Aushubmaterial nur wiederverwendet werden, wenn bindige Böden mindestens halbfeste Konsistenz aufweisen oder mit hydraulischem Bindemittel verbessert werden oder bereits wurden (Bereich der Geländeauffüllung, s. o.). Körniges Aushubmaterial aus den kiesigen Bachablagerungen kann bei geringem Feinanteil wieder eingebaut werden. Blockiges und grobsteiniges Material ist auszusortieren. Das Größtkorn beim Wiedereinbau sollte auf  $\varnothing \leq 100$  mm beschränkt werden. Auf eine sachgemäße (trockene) Zwischenlagerung des Aushubmaterials ist zu achten. Wir empfehlen, in der Ausschreibung auch den Einbau von witterungsbeständigem Fremdmaterial (z. B. Tragschichtmaterial nach TL SoB-StB 04) vorzugeben. Dieses Material kann witterungsunabhängig und mit optimaler Verdichtung eingebaut werden. Die Verdichtungsanforderungen an die Grabenverfüllung entsprechend ZTV E-StB 09 sind über die gesamte Verfüllhöhe einzuhalten.

Unter Grünflächen, wo keine besonderen Anforderungen an das Setzungsverhalten der Verfüllung gestellt werden, halten wir es für möglich, das anfallende Aushubmaterial ohne zusätzliche Verbesserungsmaßnahmen wieder einzubauen. Das Material ist trotzdem bestmöglich zu verdichten.

Wo Leitungsgräben überwiegend mit körnigem, durchlässigem Material verfüllt werden, soll im Bereich von befestigten Flächen an der Oberfläche ein gering durchlässiger Belag – beispielsweise eine Asphaltdecke – angeordnet werden, um eine unmittelbare Einsickerung von (möglicherweise verunreinigtem) Oberflächenwasser in den Untergrund zu verhindern.

Im Bereich unbefestigter Flächen empfehlen wir, die Grabenverfüllung ganz oder zumindest im oberen Teil mit einer Lage aus gering durchlässigem, bindigem Boden vorzunehmen. Auch dieser sog. Lehmschlag ist sorgfältig lagenweise einzubauen und mit geeignetem Gerät zu verdichten. Er dient zum Schutz des Grundwassers gegen mögliche, von der Geländeoberfläche ausgehende Beeinträchtigungen. Seine Dicke soll mindestens ca. 1 m betragen (unterhalb der Oberbodenandeckung).

#### 5.3.4 Anordnung von Sperrriegeln

Wo in den Leitungsgräben Grundwasserzutritte angetroffen werden (vgl. Abschnitt 4.2), empfehlen wir, Sperrriegel aus Beton oder bindigem Boden anzuordnen, um einen Grundwasserabstrom entlang der durchlässigen Bettung und Grabenverfüllung zu vermeiden. Die Sperrriegel müssen die Auflagerschicht, die Leitungszone und die durchlässige Grabenverfüllung vollständig durchtrennen und an der Grabensohle und den Flanken in den natürlichen Untergrund einbinden. Auch eventuell verlegte Baudränagen müssen von diesen Sperrriegeln unterbrochen werden. Wir empfehlen, die Sperrriegel im Abstand von ca. 50 m sowie an jedem Schacht anzuordnen und sie jeweils bis 1 m unter das fertige Geländeniveau hochzuführen (bei Straßen in Dammlage ist das Gelände neben dem Straßendamm maßgebend).

## 6 Weitere Hinweise zur Planung und Bauausführung

### 6.1 Gründung von Brücken

Auf Höhe km 1+080 der L440 neu sowie auf Höhe km 0+130 der K7144 neu sind Straßenbrücken über die Obere Bära vorgesehen. Details zu den geplanten Brücken liegen uns bisher nicht vor. Der Baugrund im Bäratal besteht nach den Erkundungsergebnissen (vgl. Abschnitt 4.1) bereichsweise oberflächennah noch aus mehreren Metern Auelehm bevor zur Tiefe hin die kiesigen Bachablagerungen einsetzen. Lokal stehen die kiesigen Bachablagerungen auch direkt unter dem Oberboden an.

Für die Gründung der Brückenwiderlager ist hier voraussichtlich eine Flachgründung oder eine vertiefte Flachgründung in den kiesigen Bachablagerungen möglich. Bei einer vertieften Flachgründung werden die planmäßigen Stahlbetonfundamente mit Vertiefungen aus unbewehrtem Beton bis auf die gut tragfähigen, kiesigen Bachablagerungen hinabgeführt (Pfeilergründung). Alternativ wäre bei ungünstigen Untergrundverhältnissen auch eine Flachgründung nach erfolgter Bodenverbesserung mittels der in Abschnitt 5.2.2 beschriebenen Rüttelstopfsäulen oder eine Pfahlgründung in den felsartig festen Schichten des Braunjura möglich.

Um genauere Aussagen zur Gründung der geplanten Brückenbauwerke machen zu können, sind an den Brückenwiderlagern ergänzende Baugrunduntersuchungen notwendig (z. B. weitere Kernbohrungen). Darauf aufbauend ist ein separater Geotechnischer Bericht zu erstellen.

## 6.2 Geplante Regenrückhaltebecken / Versickerung von Niederschlagswasser

Eine Versickerung von Niederschlagswasser im Untergrund ist hier aufgrund der erfahrungsgemäß geringen Durchlässigkeit (geschätzt:  $k_f < 10^{-7}$  m/s) der oberflächennah überwiegend anstehenden bindigen Böden (Hang-/Auelehm) und des geringen Grundwasser-Flurabstands nicht oder nur in geringem Umfang möglich. Genauere Untersuchungen zur Versickerungsfähigkeit waren nicht Gegenstand unserer Beauftragung, können bei Bedarf aber nachgeholt werden.

## 6.3 Geplante Lärmschutzwälle

Für die geplanten Lärmschutzwälle gelten die Angaben in Abschnitt 5.2 sinngemäß.

## 6.4 Gestaltung von Parkflächen

Für die Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen abseits der neuen Straßentrassen (z. B. Parkflächen) sind die Hinweise in Abschnitt 5.1.2 zu beachten.

## 6.5 Wiederverwertung / Entsorgung von Aushubmaterial

Zur vorläufigen Deklaration des beim Aushub in den Einschnittsbereichen der L440 neu anfallenden Materials wurde aus den Bohrungen B 3/16 bis B 6/16 eine Mischprobe aus dem relevanten Tiefenbereich zusammengestellt. Anschließend wurde die Probe im chemischen Untersuchungslabor synlab, Stuttgart, auf Schadstoffe gemäß VwV Boden und DepV untersucht. Die Analyseergebnisse (vgl. Anlage 4.2) sind nachfolgend zusammengefasst:

Bezeichnung	Herkunft	Zuordnung VwV Boden	Zuordnung DepV
MP 1	Mischprobe aus B 3/16 bis B 6/16 bis 7,0 m Tiefe (überwiegend Hanglehm)	Z 0	DK 0

In der untersuchten Mischprobe lagen die Schadstoffgehalte unterhalb des Zuordnungswertes Z0 (Null) der Verwaltungsvorschrift Boden vom 14.03.2007 bzw. unterhalb des Zuordnungswertes DK 0 nach der Deponieverordnung, so dass eine Wiederverwendung des anfallenden Aushubmaterials oder eine Ablagerung auf Erddeponien nach den vorliegenden Untersuchungen voraussichtlich uneingeschränkt möglich ist.

Wir weisen darauf hin, dass es sich bei den Ergebnissen um eine vorläufige Einstufung handelt. Eine endgültige Deklaration der anfallenden Böden nach der DepV bzw. VwV Boden ist aushubbegleitend durchzuführen. Hierzu empfehlen wir, bei Bedarf einen Altlastensachverständigen hinzuzuziehen (Abgrenzung der Belastungen, Festlegung und Optimierung der Entsorgung etc.).

## 6.6 Wasserrechtliche Gesichtspunkte

Maßnahmen und Bauarbeiten, die in grundwasserführende Schichten reichen oder mit dem Grundwasser in Zusammenhang stehen, bedürfen der Zustimmung des Landratsamts Zollernalbkreis (Untere Wasserbehörde). Folgende Punkte sind hier wasserrechtlich relevant:

- ▶ Herstellung von dauerhaften Hangsicherungsmaßnahmen unterhalb des Grundwasserspiegels (vgl. Abschnitt 5.1.1)
- ▶ Herstellung einer Dammschüttung direkt oberhalb des Grundwasserspiegels (vgl. Abschnitt 5.2.1)
- ▶ Bodenverbesserungsmaßnahmen unterhalb des Grundwasserspiegels (vgl. Abschnitt 5.2.2)
- ▶ Herstellung von Leitungsräben bis unter den Grundwasserspiegel (vgl. Abschnitt 5.3)
- ▶ Wasserhaltungsarbeiten während der Bauzeit (vgl. Abschnitt 5)
- ▶ Gründungsarbeiten unterhalb des Grundwasserspiegels (vgl. Abschnitt 6.1)

Wir empfehlen, die Maßnahmen jeweils frühzeitig mit der Behörde abzustimmen und dabei Art und Umfang des Verfahrens sowie die vorzulegenden Antragsunterlagen zu klären. Von Behördenseite können Auflagen erteilt werden, die von den hier gegebenen Empfehlungen abweichen oder darüber hinausgehen.

Die durchgeführten Erkundungsbohrungen (vgl. Abschnitt 3) haben wir gemäß § 43 Wassergesetz Baden-Württemberg bei der Unteren Wasserbehörde (Landratsamt Zollernalbkreis) beantragt. Die Arbeiten wurden unter Beachtung der Auflagen in der wasserrechtlichen Entscheidung vom 23.08.2016 ausgeführt. Entsprechend den Auflagen im vorgenannten Schreiben haben wir die Ergebnisse der Baugrunderkundung an das Landratsamt Zollernalbkreis und das Landesamt für Geologie, Bergbau und Rohstoffe beim Regierungspräsidium Freiburg übersandt.

Die im Zuge der Erkundungen eingerichteten Grundwassermessstellen B 1/16, B 4/16, B 6/16 sowie die noch vorhandenen Messstellen BGW 1/08 bis BGW 3/08 liegen in der Straßentrasse, ebenso die Inklinometermessstelle B 5/16. Sie können daher über die Bauzeit nicht erhalten bleiben und sind vor Baubeginn sachgemäß zu verschließen. Sie werden dabei mit einer dünnflüssigen Zement-Bentonit-Suspension verpresst und der Messstellenkopf rückgebaut. Das Verschließen ist frühzeitig mit der Wasserbehörde und den übrigen Beteiligten abzustimmen. Dem Amt sind die entsprechenden Protokolle über das Verschließen der Messstellen anschließend vorzulegen.

## 6.7 Kampfmittel im Untergrund

Im Vorfeld der Baugrunduntersuchungen wurde eine Luftbildauswertung auf etwaige Kampfmittel für das gesamte Gewerbegebiet veranlasst (vgl. Anlage 9). Nach dem Ergebnis der Luftbildauswertung sind keine weiteren Maßnahmen im Hinblick auf Kampfmittel erforderlich.

## 7 Schlussbemerkungen

Die Baugrundverhältnisse im Bereich der neuen Straßentrassen wurden nach einem ersten Erkundungsschritt auf der Grundlage von mehreren Kernbohrungen beschrieben und beurteilt. Für die konkrete Planung einzelner Baumaßnahmen sind weitere Baugrundaufschlüsse notwendig.

Die Angaben im vorliegenden Bericht beziehen sich auf die Untersuchungsstellen. Abweichungen von den hier beschriebenen Befunden können nicht ausgeschlossen werden. Bei der Bauausführung ist deshalb eine ständige und sorgfältige Kontrolle der Untergrundverhältnisse im Vergleich zu den Folgerungen im Bericht erforderlich. In allen Zweifelsfällen ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

Die hier gegebenen Hinweise zur Abgrenzung der Homogenbereiche können nicht als Grundlage für verbindliche Massenermittlungen dienen und ein Aufmaß während der Ausführung nicht ersetzen.

Für die Beantwortung von geotechnischen Fragen im Zuge der weiteren Planung und Bauausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

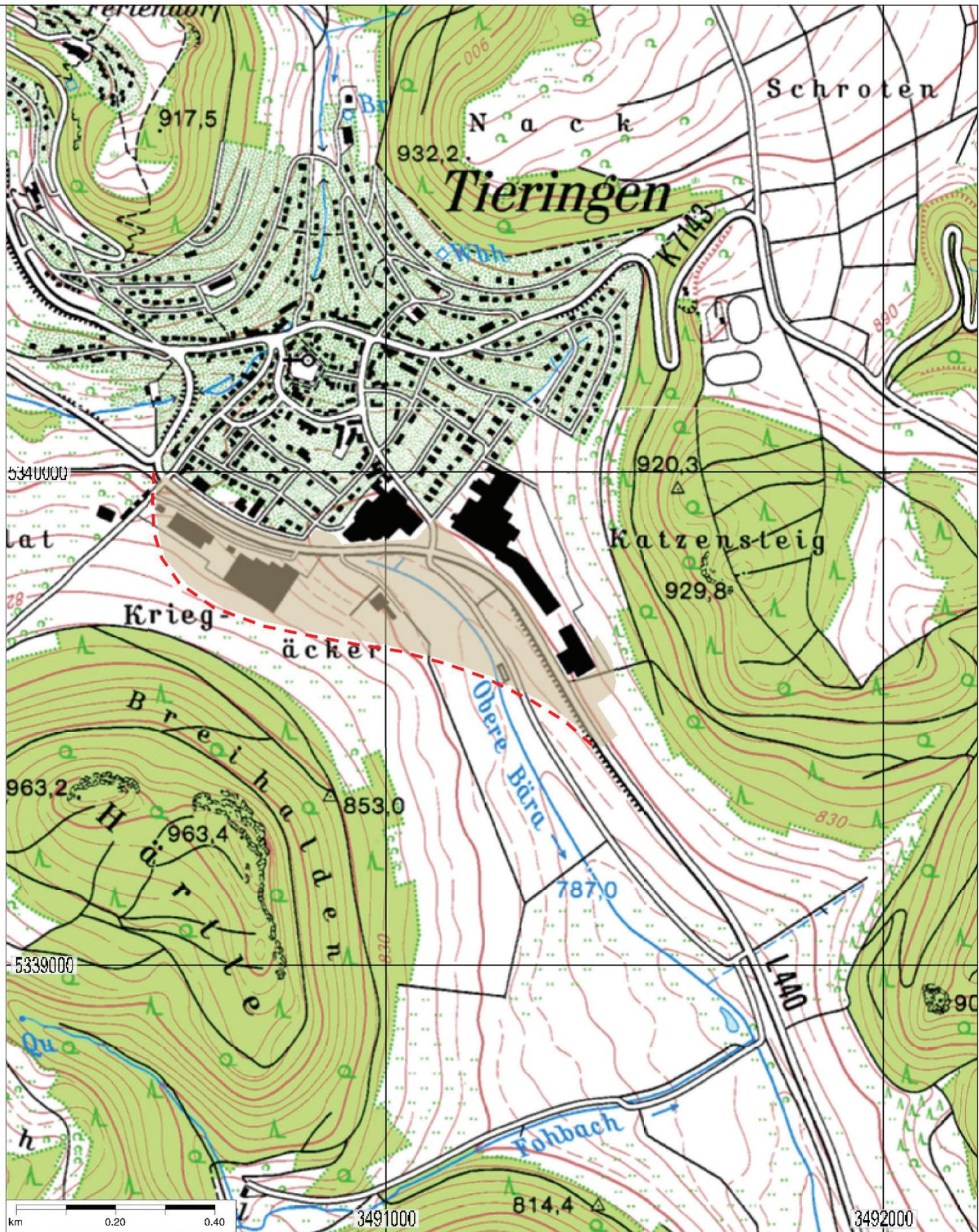
Leinfelden-Echterdingen, 13. März 2017



Prof. Dr.-Ing. J. Giere



Dipl.-Geol. P. Branscheid



Top. Karte 1:25000 Baden-Württemberg (2012), Maßstab 1:10000  
 © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2007



VEES | PARTNER  
 Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner  
 Baugrundinstitut GmbH  
 Friedrich-List-Straße 42  
 70771 Leinfelden-Echterdingen

### MEßSTETTEN-TIERINGEN

BBP „Gewerbegebiet Süd“  
 Verlegung L 440  
 Übersichtslageplan

Anlage	1.1
Az	16 140/1
Datum	13.03.2017
Maßstab	1:10000
Bearbeiter	Bs









## Schichtprofile der Kernbohrungen B 1/16 bis B 8/16, B 11/16, B 19/16, B 22/16, BGW 1/08 bis BGW 4/08 und B 4/07

(5 Blätter)

Legende:

B / BGW      Aufschlussbohrung Nr./Jahr



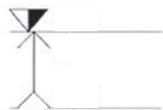
Grundwasser beim Bohren angetroffen



Wasserstand im Bohrloch



Ruhegrundwasserspiegel in der Messstelle am ...



Grundwasser beim Bohren angetroffen und Anstieg  
auf ..... nach einer Wartezeit von ... h

GWM x“      Ausbau der Bohrung zur Grundwassermessstelle  
(Nennweite 2/5“)

Inklinometer 3“      Ausbau der Bohrung zur Inklinometermessstelle, Nennweite 3“



gestrichelte Linie links der Profilsäule:  
Bohrung im Rammkernverfahren (Schappe)



Doppelstrich links der Profilsäule:  
Bohrung im Rotationsverfahren mit Doppelkernrohr  
und Spülwasserzugabe

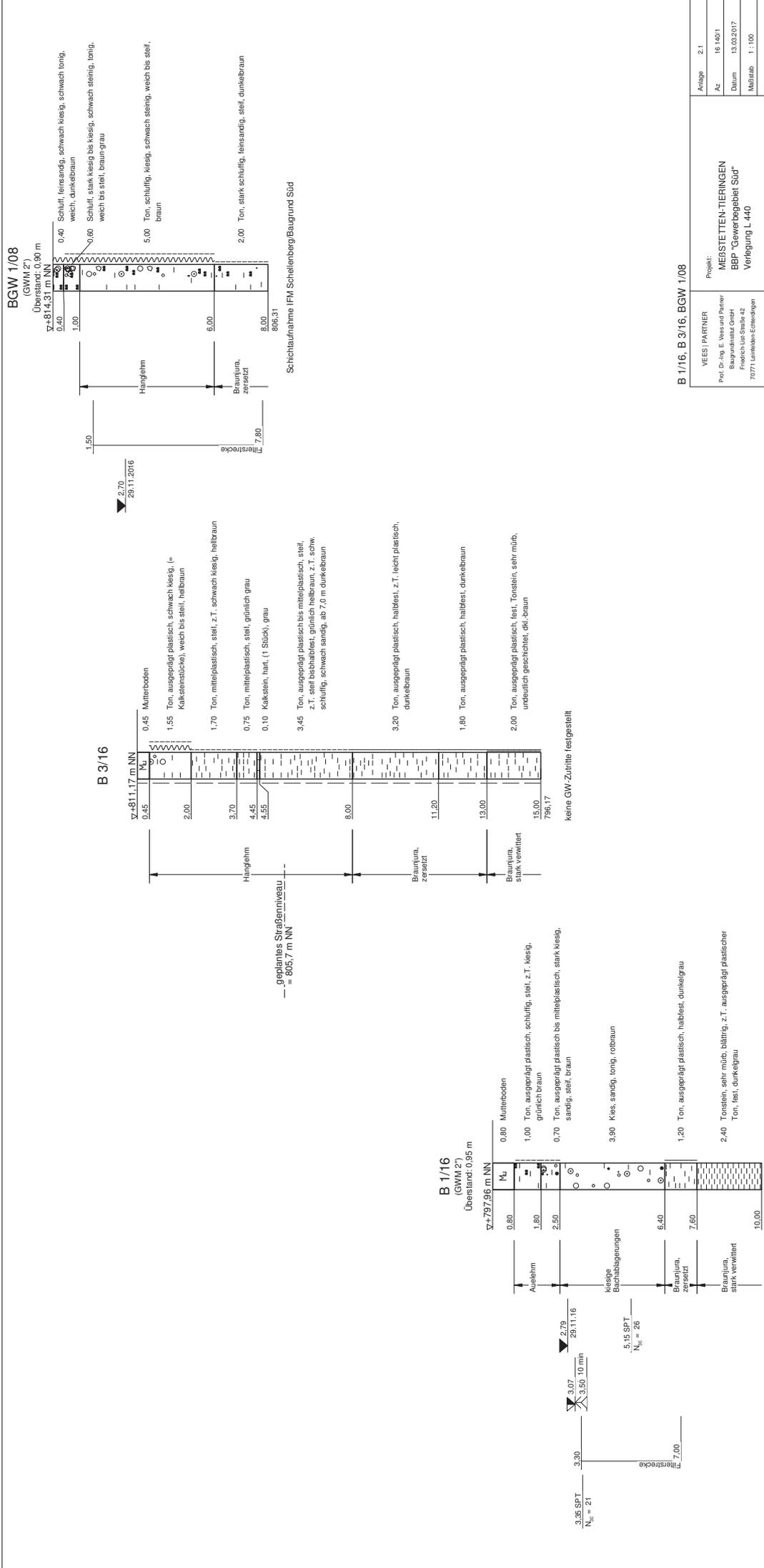
SPT      Standard Penetration Test in den Bohrungen nach  
DIN EN ISO 22476-3

N<sub>30</sub>      Schlagzahlen für 30 cm Eindringung nach der Anfangsrammung

Konsistenzen/Beschaffenheit  
(Signatur rechts der Profilsäule):

weich      steif      halbfest      fest





VEESI PARTNER	Projekt:	MEBSSTETTEN-TIERINGEN	Anlage	2.1
Peer Dr.-Ing. E. Vees und Partner Baugrundbau GmbH Friedrich-Luis-Strasse 42 70771 Linsellahn-Erding	Az	BBP Gewerbegebiet Süd Verlegung L.440	Az	16.140/1
	Datum		Datum	13.03.2017
	Mßstab		Mßstab	1 : 100
	Bezeichnet		Bezeichnet	Ba

**B 4/16**

(GWM 27)

Überstand: 0,85 m

ϕ=813,88 m NN

geplantes Straßeniveau = 813,5 m NN

29,116

1,95

1,50

7,50

4,30

3,10

1,30

0,70

15,00

788,89

11,60

12,20

9,20

7,80

6,70

4,30

3,10

1,20

0,70

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

**B 4/16**

(GWM 27)

Überstand: 0,85 m

ϕ=813,88 m NN

geplantes Straßeniveau = 813,5 m NN

29,116

1,95

1,50

7,50

4,30

3,10

1,30

0,70

15,00

788,89

11,60

12,20

9,20

7,80

6,70

4,30

3,10

1,20

0,70

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

0,10

**B 5/16**

(Mikrometer 3)

Überstand: 0,87 m

ϕ=817,12 m NN

geplantes Straßeniveau = 815,2 m NN

29,118

2,93

1,50

8,00

811,55

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

**B 4/16**

(GWM 27)

Überstand: 0,87 m

ϕ=819,55 m NN

geplantes Straßeniveau = 815,2 m NN

29,118

2,93

1,50

8,00

811,55

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

**B 4/16**

(GWM 27)

Überstand: 0,87 m

ϕ=819,55 m NN

geplantes Straßeniveau = 815,2 m NN

29,118

2,93

1,50

8,00

811,55

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

8,00

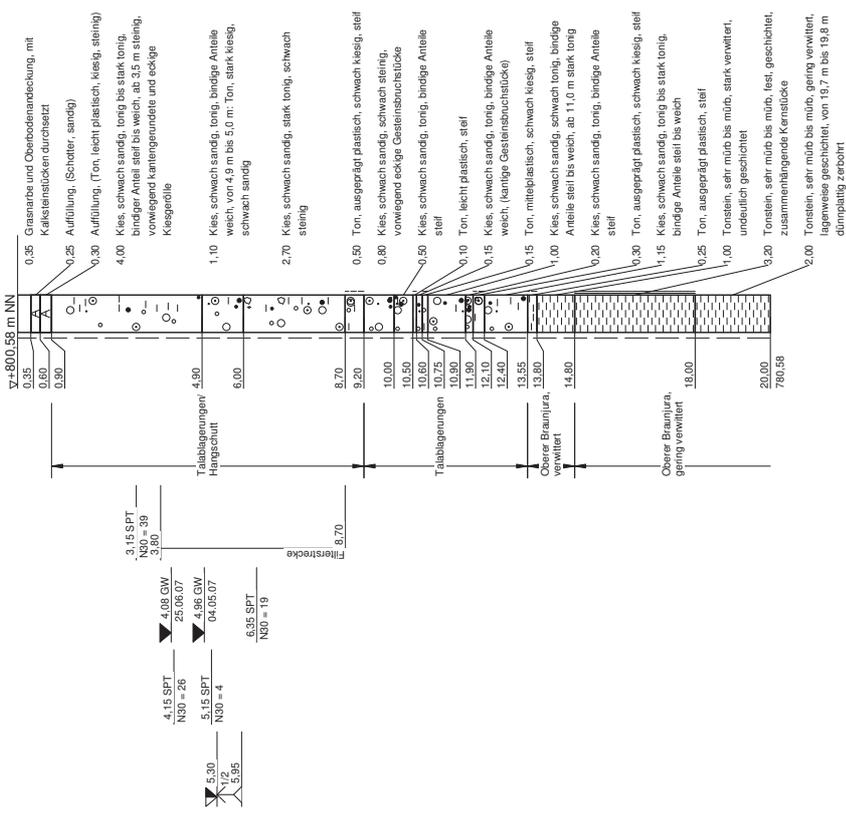
8,00

8,00

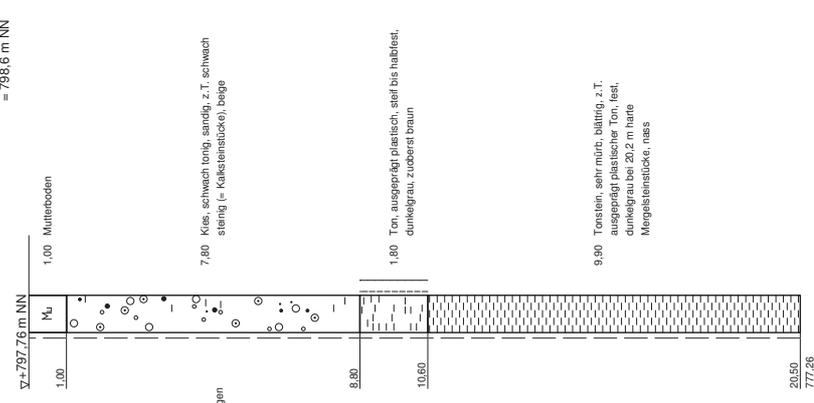
8,00



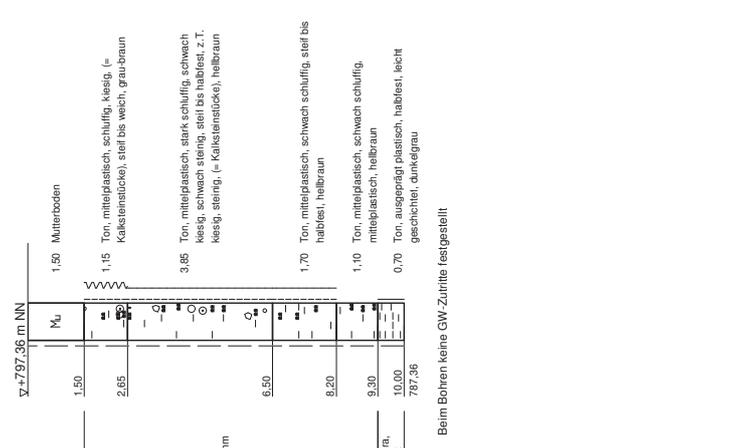
**B 4/07**  
(GWM 5)



**B 19/16**



**B 11/16**

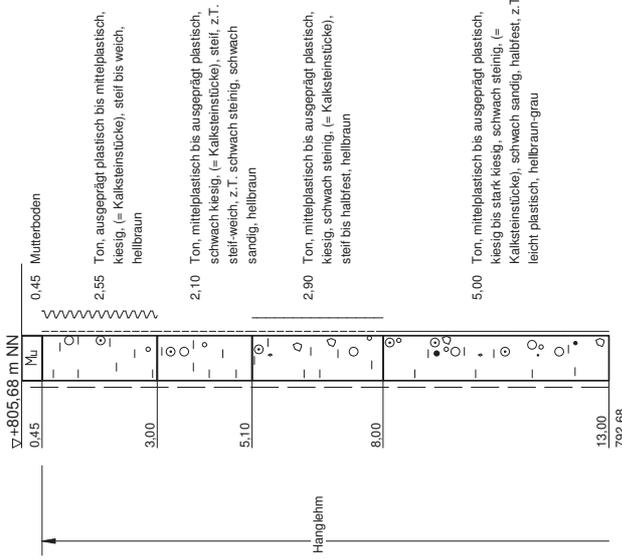


Beim Bohren keine GW-Zunitte festgestellt

**B 4/07, B 19/16, B 11/16**

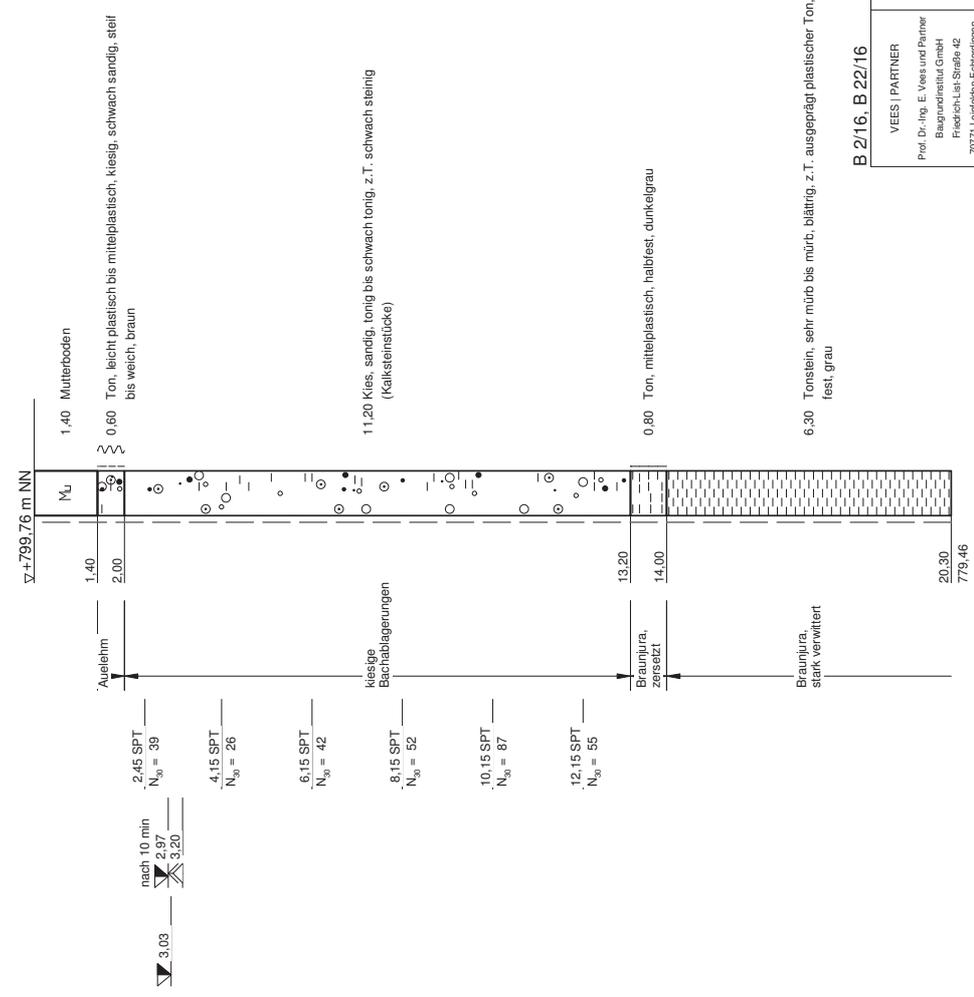
Projekt:	VEESI PARTNER	Anlage	2.4
Prof. Dr.-Ing. E. Vees und Partner Baugrund- und Geotechnik-Service 78771 Leiden-Eichenhofen	MEISSTETTEN-TIERINGEN BBP-Gewerbegebiet Süd Verfugung L 440	Az	16 140/1
		Datum	13.03.2017
		Maßstab	1 : 100
		Bohrrohr	Bs

**B 2/16**



Beim Bohren keine GW-Zutritte festgestellt

**B 22/16**



**B 2/16, B 22/16**

Projekt:	VEES   PARTNER	Anlage	2,5
	MEBSTETTEN-TIERINGEN	Az	16 140/1
	BBP "Gewerbegebiet Süd"	Datum	13.03.2017
	Verlegung L 440	Maßstab	1 : 100
		Bereitete	Bs
Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner Baugrunderstud GmbH Friedrich-List-Str. 42 70771 Untereichen-Eichteden			

**ZUSAMMENSTELLUNG DER ERMITTELTEN BODENMECHANISCHEN KENNGRÖSSEN**

Probenherkunft	Entnahmetiefe t [m]	Probenart: UP = ungestört, g = gestört	Bodenart / geologische Einstufung	Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1	Korngrößenverteilung, Kompressions- und Triaxialversuch siehe Anlage	Anteil der Kornfraktion $\varnothing \leq 0,063$ mm [%]	Natürlicher Wassergehalt $w_n$ [%]	Konsistenzgrenzen		Plastizitätszahl $I_p$ [%]	Konsistenzzahl $I_c$ [-]	Zustandsform	Klassifizierung nach DIN 18196	effektiver Reibungswinkel $\varphi$ [°]	Kohäsion (dräniert) $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]
								Fließgrenze $w_L$ [%]	Ausrollgrenze $w_P$ [%]						
B 1/16	1,4	g	Hanglehm	Ton, ausgeprägt plastisch			20,8	61,5	13,9	47,6	0,86	st	TA		
	4,5	g	Bachablagerung	Kies, sandig, tonig	3,6	18,3							GT		
	7,0	g	Braunjura	Ton			19,6								
B 2/16	2,0	g	Hanglehm	Ton, ausgeprägt plastisch			22,1	60,8	12,8	48,0	0,80	st	TA		
	4,0	g				14,0									
	6,0	g				25,3									
	8,0	g			Ton			18,1							
	10,0	g				26,3									
	12,0	g				12,2									
B 3/16	2,0	g	Hanglehm	Ton, ausgeprägt plastisch			21,6	61,1	12,3	48,8	0,81	st	TA		
	4,0	g					22,1	58,8	13,8	45,0	0,82	st	TA	24,7	16,7
	6,3	g					19,3	56,8	15,1	41,7	0,90	st	TA		
	8,0	g	Braunjura	Ton			21,5								
	10,0	g					22,2								
	12,0	g					18,2								
	14,0	g					17,1								

br = breiig; sw = sehr weich,  
 w = weich; st = steif;  
 hf = halbfest; f = fest







**ZUSAMMENSTELLUNG DER ERMITTELTEN BODENMECHANISCHEN KENNGRÖSSEN**

Probenherkunft	Entnahmetiefe t [m]	Probenart: UP = ungestört; g = gestört	Bodenart / geologische Einstufung	Bezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1	Korngrößenverteilung, Kompressions- und Triaxialversuch siehe Anlage	Anteil der Kornfraktion $\phi \leq 0,063$ mm [%]	Natürlicher Wassergehalt $w_n$ [%]	Konsistenzgrenzen		Plastizitätszahl $I_p$ [%]	Konsistenzzahl $I_c$ [-]	Zustandsform  br = breigi; sw = sehr weich, w = weich; st = steif; hf = halbfest; f = fest	Klassifizierung nach DIN 18196	effektiver Reibungswinkel $\phi$ [°]	Kohäsion (dräniert) $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]
						Fließgrenze $w_L$ [%]	Ausrollgrenze $w_P$ [%]								
BGW 1/08	1,1- 1,8	g	Hanglehm	Ton		83,5	19,2								
	3,0- 3,3	g		Ton, mittelplastisch			21,8	43,5	13,4	30,1	0,72	w	TM	21,8	8,0
	4,5- 5,0	g		Ton			16,9								
	6,3- 6,6	g	Braunjura	Ton, mittelplastisch			19,1	49,5	16,4	33,1	0,92	dt	TM		
BGW 2/08	0,4- 0,6	g	Hanglehm	Ton			26,0								
	1,4- 1,6	g		Ton			20,5								
	3,0-33	g		Ton, mittelplastisch			21,9	43,3	17,1	26,2	0,82	st	TM	22,8	10,0
	5,0- 5,3	g	Braunjura	Ton			25,0	①	②						
	7,5- 7,7	g		Ton, ausgeprägt plastisch		89,8	18,0	55,2	17,8	37,4	0,99	st	TA		
BGW 3/08	3,0- 3,3	g	Hanglehm	Ton			13,3								
	5,1- 5,5	g	Braunjura				14,4								
BGW 4/08	2,7- 3,8	g	Auelehm	Ton			12,5								
	4,0- 4,4	g					16,9								
	5,5- 6,0	g	Bachablagerungen	Schluff, stark kiesig, feinsandig, schwach steinig			7,5								

Daten übernommen aus Gutachten IFM Schellenberg vom 14.11.2008:

① Feuchtwichte  $\gamma = 2,051$  kN/m<sup>3</sup>

② Einaxiale Druckfestigkeit  $\sigma_u = 0,2$  N/mm<sup>2</sup>

**VEES | PARTNER**

Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
70771 Leinfelden-Echterdingen

Bearbeiter: Pj

Datum: 13.12.2016

**Körnungslinien**  
**MEßSTETTEN-TIERINGEN**  
**BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440**

AZ 16140/1

Probe entnommen am: Oktober/November 2016

Art der Entnahme: gestört

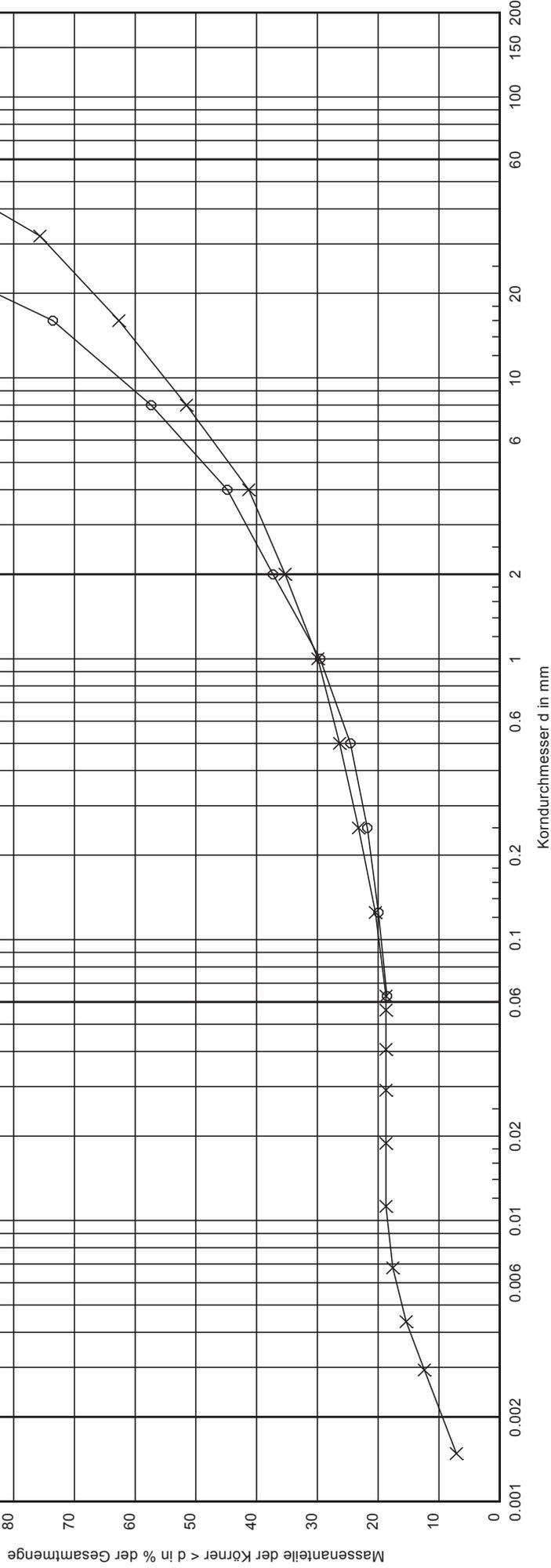
Arbeitsweise: DIN 18123:2011-04 \*

**Schlammkorn**

Feinstes  
Fein-  
Mittel-  
Grob-

**Siebkorn**

Fein-  
Mittel-  
Grob-  
Sandkorn  
Fein-  
Mittel-  
Grob-  
Kieskorn  
Mittel-  
Grob-  
Steine



Legende:	○	B 1/16
Entnahmestelle:		4,5 m
Entnahmetiefe:		-/-
U/Cc:		Kies, sandig, schluffig
nach DIN EN ISO 14688-1:		G <sub>T</sub>
nach DIN 18 196:		18,3
Feinanteil < 0,06 mm (%):		18,7

**Bemerkungen:**  
\* Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation

Anlage 3.6 zum Geotechnischen Bericht vom 13.03.2017

**VEES | PARTNER**

Prof. Dr.-Ing. E. Vees und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
70771 Leinfelden-Echterdingen

Bearbeiter: Pj Datum: 13.12.2016

**Körnungslinien**  
**MEßSTETTEN-TIERINGEN**  
BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440

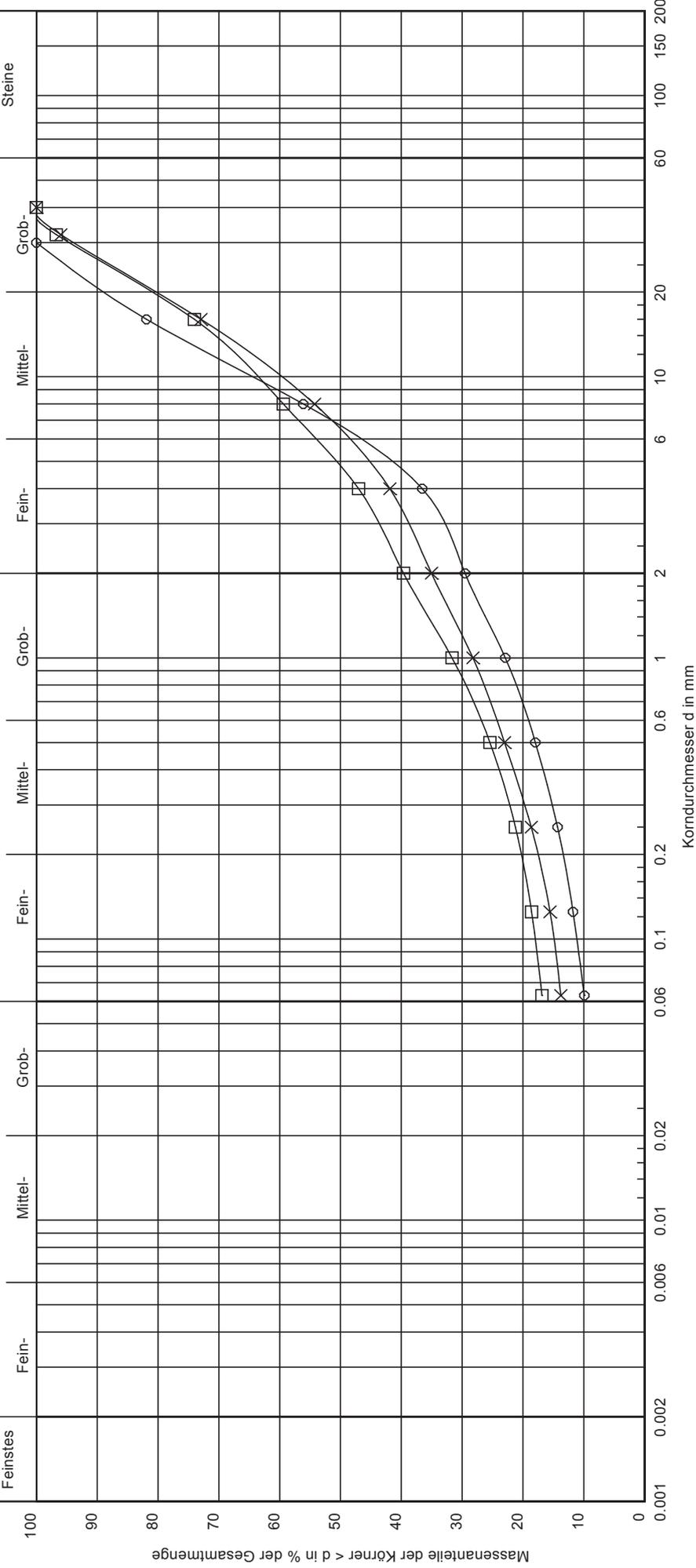
AZ 16140/1  
Probe entnommen am: Oktober/November 2016  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: DIN 18123:2011-04 \*

**Schlammkorn**

Feinstes Fein- Mittel- Grob-

**Siebkorn**

Fein- Mittel- Grob- Sandkorn Fein- Mittel- Grob- Kieskorn Fein- Mittel- Grob- Steine



Legende:

	B 19/16
	B 22/16
	B 22/16

Entnahmestelle:	B 19/16		B 22/16
Entnahmetiefe:	3,0 m - 4,0 m	3,0 m - 4,0 m	11,0 m - 12,0 m
U/Cc:	137.0/7.8	-/-	-/-
nach DIN EN ISO 14688-1:	Kies, sandig, schwach tonig	Kies, sandig, schwach tonig	Kies, sandig, tonig
nach DIN 18 196:	GT	GT	GT
Feinanteil < 0,06 mm (%):	9,9	13,8	16,9

**Bemerkungen:**  
\* Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile < 0,063 mm

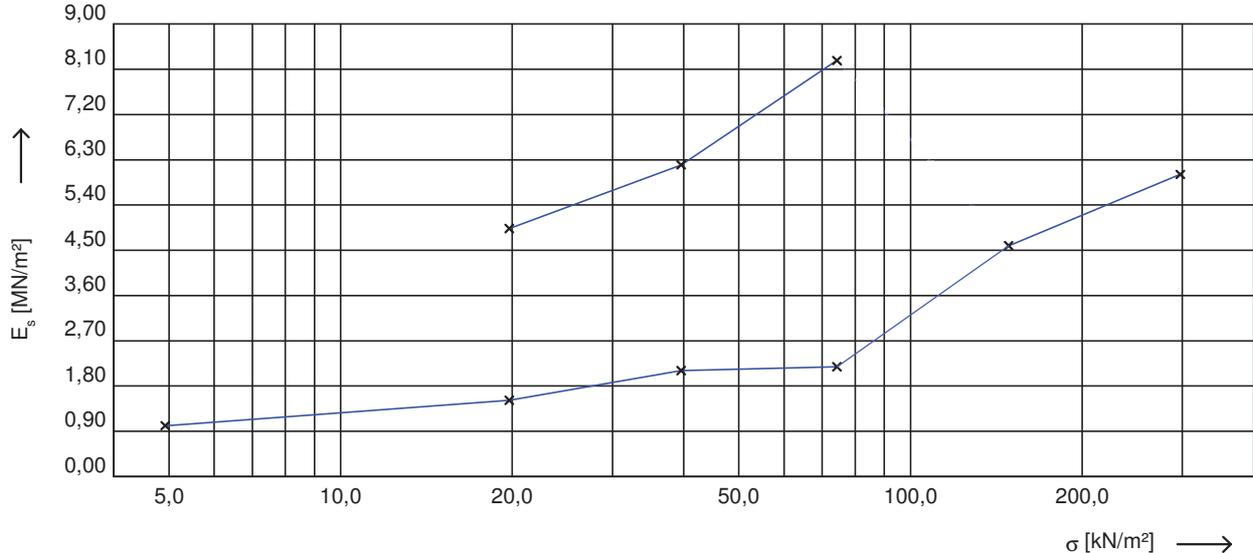
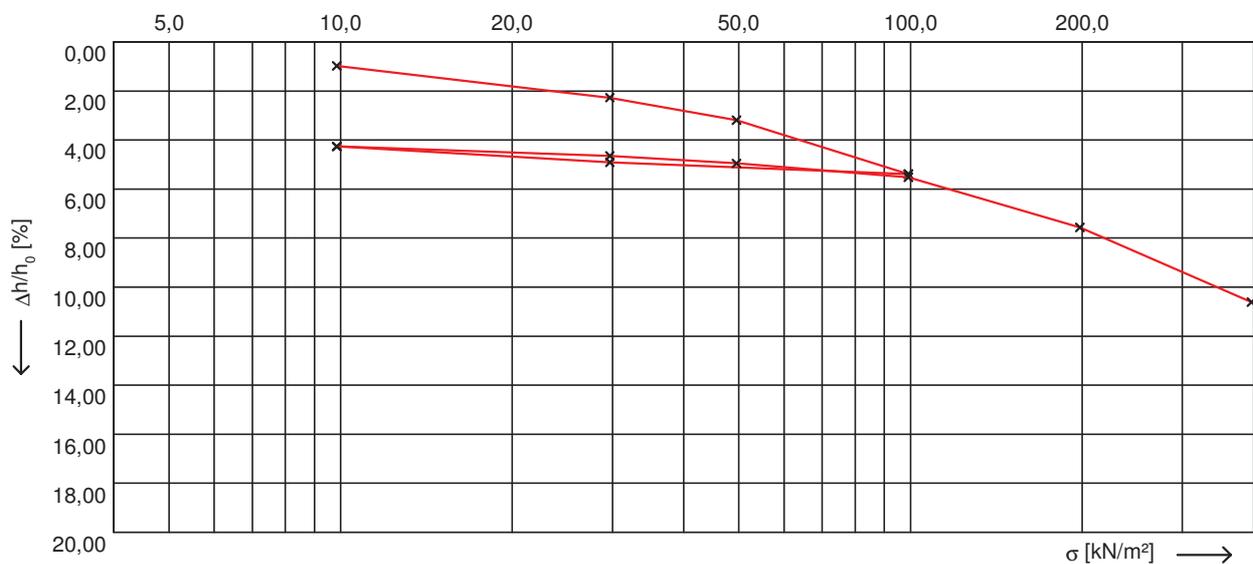
### Kompressionsversuch bei behinderter Seitenausdehnung Drucksetzungsdiagramm / Steifemodul

Prüfungs-Nr. : 16 140; B 6/16; 2,0 m; ungestört  
 Bauvorhaben : Meßstetten-Tieringen  
 BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440  
 Ausgeführt durch : Ri/AB/TP  
 am : 17.11 bis 28.11  
 Bemerkung : Laststufe Sigma = kN/m<sup>2</sup>  
 log. Maßstab

Entnahmestelle : B 6/16  
 Station :  
 Entnahmetiefe : 2,0 m unter GOK  
 Bodenart : Ton, ausgeprägt plastisch, steif  
 Art der Entnahme : Bohrkern  
 Entnahme am : durch :

Wassergehalt (nat.) $W_n$ :	20,00	Höhe [cm]:	2,00
-bindevermögen $W_b$ :	0,00	Durchm. [cm]:	7,10
-bindegrad $W_{bg}$ :	0,00	Fläche [cm <sup>2</sup> ]:	39,59

Probenbezeichnung :  
 Probenart : ungestört



#### Steifemodul nach E-DIN 18135 (1999-06)

Erstbelastung				Wiederbelastung			
Von $\sigma$	0,00 bis $\sigma$	9,85 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	1010,31 kN/m <sup>2</sup>	Von $\sigma$	9,85 bis $\sigma$	29,68 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	4930,55 kN/m <sup>2</sup>
Von $\sigma$	9,85 bis $\sigma$	29,68 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	1516,14 kN/m <sup>2</sup>	Von $\sigma$	29,68 bis $\sigma$	49,51 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	6198,79 kN/m <sup>2</sup>
Von $\sigma$	29,68 bis $\sigma$	49,51 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	2106,22 kN/m <sup>2</sup>	Von $\sigma$	49,51 bis $\sigma$	99,14 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	8276,24 kN/m <sup>2</sup>
Von $\sigma$	49,51 bis $\sigma$	99,14 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	2184,00 kN/m <sup>2</sup>	Von $\sigma$	99,14 bis $\sigma$	198,27 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	4591,38 kN/m <sup>2</sup>
Von $\sigma$	bis $\sigma$	kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	kN/m <sup>2</sup>	Von $\sigma$	198,27 bis $\sigma$	396,55 kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	6009,29 kN/m <sup>2</sup>
Von $\sigma$	bis $\sigma$	kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	kN/m <sup>2</sup>	Von $\sigma$	bis $\sigma$	kN/m <sup>2</sup> : $E_s$	kN/m <sup>2</sup>

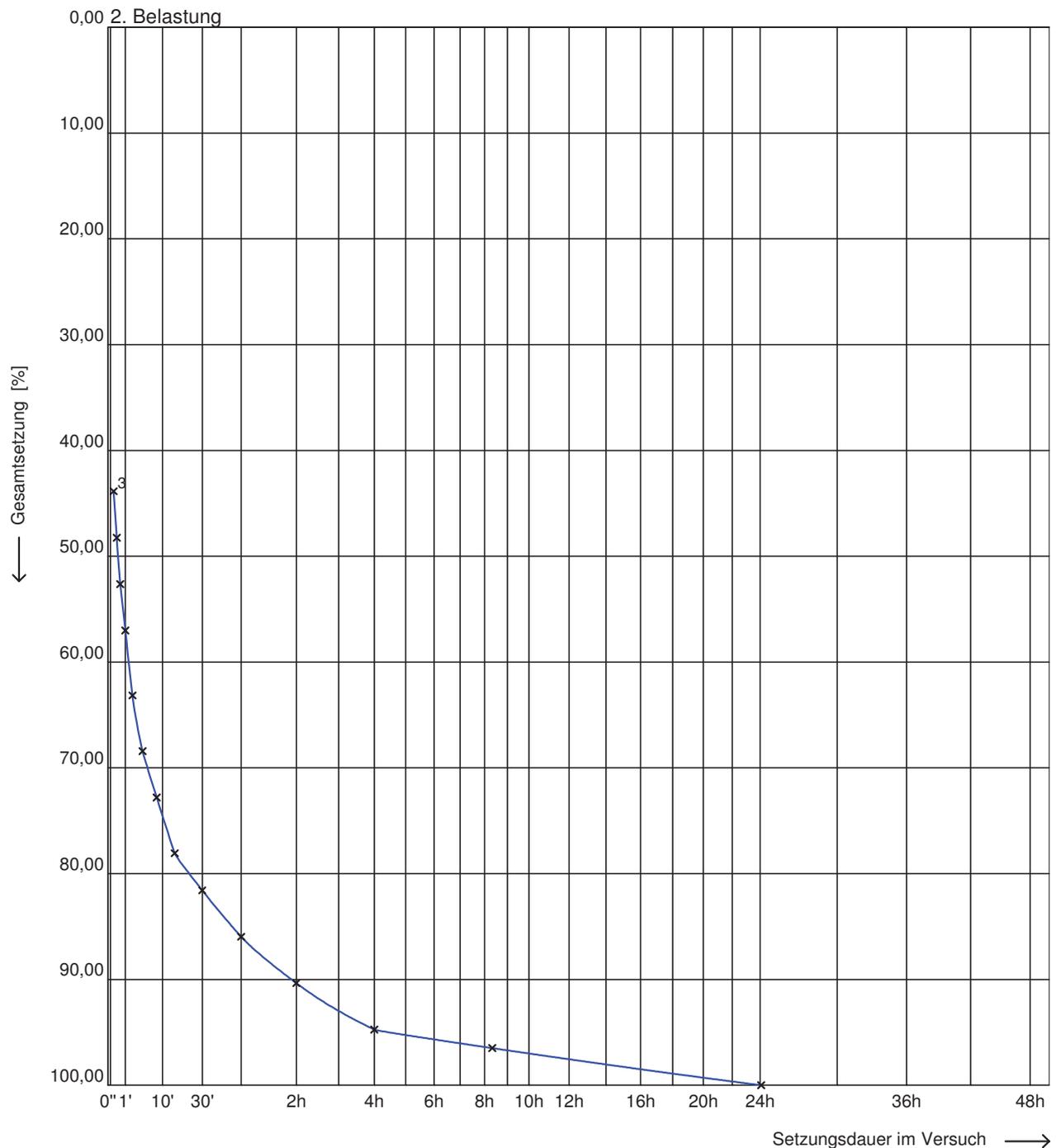
### Kompressionsversuch bei behinderter Seitenausdehnung Zeitsetzungsdiagramm

Prüfungs-Nr. : 16 140; B 6/16; 2,0 m; ungestört  
 Bauvorhaben : Meßstetten-Tieringen  
 BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440  
 Ausgeführt durch : Ri/AB/TP  
 am : 17.11 bis 28.11  
 Bemerkung : Laststufe Sigma = kN/m<sup>2</sup>  
 log. Maßstab

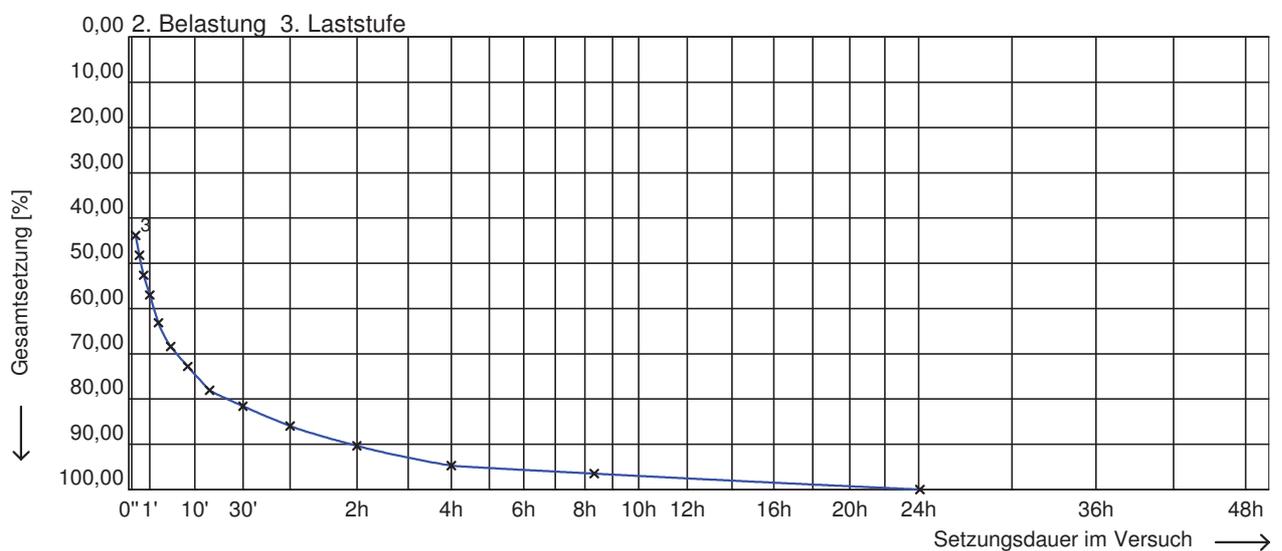
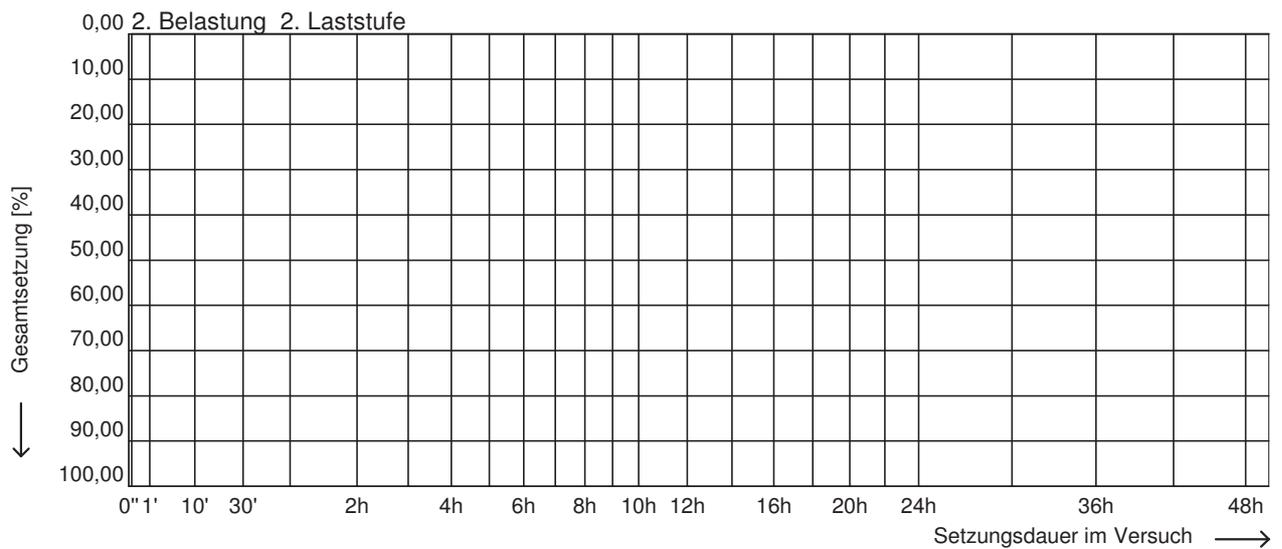
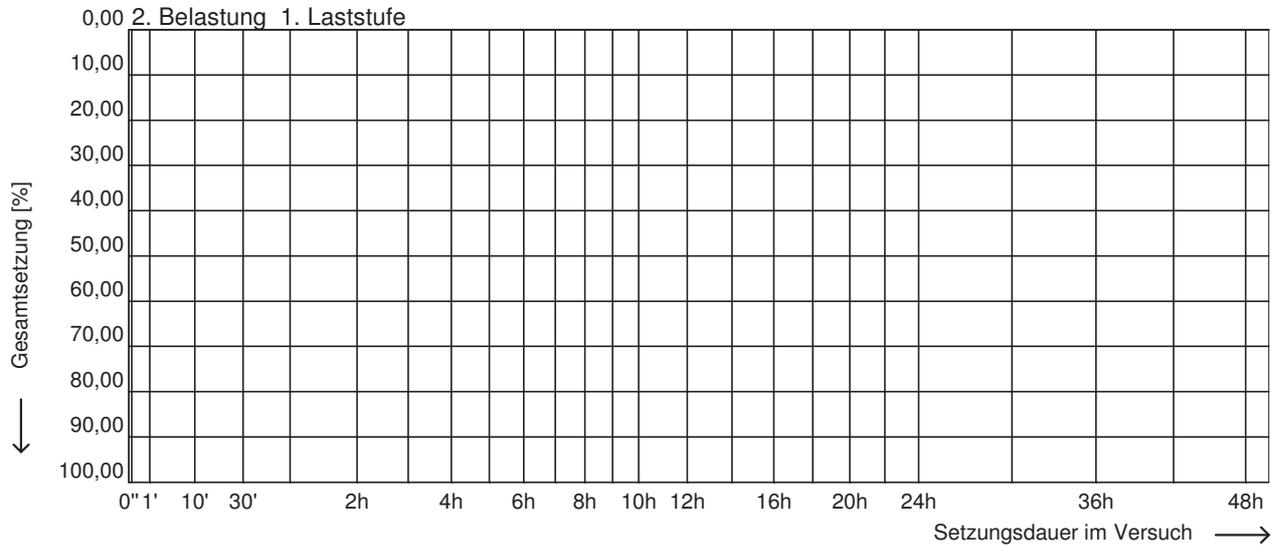
Entnahmestelle : B 6/16  
 Station :  
 Entnahmetiefe : 2,0 m unter GOK  
 Bodenart : Ton, ausgeprägt plastisch, steif  
 Art der Entnahme : Bohrkern  
 Entnahme am : durch :

Wassergehalt (nat.) $W_n$ :	20,00	Höhe [cm]:	2,00
-bindevermögen $W_b$ :	0,00	Durchm. [cm]:	7,10
-bindegrad $W_{bg}$ :	0,00	Fläche [cm <sup>2</sup> ]:	39,59

Probenbezeichnung :  
 Probenart : ungestört



### Kompressionsversuch bei behinderter Seitenausdehnung Zeitsetzungsdiagramm



**Kompressionsversuch**  
 bei behinderter Seitenausdehnung  
 Versuchsprotokoll

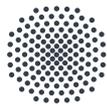
Prüfungs-Nr. : 16 140; B 6/16; 2,0 m; ungestört  
 Bauvorhaben : Meßstetten-Tieringen  
 BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440  
 Ausgeführt durch : Ri/AB/TP  
 am : 17.11 bis 28.11  
 Bemerkung : Laststufe Sigma = kN/m<sup>2</sup>  
 log. Maßstab

Entnahmestelle : B 6/16  
 Station :  
 Entnahmetiefe : 2,0 m unter GOK  
 Bodenart : Ton, ausgeprägt plastisch, steif  
 Art der Entnahme : Bohrkern  
 Entnahme am : durch :

Wassergehalt (nat.)  $W_n$  : 20,00  
 -bindevermögen  $W_b$  : 0,00  
 -bindegrad  $W_{bg}$  : 0,00  
 Höhe [cm]: 2,00  
 Durchm. [cm]: 7,10  
 Fläche [cm<sup>2</sup>]: 39,59

Probenbezeichnung :  
 Probenart : ungestört

Datum	Uhrzeit	Last [N] Hebel 1 : 5,00	Ableseung $\Delta h$ [mm]	$\Sigma \Delta h$ [mm]	$\frac{\Sigma \Delta h}{h_{i-1}}$ [%]	$\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta h = f(t)$ [mm]	$\Delta h = f(t)$ [%] von 5	Seite 1 $\Sigma t$
			Endsetzung $\Sigma \Delta h / h_0 = f(\sigma)$			Zeitsetzung $\Delta h = f(t)$ je Laststufe			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17.11.16	09:15:00		4,000						
18.11.16	09:15:00	7,8	4,195	0,195	0,98	9,9	0,195	100,00	1 d
19.11.16	09:50:00	23,5	4,454	0,454	2,27	29,7	0,259	100,00	1 d 35 m
20.11.16	09:50:00	39,2	4,638	0,638	3,19	49,5	0,184	100,00	1 d
21.11.16	09:50:00	78,5	5,078	1,078	5,39	99,1	0,440	100,00	1 d
22.11.16	09:50:00	23,5	4,982	0,982	4,91	29,7	-0,096	100,00	1 d
23.11.16	09:50:00	7,8	4,852	0,852	4,26	9,9	-0,130	100,00	1 d
24.11.16	09:50:00	23,5	4,929	0,929	4,65	29,7	0,077	100,00	1 d
25.11.16	09:55:00	39,2	4,990	0,990	4,95	49,5	0,061	100,00	1 d 5 m
	09:55:06	78,5	5,040				0,050	43,86	
	09:55:15		5,045				0,055	48,25	
	09:55:30		5,050				0,060	52,63	
	09:56:00		5,055				0,065	57,02	
	09:57:00		5,062				0,072	63,16	
	09:59:00		5,068				0,078	68,42	
	10:03:00		5,073				0,083	72,81	
	10:10:00		5,079				0,089	78,07	
	10:25:00		5,083				0,093	81,58	
	10:55:00		5,088				0,098	85,96	
	11:55:00		5,093				0,103	90,35	
	13:55:00		5,098				0,108	94,74	
	18:15:00		5,100				0,110	96,49	
26.11.16	10:00:00		5,104	1,104	5,52	99,1	0,114	100,00	1 d 5 m
27.11.16	13:15:00	157,0	5,512	1,512	7,56	198,3	0,408	100,00	1 d 3 h
28.11.16	14:45:00	314,0	6,122	2,122	10,61	396,5	0,610	100,00	1 d 1 h



Universität Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann • Universität Stuttgart  
Institut für Geotechnik • Pfaffenwaldring 35 • 70569 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
Friedrich-List Straße 42  
70771 Leinfelden-Echterdingen



**Institut für Geotechnik**

Boden- und Felsmechanik,  
Erd- und Grundbau,  
Fels- und Tunnelbau  
Spezialtiefbau,  
Umweltgeotechnik

**Direktor**

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.  
Christian Moormann

**Ansprechpartner**

AOR Dipl.-Ing. Bernd Zweschper

**Kontakt**

Pfaffenwaldring 35  
70569 Stuttgart  
T 0711 685-63772  
F 0711 685-62439  
bernd.zweschper@igs.uni-stuttgart.de  
www.uni-stuttgart.de/igs/

**Aktenzeichen**

L16-017

15. Dezember 2016

## Laborbericht L16-017

### **BV „Meßstetten-Tieringen, L440“ (Ihr Az 16 140):**

### **Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden im undrännierten konsolidierten Triaxialversuch (Versuch DIN 18137 – CU)**

Auftraggeber: Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
Friedrich-List Straße 42  
70771 Leinfelden-Echterdingen

Bericht vom: 15.12.2016

Textseiten: 3

Anlagen: 6 Seiten

Bearbeiter: AOR Dipl.-Ing. B. Zweschper

**Bank**

Baden-Württembergische Bank  
Stuttgart – BW-Bank

**IBAN**

DE51 6005 0101 7871 5216 87

**SWIFT/BIC**

SOLADEST600

**Umsatzsteuer-IdNr.**

DE147794196



## 1. Veranlassung

Zu Ihrem Projekt "Meißstetten-Tieringen, L440" (Ihr Az 16 140) übergaben Sie uns am 17.11.2016 zwei ungestört aus Erkundungsbohrungen entnommene Bodenproben in Stahlhülsen und beauftragten uns auf Grundlage unseres Angebots A16-074 vom 17.11.2016 mit der Durchführung und der Auswertung von je einer Serie von undrännierten, konsolidierten Triaxialversuchen zur Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden nach DIN 18137. Die Proben hatten Sie wie folgt bezeichnet:

Meißstetten-Tieringen, L440, B3: 4,0 – 4,3 m (Bodenprobe in Stahlhülse)  
Meißstetten-Tieringen, L440, B6: 2,0 – 2,3 m (Bodenprobe in Stahlhülse)

## 2. Prüfungsumfang

Im Einzelnen wurden im Rahmen der Beauftragung von uns folgende Laborleistungen erbracht:

- Bestimmung der Scherfestigkeit von Böden im undrännierten, konsolidierten Triaxialversuch (Versuch DIN 18137 – CU),  
2 Versuchsserien, schlanke Prüfkörper mit  $d = 36 \text{ mm}$

Im Allgemeinen besteht eine Versuchsserie aus jeweils drei Einzelversuchen an gleichartigen Prüfkörpern, wobei der während des Abschervorgangs jeweils konstant gehaltene Zelldruck bei den drei Einzelversuchen variiert wird.

Im Fall der Probe „B6: 2,0 bis 2,3 m“ war es aufgrund der Beschaffenheit der Probe nicht möglich, drei gleichartige Prüfkörper herauszuarbeiten. In der feinkörnigen, tonig-schluffigen Matrix waren einzelne Gerölle mit Korngrößen bis etwa 4 cm eingelagert. Die Versuchsserie besteht für diese Probe daher aus nur zwei Einzelversuchen.

Die Prüfkörper wurden gesättigt, konsolidiert und anschließend unter den Randbedingungen eines CU-Versuchs gemäß DIN 18137 Teil 2 abgeschert. Als axiale Vorschubgeschwindigkeit wurde in allen Einzelversuchen 0,04 mm/min. gewählt.

## 3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der beiden Versuchsserien wurden normgemäß ausgewertet. Im Anhang sind die Versuchsergebnisse als Arbeitslinien, Spannungspfade und  $\Delta u, \varepsilon_1$ -Diagramme grafisch dargestellt.

Bei Prüfkörper „3“ der Versuchsserie „B3 / 4,0 – 4,3 m“ traten zu Versuchsbeginn kurzzeitig Probleme mit der Messung des Porenwasser-

drucks auf, die wenig später behoben werden konnte. Die Auswertung des Versuchs im Hinblick auf die Scherparameter wird dadurch nicht beeinträchtigt.



Institut für Geotechnik

Tabelle 1 fasst die Prüfkörpereigenschaften und die ermittelten effektiven Scherparameter zusammengefasst. Bedingt durch Schwankungen in der Materialbeschaffenheit der Prüfkörper einer Serie ist die Darstellung der Mohr-Coulomb'schen Grenzbedingung in Form einer geraden Umhüllenden unter gleichberechtigter Berücksichtigung aller Einzelversuche einer Serie hier nur bedingt möglich. Die Auswertung erfolgt vor diesem Hintergrund konservativ, d.h. es werde für die Ableitung der effektiven Scherparameter jeweils nur die Einzelversuche verwendet, für die sich die kleineren Werte der effektiven Scherparameter ergeben.

Tabelle 1: Wassergehalte und Dichten der Prüfkörper sowie aus den Ergebnissen der Triaxialversuche abgeleitete Werte der effektiven Scherparameter

Probe Prüfkörper	B6 / 2,0 – 2,3 m		B3 / 4,0 – 4,3 m		
	1	2	1	2	3
Wassergehalt $w$ [%]	21,0	20,8	23,2	21,3	21,0
Dichte $\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	2,000	2,019	2,053	2,058	2,082
Trockendichte $\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	1,653	1,672	1,667	1,696	1,721
eff. Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	24,5		24,7		
eff. Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	9,3		16,7		

Zur Beantwortung von Rückfragen stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung.

Dipl.-Ing. B. Zweschper  
Sachbearbeiter

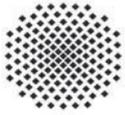
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ch. Moormann  
Institutsleiter



**Bestimmung der Scherfestigkeit - Triaxialversuch**

(Versuch nach DIN 18137 - CU) mit Backpressure  
mit Porenwasserdruck-Messung

Projekt:		Meßstetten-Tieringen, L440: B6 / 2,0 - 2,3 m			
Laborant:	AM	<b>Zelle:</b>	<b>Versuch 1</b>	<b>Versuch 2</b>	<b>Versuch 3</b>
Datum:	28.11.2016	<b>Aufschluss :</b>	1	2	
Labor_Nr.	L16-017	<b>Tiefe:</b>	B6	B6	
<b>Vor dem Versuch :</b>		<b>Besonderheiten:</b>	2,00-2,30m	2,00-2,30m	
			Prüfkörper aus UP herausgearbeitet		
Höhe der Probe	h [cm]		9,00	9,00	
Durchmesser der Probe	d [cm]		3,55	3,45	
Masse der Probe (Entnahme, Herstellung)	m [g]		178,20	169,90	
Wassergehalt (Einbau)	w <sub>E</sub> [%]		21,0	20,8	
Dichte	ρ [g/cm <sup>3</sup> ]		2,000	2,019	
Trockendichte	ρ <sub>d</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]		1,653	1,672	
Korndichte	ρ <sub>s</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]		2,690	2,690	
Porenzahl	e [-]		0,627	0,609	
Porenanteil	n [-]		0,385	0,378	
Sättigungszahl	S <sub>r</sub> [%]		90,1	91,8	
Sättigungsdruck ( back pressure )	u <sub>0</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		200	200	
angeg. Konsolidationsdruck σ' <sub>cm</sub> :	σ' <sub>c</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		100	200	
Zelldruck vor Abscheren	σ <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		300	400	
effektiver Seitendruck	σ' <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		100	200	
Weggeber nach Einbau	WG <sub>E</sub> [digits]				
Weggeber vor Abscheren	WG <sub>A</sub> [digits]				
B-Wert (nach der Sättigung)	B [-]				
Axiale Vorschubgeschwindigkeit	v [mm/min]		0,040	0,040	
<b>Bemerkungen :</b>		<i>Die geplante Herstellung des dritten Prüfkörpers war wegen des Grobkorngehalts der Probe nicht möglich</i>			
<b>Nach dem Versuch : Angaben über den Bruch :</b>					
Masse der Probe (Ausbau)	m [g]		181,6	170,1	
Wassergehalt (Ausbau)	w <sub>A</sub> [%]		24,2	20,8	

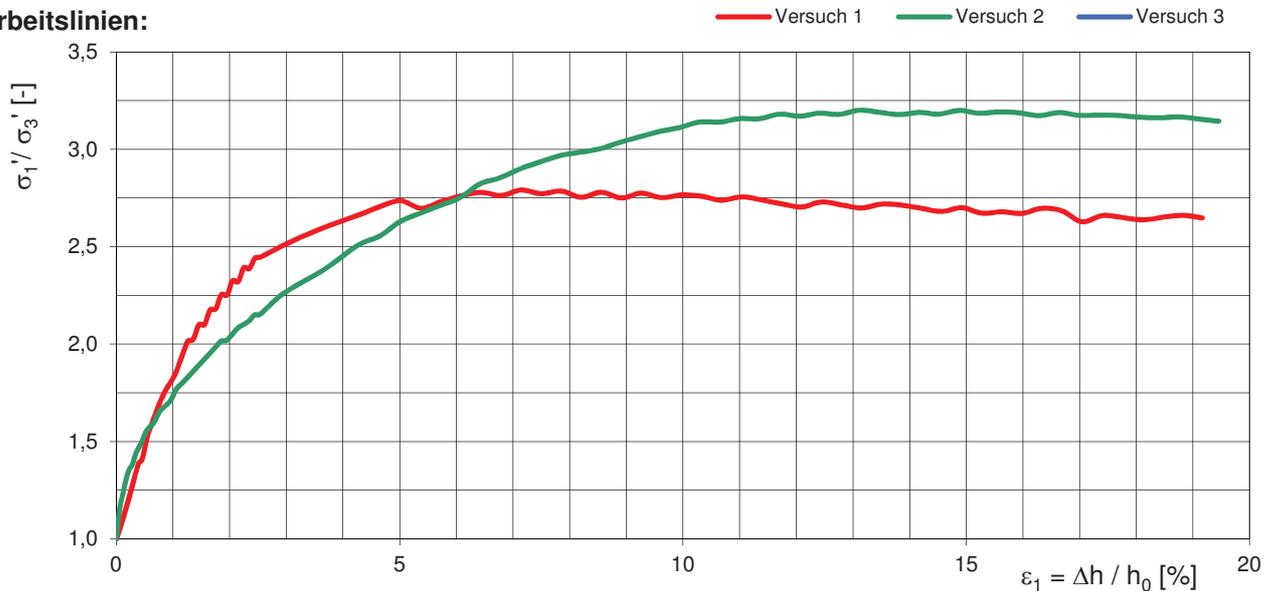


### Bestimmung der Scherfestigkeit - Triaxialversuch

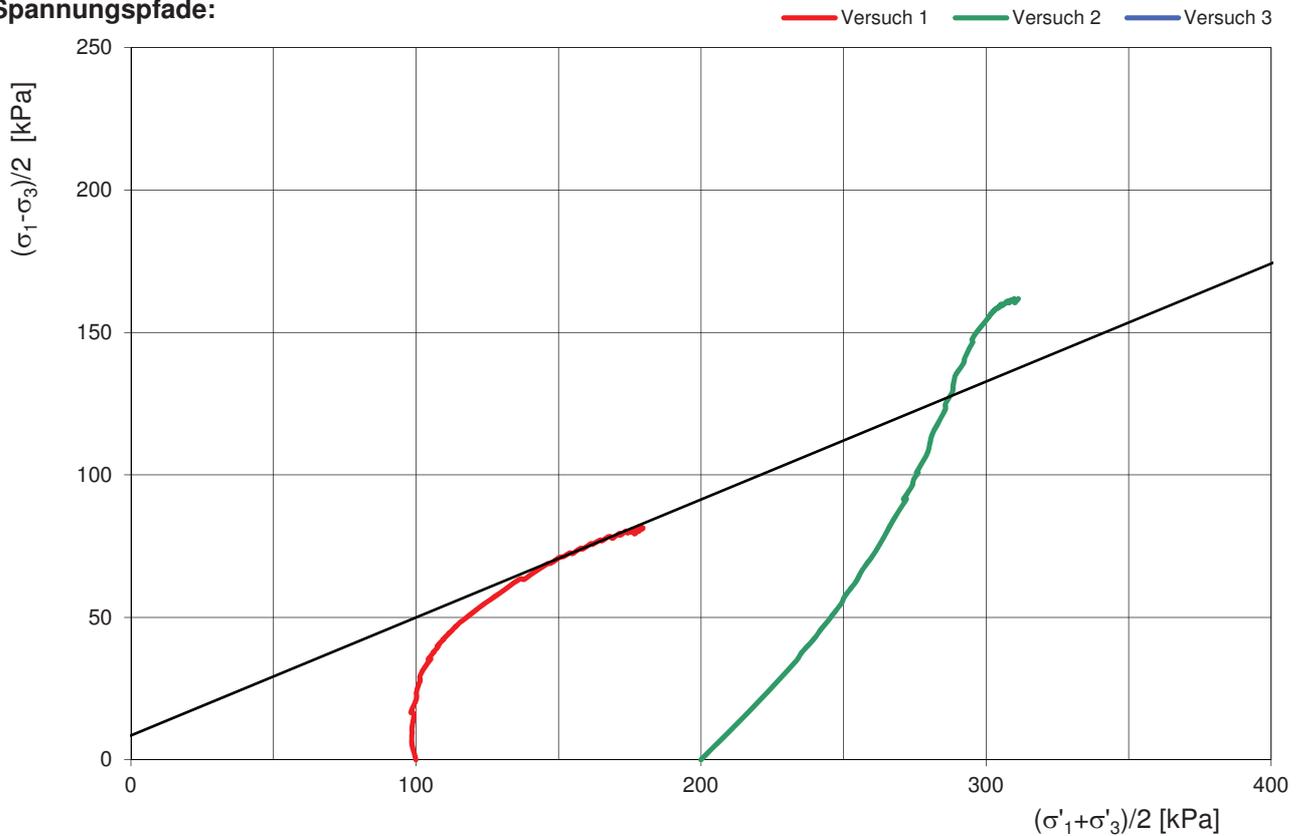
(Versuch nach DIN 18137 - CU) mit Backpressure  
mit Porenwasserdruck-Messung

Projekt: Meßstetten-Tieringen, L440: B6 / 2,0 - 2,3 m

#### Arbeitslinien:



#### Spannungspfade:



#### Scherparameter:

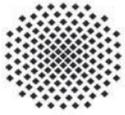
$\alpha'$  [°] = 22,5  
 $b'$  [kN/m<sup>2</sup>] = 8,5

#### Scherwinkel

$\tan \alpha' = \sin \varphi'$   
 $\varphi'$  [°] = 24,5

#### Kohäsion

$c' = b' / \cos \varphi'$   
 $c'$  [kN/m<sup>2</sup>] = 9,3

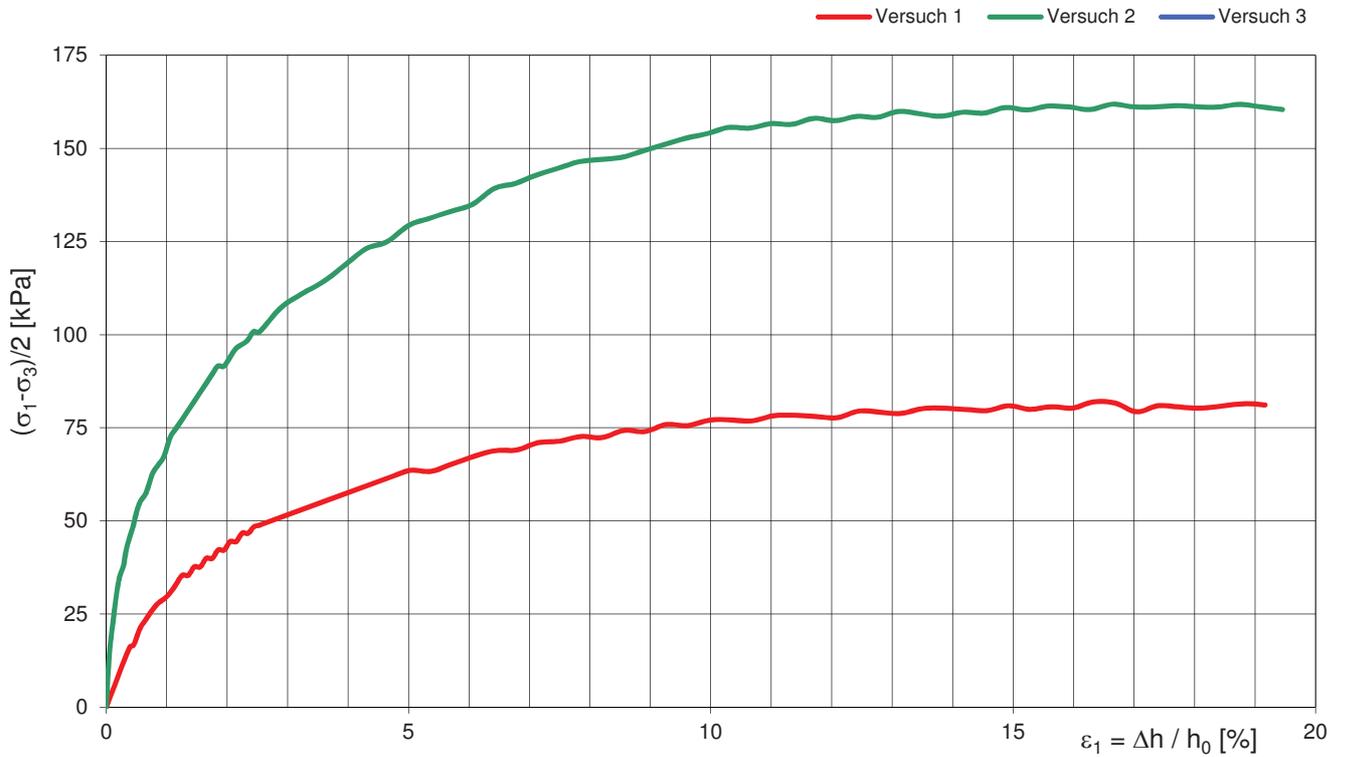


### Bestimmung der Scherfestigkeit - Triaxialversuch

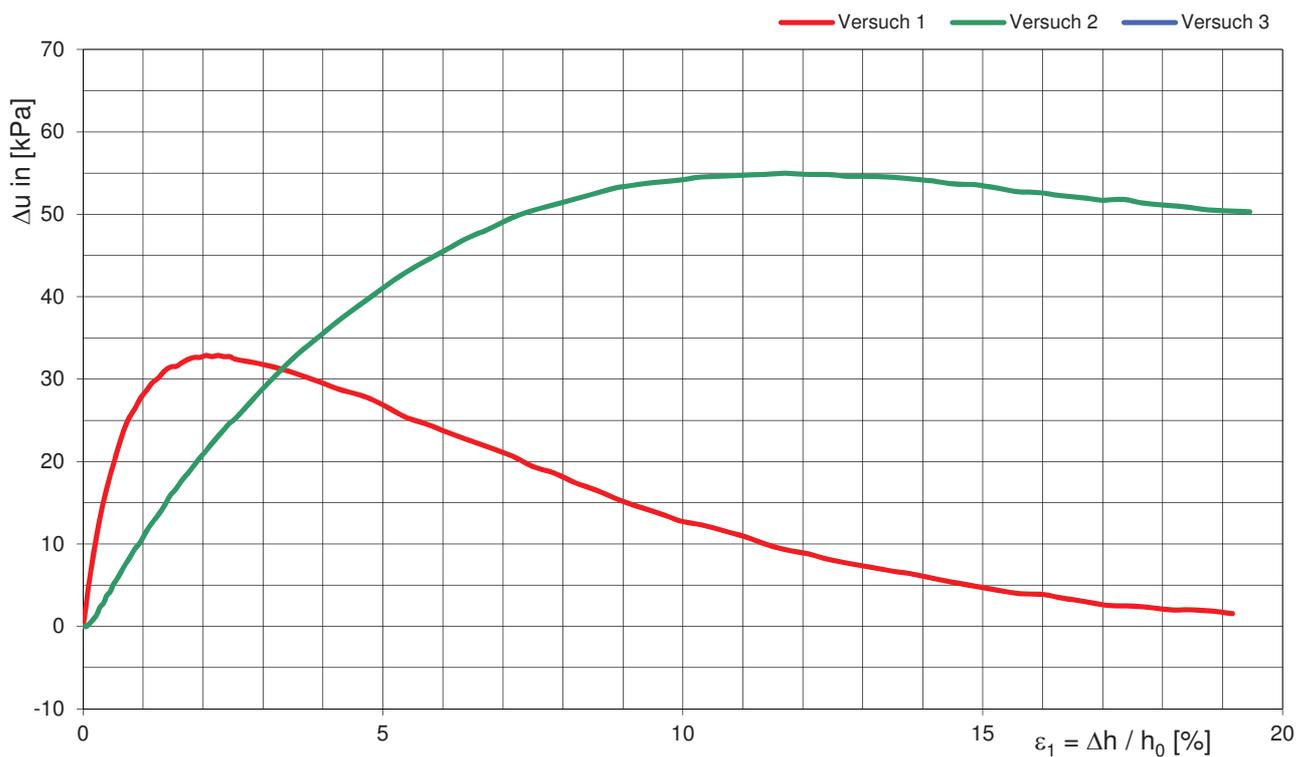
(Versuch nach DIN 18137 - CU) mit Backpressure  
mit Porenwasserdruck-Messung

Projekt: Meßstetten-Tieringen, L440: B6 / 2,0 - 2,3 m

#### Arbeitslinien:



#### $\Delta u - \epsilon_1$ - Diagramm:

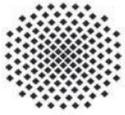




**Bestimmung der Scherfestigkeit - Triaxialversuch**

(Versuch nach DIN 18137 - CU) mit Backpressure  
mit Porenwasserdruck-Messung

Projekt:		Meßstetten-Tieringen, L440: B3 / 4,0 - 4,3 m			
Laborant:	AM	<b>Zelle:</b>	<b>Versuch 1</b>	<b>Versuch 2</b>	<b>Versuch 3</b>
Datum:	08.12.2016	<b>Aufschluss :</b>	1	2	3
Labor_Nr.	L16-017	<b>Tiefe:</b>	B3	B3	B3
<b>Vor dem Versuch :</b>		<b>Besonderheiten:</b>	4,00-4,30m	4,00-4,30m	4,00-4,30m
			Prüfkörper aus UP herausgearbeitet		
Höhe der Probe	h [cm]		9,00	9,00	9,00
Durchmesser der Probe	d [cm]		3,55	3,60	3,60
Masse der Probe (Entnahme, Herstellung)	m [g]		182,90	188,50	190,70
Wassergehalt (Einbau)	w <sub>E</sub> [%]		23,2	21,3	21,0
Dichte	ρ [g/cm <sup>3</sup> ]		2,053	2,058	2,082
Trockendichte	ρ <sub>d</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]		1,667	1,696	1,721
Korndichte	ρ <sub>s</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]		2,700	2,700	2,700
Porenzahl	e [-]		0,620	0,592	0,569
Porenanteil	n [-]		0,383	0,372	0,363
Sättigungszahl	S <sub>r</sub> [%]		100,9	97,3	99,5
Sättigungsdruck ( back pressure )	u <sub>0</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		200	200	200
angeg. Konsolidationsdruck σ' <sub>cm</sub> :	σ' <sub>c</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		50	100	200
Zelldruck vor Abscheren	σ <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		250	300	400
effektiver Seitendruck	σ' <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]		50	100	200
Weggeber nach Einbau	WG <sub>E</sub> [digits]				
Weggeber vor Abscheren	WG <sub>A</sub> [digits]				
B-Wert (nach der Sättigung)	B [-]				
Axiale Vorschubgeschwindigkeit	v [mm/min]		0,400	0,400	0,400
<b>Bemerkungen :</b>					
<b>Nach dem Versuch :</b> <b>Angaben über den Bruch :</b>					
Masse der Probe (Ausbau)	m [g]		183,9	188,1	189,2
Wassergehalt (Ausbau)	w <sub>A</sub> [%]		24,7	20,6	20,0

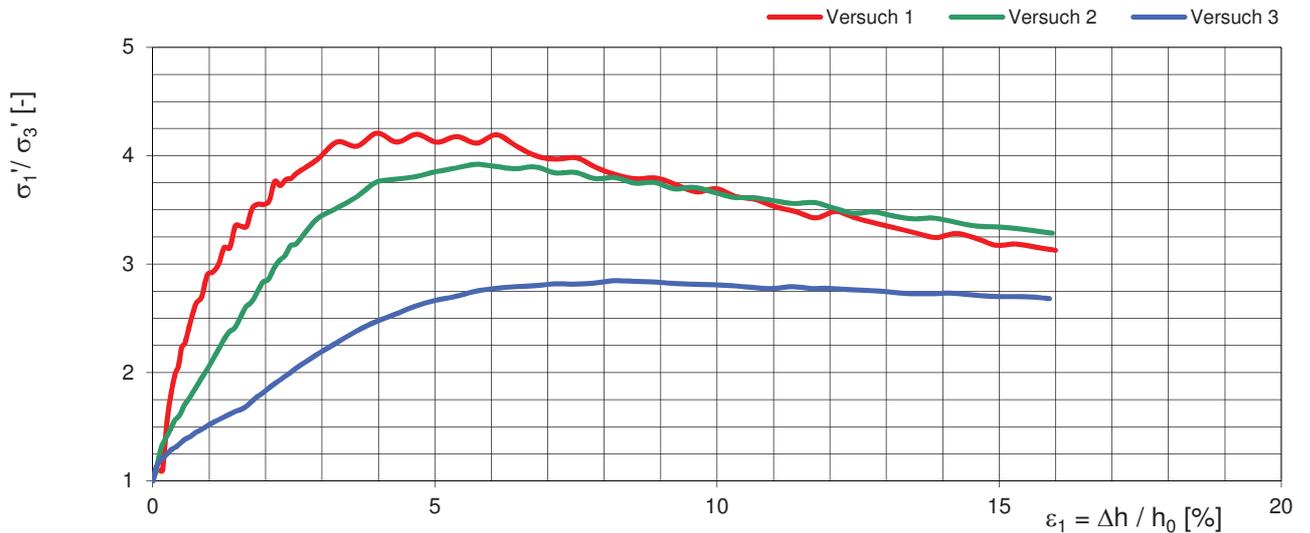


### Bestimmung der Scherfestigkeit - Triaxialversuch

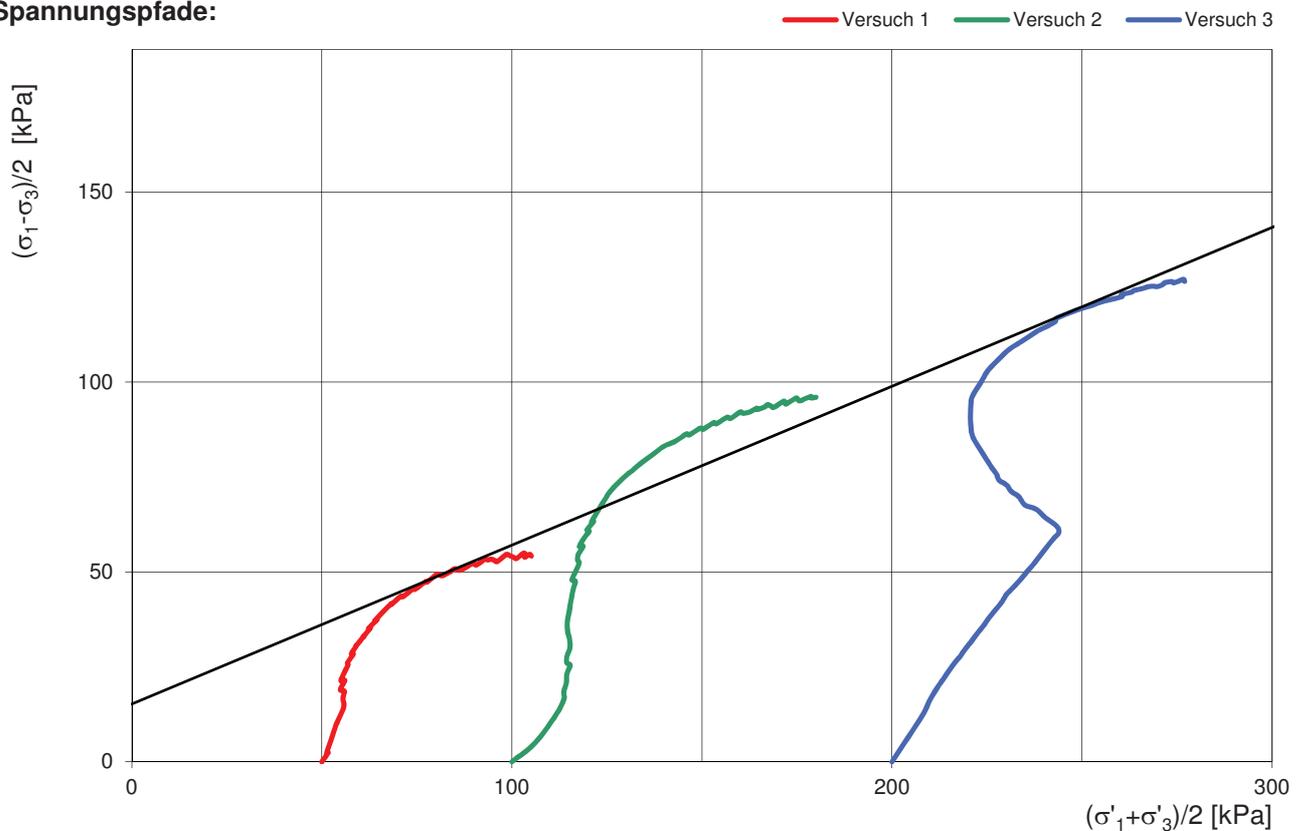
(Versuch nach DIN 18137 - CU) mit Backpressure  
mit Porenwasserdruck-Messung

Projekt: Meßstetten-Tieringen, L440: B3 / 4,0 - 4,3 m

#### Arbeitslinien:



#### Spannungspfade:



#### Scherparameter:

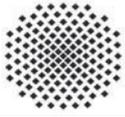
$\alpha'$  [°] = 22,7  
 $b'$  [kN/m<sup>2</sup>] = 15,2

#### Scherwinkel

$\tan \alpha' = \sin \varphi'$   
 $\varphi'$  [°] = 24,7

#### Kohäsion

$c' = b' / \cos \varphi'$   
 $c'$  [kN/m<sup>2</sup>] = 16,7

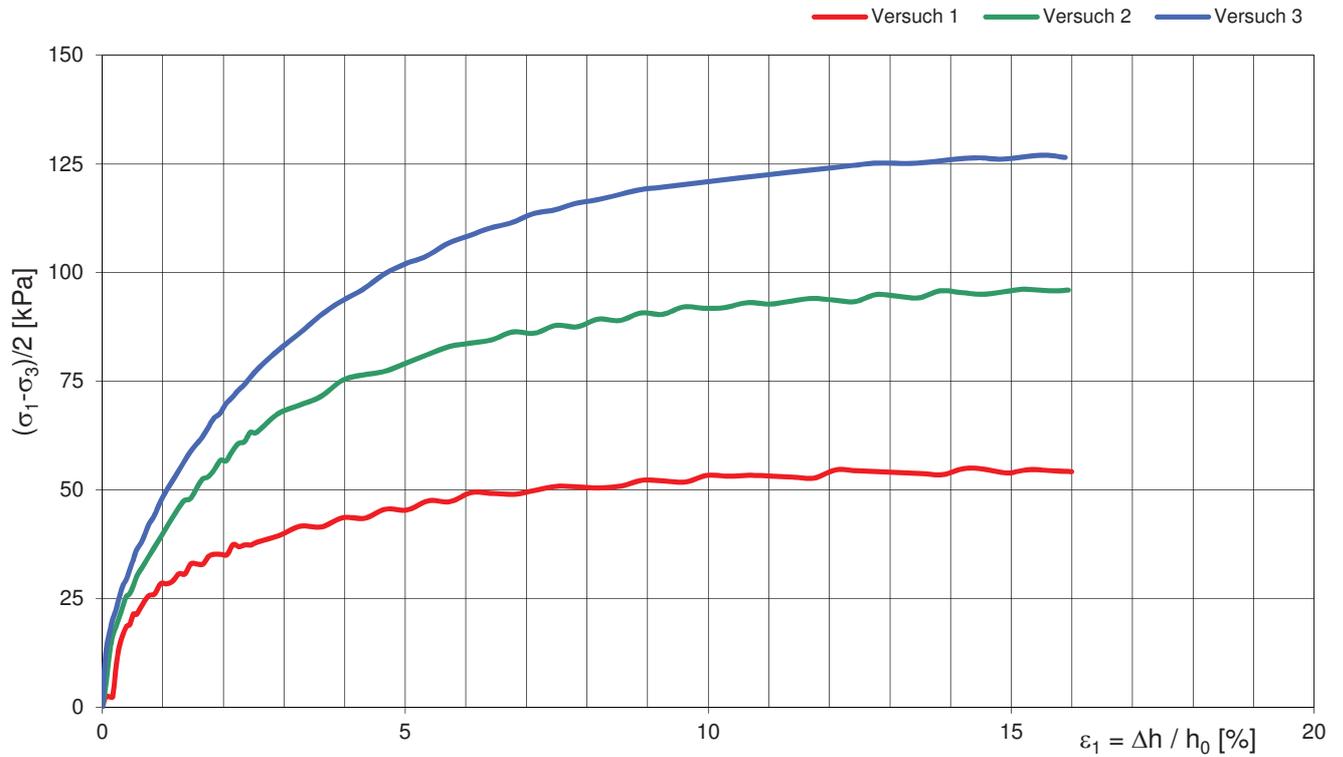


### Bestimmung der Scherfestigkeit - Triaxialversuch

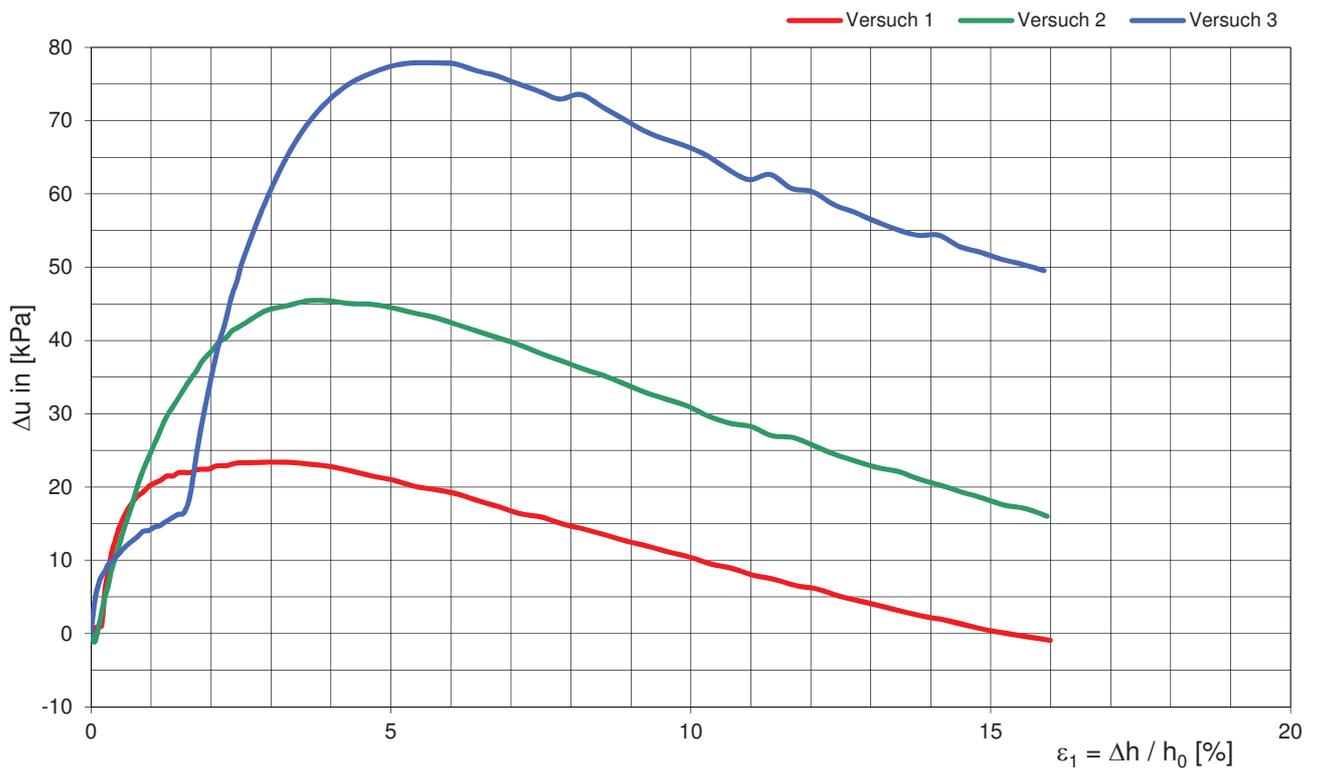
(Versuch nach DIN 18137 - CU) mit Backpressure  
mit Porenwasserdruck-Messung

Projekt: Meßstetten-Tieringen, L440: B3 / 4,0 - 4,3 m

#### Arbeitslinien:



#### $\Delta u$ - $\epsilon_1$ - Diagramm:



Wasserchemische Analyseergebnisse aus B 4/16  
nach DIN 4030

(2 Blätter)

SYNLAB Umweltinstitut GmbH - Hohnerstraße 23 - 70469 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing E. Veas und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
Friedrich-List-Straße 42  
70771 Leinfelden - Echterdingen

## SYNLAB Umweltinstitut GmbH Umweltinstitut Stuttgart

Telefon: 0711-16272-0  
Telefax: 0711-16272-51  
E-Mail: sui-stuttgart@synlab.com  
Internet: www.synlab.de

Seite 1 von 2

Datum: 22.11.2016

Prüfbericht Nr.: UST-16-0142164/01-1  
Auftrag-Nr.: UST-16-0142164  
Ihr Auftrag: schriftlich vom 16.11.2016  
Projekt: Meßstetten-Tieringen, L 440 / Az 16 140  
Eingangsdatum: 16.11.2016  
Probenahme durch: Auftraggeber  
Probenahmedatum: 15.11.2016  
Prüfzeitraum: 16.11.2016 - 22.11.2016  
Probenart: Grundwasser



**Probenbezeichnung: B 4/16**  
Probe Nr. UST-16-0142164-01

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Aussehen	--	wenig Bodensatz	sensorisch
Farbe	--	farblos	sensorisch
Geruch	--	ohne	sensorisch

### Laboruntersuchungen

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
pH-Wert	--	7,79	DIN EN ISO 10523 (C 5)
Permanganat-Index ( als O <sub>2</sub> )	mg/l	0,75	DIN EN ISO 8467
Gesamthärte	°dH	14,9	DIN 38 409-H 6
Nichtkarbonathärte	°dH	1,20	DIN 38 409-H 6
Karbonathärte	°dH	13,7	DIN 38 409-H 7-2
Magnesium	mg/l	7,45	DIN EN ISO 14911 (E 34)
Chlorid	mg/l	4,36	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	mg/l	32,7	DIN EN ISO 10304-1
Sulfid gelöst (S)	mg/l	<0,01	DIN 38 405-D 26
Kalklösekapazität	mg CO <sub>2</sub> /l	<1	DIN 4030



**Probenbezeichnung:**
**B 12/16**

Probe Nr.

UST-16-0142164-02

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Aussehen	--	wenig Bodensatz	sensorisch
Farbe	--	farblos	sensorisch
Geruch	--	ohne	sensorisch

**Laboruntersuchungen**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
pH-Wert	--	7,63	DIN EN ISO 10523 (C 5)
Permanganat-Index ( als O <sub>2</sub> )	mg/l	0,95	DIN EN ISO 8467
Gesamthärte	°dH	17,0	DIN 38 409-H 6
Nichtkarbonathärte	°dH	<0,05	DIN 38 409-H 6
Karbonathärte	°dH	18,2	DIN 38 409-H 7-2
Magnesium	mg/l	4,72	DIN EN ISO 14911 (E 34)
Chlorid	mg/l	28,1	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	mg/l	11,7	DIN EN ISO 10304-1
Sulfid gelöst (S)	mg/l	<0,01	DIN 38 405-D 26
Kalklösekapazität	mg CO <sub>2</sub> /l	<1	DIN 4030

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der SYNLAB Umweltinstitut GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).

Der Prüfbericht wurde am 22.11.2016 um 09:18 Uhr durch Karl-Heinz Vogt (stellv. Laborleiter) elektronisch freigegeben und ist ohne Unterschrift gültig.

## Vorklassifizierung der Bodenmischprobe

MP 1

gemäß VwV Boden / DepV

- Einstufung nach Verwaltungsvorschrift (VwV)
- Einstufung nach Deponieverordnung (DepV)
- Prüfbericht Synlab Umweltinstitut GmbH
- Probennahmeprotokoll

(11 Blätter)

**Einstufung nach Verwaltungsvorschrift Boden (VwV)**

VEES | PARTNER

Prof. Dr.-Ing. E. Vees und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
Friedrich-List-Straße 42  
70771 Leinfelden-Echterdingen  
Tel.: 0711 / 797350-0

<b>Projekt</b>	<b>Aktenzeichen</b>	16 140/1
MEßSTETTEN-TIERINGEN BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L440		

<b>Entnahmedatum</b>	09.11.2016
<b>Probe</b>	MP 1
<b>Entnahmetiefe</b>	siehe Probennahmeprotokoll
<b>Entnahmeprotokoll</b>	09.11.2016

<b>Einstufungskat.</b>	Lehm/Schluff
<b>Bodenart</b>	überwiegend Hanglehm
<b>Prüfbericht Nr.</b>	UST-16-0138087/02-01

Laborwerte		
		Probe
		MP 1
pH-Wert <sup>1</sup>		8.4
Leitfähigkeit <sup>1</sup>	µS/cm	70
Chlorid	mg/l	<0.5
Sulfat <sup>2</sup>	mg/l	0.9
Arsen	mg/kg TS	6.9
	µg/l	-
Blei	mg/kg TS	6.8
	µg/l	-
Cadmium	mg/kg TS	<0.3
	µg/l	-
Chrom, ges.	mg/kg TS	21
	µg/l	-
Kupfer	mg/kg TS	8.3
	µg/l	-
Nickel	mg/kg TS	26
	µg/l	-
Thallium	mg/kg TS	<0.05
	µg/l	-
Quecksilber	mg/kg TS	<0.05
	µg/l	-
Zink	mg/kg TS	54
	µg/l	-
Cyanide, ges.	mg/kg TS	<0.3
	µg/l	-
EOX	mg/kg TS	<0.5
Kohlenwasserstoffe		
C10 - C22	mg/kg TS	<50
C10 - C40	mg/kg TS	<50
BTX	mg/kg TS	n.n.
LHKW	mg/kg TS	n.n.
PCB6	mg/kg TS	n.n.
PAK16	mg/kg TS	n.n.
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0.05
Phenolindex	µg/l	<10
<b>Einstufung<sup>3</sup></b>		<b>Z0</b>

Zuordnungswerte nach Verwaltungsvorschrift <sup>3</sup>						
Z0	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	
6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12,0	5,5-12	
250	250	250	250	1500	2000	
30	30	30	30	50	100	
50	50	50	50	100	150	
15	15	15	45	45	150	
	14	14	14	20	60	
70	100	140	210	210	700	
	40	40	40	80	200	
1	1	1	3	3	10	
	1,5	1,5	1,5	3	6	
60	100	120	180	180	600	
	12,5	12,5	12,5	25	60	
40	60	80	120	120	400	
	20	20	20	60	100	
50	70	100	150	150	500	
	15	15	15	20	70	
0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	
0,5	1	1	1,5	1,5	5	
	0,5	0,5	0,5	1	2	
150	200	300	450	450	1500	
	150	150	150	200	600	
			3	3	10	
5	5	5	5	10	20	
1	1	1	3	3	10	
100	100	200	300	300	1000	
100	100	400	600	600	2000	
1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	
0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	
3	3	3	3	9	30	
0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	
20	20	20	20	40	100	

<sup>1</sup> Eine Überschreitung dieser Parameter allein ist kein Ausschlusskriterium.

<sup>2</sup> Auf die Öffnungsklausel in Nr. 6.3 wird besonders hingewiesen. Bei großflächigen Verwertungen von Bodenmaterialien mit mehr als 20 mg/l Sulfat im Eluat sind in Gebieten ohne geogen erhöhte Sulfatgehalte im Grundwasser grundwassereinzugsbezogene Frachtbetrachtungen anzustellen.

<sup>3</sup> Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007 Az.: 25-8980.08M20 Land/3 -

**Einstufung nach  
Deponieverordnung (DepV)**

VEES | PARTNER

Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
Friedrich-List-Straße 42  
70771 Leinfelden-Echterdingen  
Tel.: 0711 / 797350-0

<b>Projekt</b>	<b>Aktenzeichen</b> 16 140/1
Messstetten-Tieringen, Erschließung	

<b>Entnahmedatum</b>	09.11.2016
<b>Probe</b>	MP 1
<b>Entnahmetiefe</b>	siehe Probennahmeprotokoll
<b>Entnahmeprotokoll</b>	09.11.2016

<b>Bodenart</b>	überwiegend Hanglehn
<b>Prüfbericht Nr.</b>	UST-16-0138087/02-1

Nr.	Laborwerte		Probe
			MP 1
1	<i>Organischer Anteil</i> <sup>2)</sup>		
1.01	Glühverlust	% TS	<b>3,6</b>
1.02	TOC	% TS	<b>0,2</b>
2	<i>Feststoffkriterien</i>		
2.01	BTEX	mg/kg TS	-
2.02	PCB7	mg/kg TS	-
2.03	C10 - C40	mg/kg TS	<b>&lt;50</b>
2.04	PAK EPA	mg/kg TS	-
2.05	Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<b>&lt;0,05</b>
2.06	Säuren. kap.	mmol/kg	
2.07	extr. lip. Stoffe	% OS	<b>&lt;0,03</b>
2.08	Blei	mg/kg TS	<b>6,8</b>
2.09	Cadmium	mg/kg TS	<b>&lt;0,3</b>
2.10	Chrom	mg/kg TS	<b>21</b>
2.11	Kupfer	mg/kg TS	<b>8,3</b>
2.12	Nickel	mg/kg TS	<b>26</b>
2.13	Quecksilber	mg/kg TS	<b>&lt;0,05</b>
2.14	Zink	mg/kg TS	<b>54</b>
3	<i>Eluatkriterien</i>		
3.01	pH-Wert		<b>8,4</b>
3.02	DOC	mg/l	<b>0,7</b>
3.03	Phenole	mg/l	<b>&lt; 0,01</b>
3.04	Arsen	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.05	Blei	mg/l	<b>&lt; 0,001</b>
3.06	Cadmium	mg/l	<b>&lt;0,0001</b>
3.07	Kupfer	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.08	Nickel	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.09	Quecksilber	mg/l	<b>&lt; 0,0001</b>
3.10	Zink	mg/l	<b>0,011</b>
3.11	Chlorid	mg/l	<b>&lt;0,5</b>
3.12	Sulfat	mg/l	<b>0,9</b>
3.13	Cyanid	mg/l	<b>&lt; 0,005</b>
3.14	Fluorid	mg/l	<b>0,3</b>
3.15	Barium	mg/l	<b>0,04</b>
3.16	Chrom, ges.	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.17	Molybdän	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.18a	Antimon	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.18b	Antimon - C <sub>0</sub>	mg/l	-
3.19	Selen	mg/l	<b>&lt;0,001</b>
3.20	gel. TS ges.	mg/l	<b>52</b>
3.21	elektr. LF	µS/cm	<b>&lt;0,3</b>
<b>Einstufung*</b>			<b>DK 0</b>

Zuordnungswerte nach Deponieverordnung					
Gelog. Barriere	DK 0	DK I	DK II	DK III	Rekultivierungss. <sup>1)</sup>
≤ 3	≤ 3	≤ 3 <sup>3)4)5)</sup>	≤ 5 <sup>3)4)5)</sup>	≤ 10 <sup>4)5)</sup>	
≤ 1	≤ 1	≤ 1 <sup>3)4)5)</sup>	≤ 3 <sup>3)4)5)</sup>	≤ 6 <sup>4)5)</sup>	
≤ 1	≤ 6				
≤ 0,02	≤ 1				≤ 0,1
≤ 100	≤ 500				
≤ 1	≤ 30				≤ 5 <sup>6)</sup>
					≤ 0,6
		muss bei gefährl. Abfällen ermittelt werden <sup>7)</sup>		muss erm. werden	
	≤ 0,1	≤ 0,4 <sup>5)</sup>	≤ 0,8 <sup>5)</sup>	≤ 4 <sup>5)</sup>	
					≤ 140
					≤ 1
					≤ 120
					≤ 80
					≤ 100
					≤ 1
					≤ 300
6,5 - 9	5,5 - 13	5,5 - 13	5,5 - 13	4 - 13	6,5 - 9
	≤ 50	≤ 50 <sup>3)10)</sup>	≤ 80 <sup>3)10)11)</sup>	≤ 100	
≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,2	≤ 50	≤ 100	
≤ 0,01	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 2,5	≤ 0,01
≤ 0,02	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 0,04
≤ 0,002	≤ 0,004	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 0,002
≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1	≤ 5	≤ 10	≤ 0,05
≤ 0,04	≤ 0,4	≤ 0,2	≤ 1	≤ 4	≤ 0,05
≤ 0,0002	≤ 0,001	≤ 0,005	≤ 0,02	≤ 0,2	≤ 0,002
≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 2	≤ 5	≤ 20	≤ 0,01
≤ 10	≤ 80	≤ 1500 <sup>13)</sup>	≤ 1500 <sup>13)</sup>	≤ 2500	≤ 10 <sup>14)</sup>
≤ 50	≤ 100 <sup>15)</sup>	≤ 2000 <sup>13)</sup>	≤ 2000 <sup>13)</sup>	≤ 5000	≤ 50 <sup>14)</sup>
≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1	
	≤ 1	≤ 5	≤ 15	≤ 50	
	≤ 2	≤ 5 <sup>13)</sup>	≤ 10 <sup>13)</sup>	≤ 30	
	≤ 0,05	≤ 0,3	≤ 1	≤ 7	≤ 0,03
	≤ 0,05	≤ 0,3 <sup>13)</sup>	≤ 1 <sup>13)</sup>	≤ 3	
	≤ 0,006	≤ 0,03 <sup>13)</sup>	≤ 0,07 <sup>13)</sup>	≤ 0,5	
	≤ 0,1	≤ 0,12 <sup>13)</sup>	≤ 0,15 <sup>13)</sup>	≤ 1	
	≤ 0,01	≤ 0,03 <sup>13)</sup>	≤ 0,05 <sup>13)</sup>	≤ 0,7	
400	400	3000	6000	10000	≤ 500

\* Einstufung nach Deponieverordnung (DepV), Tabelle 2 vom 27.04.2009.

Nach<sup>2)</sup> sind die organischen Parameter (1.01 und 1.02) als gleichwertig anzusetzen. Zusammen mit<sup>3)</sup> ergibt sich eine Einstufung nach DK 0.

- <sup>1)</sup> In Gebieten mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden ist eine Verwendung von Bodenmaterial aus diesen Gebieten zulässig, welches die Hintergrundgehalte des Gebietes nicht überschreitet, sofern die Funktion der Rekultivierungsschicht nicht beeinträchtigt wird.
- <sup>2)</sup> Nummer 1.01 kann gleichwertig zu Nummer 1.02 angewandt werden.
- <sup>3)</sup> Eine Überschreitung des Zuordnungswertes ist mit Zustimmung der zuständigen Behörde bei Bodenaushub (Abfallschlüssel 17 05 04 und 20 02 02 nach der Anlage zur Abfallverzeichnisverordnung) und bei Baggergut (Abfallschlüssel 17 05 06 nach der Anlage zur Abfallverzeichnisverordnung) zulässig, wenn
  - a) die Überschreitung ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenaushubes oder des Baggergutes zurückgeht,
  - b) sonstige Fremdbestandteile nicht mehr als 5 Volumenprozent ausmachen,
  - c) auf der Deponie, dem Deponieabschnitt oder dem gesonderten Teilabschnitt eines Deponieabschnitts ausschließlich nicht gefährliche Abfälle abgelagert werden und
  - d) das Wohl der Allgemeinheit - gemessen an den Anforderungen dieser Verordnung - nicht beeinträchtigt wird.
- <sup>4)</sup> Der Zuordnungswert gilt nicht für Aschen aus der Braunkohlefeuerung sowie für Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe aus Hochtemperaturprozessen, zu letzteren gehören insbesondere Abfälle aus der Verarbeitung von Schlacke, unbearbeitete Schlacke, Stäube und Schlämme aus der Abgasreinigung von Sinteranlagen, Hochöfen, Schachtofen und Stahlwerken der Eisen- und Stahlindustrie.
- <sup>5)</sup> Gilt nicht für Asphalt auf Bitumenbasis.
- <sup>6)</sup> Bei PAK-Gehalten von mehr als 3 mg/kg ist mit Hilfe eines Säulenversuches nachzuweisen, dass in dem zu erwartenden Sickerwasser ein Wert von 0,20 µg/l nicht überschritten wird.
- <sup>7)</sup> Nicht erforderlich bei asbesthaltigen Abfällen und Abfällen, die andere gefährliche Mineralfasern enthalten.
- <sup>8)</sup> Abweichende pH-Werte stellen allein kein Ausschlusskriterium dar. Bei Über- oder Unterschreitungen ist die Ursache zu prüfen. Werden jedoch auf Deponien der Klassen I und II gefährliche Abfälle abgelagert, muss deren pH-Wert mindestens 6,0 betragen.
- <sup>9)</sup> Der Zuordnungswert für DOC ist auch eingehalten, wenn der Abfall oder der Deponieersatzbaustoff den Zuordnungswert nicht bei seinem eigenen pH-Wert, aber bei einem pH-Wert zwischen 7,5 und 8,0 einhält.
- <sup>10)</sup> Auf Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe auf Gipsbasis nur in den Fällen anzuwenden, wenn sie gemeinsam mit biologisch abbaubaren oder gefährlichen Abfällen abgelagert oder eingesetzt werden.
- <sup>11)</sup> Überschreitungen des DOC bis max. 100 mg/l sind zulässig, wenn auf der Deponie oder dem Deponieabschnitt seit dem 16. Juli 2005 ausschließlich nicht gefährliche Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe abgelagert oder eingesetzt werden.
- <sup>12)</sup> Statt der Nummern 3.11 und 3.12 kann Nummer 3.20 angewandt werden.
- <sup>13)</sup> Der Zuordnungswert gilt nicht, wenn auf der Deponie oder dem Deponieabschnitt seit dem 16. Juli 2005 ausschließlich nicht gefährliche Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe abgelagert oder eingesetzt werden.
- <sup>14)</sup> Untersuchung entfällt bei Bodenmaterial ohne mineralische Fremdbestandteile.
- <sup>15)</sup> Überschreitungen des Sulfatwertes bis zu einem Wert von 600 mg/l sind zulässig, wenn der Co-Wert der Perkolationsprüfung den Wert von 1 500 mg/l bei L/S = 0,1 l/kg nicht überschreitet.
- <sup>15)</sup> Überschreitungen des Sulfatwertes bis zu einem Wert von 600 mg/l sind zulässig, wenn der Co-Wert der Perkolationsprüfung den Wert von 1 500 mg/l bei L/S = 0,1 l/kg nicht überschreitet.
- <sup>16)</sup> Überschreitungen des Antimonwertes nach Nummer 3.18a sind zulässig, wenn der Co-Wert der Perkolationsprüfung bei L/S = 0,1 l/kg nach Nummer 3.18b nicht überschritten wird.

SYNLAB Umweltinstitut GmbH - Hohnerstraße 23 - 70469 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing E. Veas und Partner  
 Baugrundinstitut GmbH  
 Herr P. Branscheid  
 Friedrich-List-Straße 42  
 70771 Leinfelden - Echterdingen

## SYNLAB Umweltinstitut GmbH Umweltinstitut Stuttgart

Telefon: 0711-16272-0  
 Telefax: 0711-16272-51  
 E-Mail: [sui-stuttgart@synlab.com](mailto:sui-stuttgart@synlab.com)  
 Internet: [www.synlab.de](http://www.synlab.de)

Seite 1 von 4

Datum: 29.11.2016

Prüfbericht Nr.: UST-16-0138087/02-1  
 Auftrag-Nr.: UST-16-0138087  
 Ihr Auftrag: schriftlich vom 09.11.2016  
 Projekt: Meßstetten / Az 16 140  
 Eingangsdatum: 09.11.2016  
 Probenahme durch: Auftraggeber  
 Prüfzeitraum: 09.11.2016 - 29.11.2016  
 Probenart: Boden



**Probenbezeichnung: MP 1**  
 Probe Nr. UST-16-0138087-01

### Original

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Trockenmasse	%	80,1	DIN EN 14346
Glühverlust	% TS	3,6	DIN EN 15169
TOC	% TS	0,2	DIN EN 13137
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	mg/kg TS	<50	DIN EN 14039/LAGA KW 04 (UAU)
Kohlenwasserstoffe C10 - C40	mg/kg TS	<50	DIN EN 14039/LAGA KW 04 (UAU)
extrahierbare lipophile Stoffe	% OS	<0,03	LAGA KW 04



**Aromatische Kohlenwasserstoffe**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Benzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Ethylbenzol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Toluol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
o-Xylol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
m,p-Xylol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Styrol	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Isopropylbenzol (Cumol)	mg/kg TS	<0,05	DIN 38 407-F 9
Summe AKW	mg/kg TS	--	DIN 38 407-F 9
Summe BTXE	mg/kg TS	--	DIN 38 407-F 9

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Trichlorfluormethan (R11)	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1,2-Trichlortrifluorethan (R113)	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Dichlormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Trichlormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Tetrachlormethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Trichlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Tetrachlorethen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 22155
Summe LHKW	mg/kg TS	--	DIN ISO 22155

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Naphthalin	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Acenaphthylen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Acenaphthen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Fluoren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Phenanthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Anthracen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Pyren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Chrysen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287 (UAU)
Summe PAK EPA	mg/kg TS	--	DIN ISO 18287 (UAU)

**Polychlorierte Biphenyle**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
PCB Nr. 28	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 52	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 101	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 118	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 138	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 153	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
PCB Nr. 180	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308 (UAU)
Summe PCB (7 Verbindungen)	mg/kg TS	--	DIN EN 15308 (UAU)

**Eluat**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Eluat	--	Filtrat	DIN EN 12457-4
pH-Wert	--	8,4	DIN 38 404-C 5
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	52	DIN 38 409-H 1
DOC	mg/l	0,7	DIN EN 1484
Fluorid	mg/l	0,3	DIN EN ISO 10304-1
Chlorid	mg/l	<0,5	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	mg/l	0,9	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	<0,005	DIN EN ISO 14403 (UAU)
Phenol-Index	mg/l	<0,01	DIN EN ISO 14402 (H 37) (UAU)

**Schwermetalle**

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Arsen	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Blei	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Cadmium	mg/l	<0,0001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Chrom (Gesamt)	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Kupfer	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Nickel	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Quecksilber	mg/l	<0,0001	DIN EN ISO 12846
Zink	mg/l	0,011	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Antimon	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Barium	mg/l	0,040	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Molybdän	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)
Selen	mg/l	<0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

(UAU) - Augsburg

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der SYNLAB Umweltinstitut GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).

Der Prüfbericht wurde am 29.11.2016 um 11:11 Uhr durch Carmen Kuhn (Kundenbetreuung) elektronisch freigegeben und ist ohne Unterschrift gültig.

## Erklärung der Untersuchungsstelle

1. Untersuchungsinstitut : SYNLAB Umweltinstitut GmbH, Hauptniederlassung  
Anschrift : Stuttgart  
Hohnerstr. 23  
70469 Stuttgart
- Ansprechpartner : Dipl.-Ing. Robert Ottenberger
- Telefon/Telefax : 0711-16272-0 0711-16272-51
- eMail : robert.ottenberger@synlab.com
2. Prüfbericht-Nr : UST-16-0138087/02-1  
Prüfbericht Datum : 29.11.2016
- Probenahmeprotokoll nach PN 98 liegt vor :  ja  nein
- Auftraggeber : Prof. Dr.-Ing E. Veas und Partner  
Anschrift : Baugrundinstitut GmbH  
Herr P. Branscheid  
Friedrich-List-Straße 42  
70771 Leinfelden - Echterdingen
3. Sämtliche gemessenen und im Untersuchungsbericht aufgeführten Parameter wurden nach den in Anhang 4 der geltenden DepV vorgegebenen Untersuchungsmethoden durchgeführt.  
 ja  teilweise
- Gleichwertige Verfahren angewandt  ja  nein
- Behördlicher Nachweis über die Gleichwertigkeit der angewandten Methoden liegt bei.  
Das Untersuchungsinstitut ist für die im Bericht aufgeführten Untersuchungsmethoden nach DIN EN ISO/IEC 17025, Ausgabe August 2005, 2. Berichtigung Mai 2007 akkreditiert   
nach dem Fachmodul Abfall von **LUBW** notifiziert
- Es wurden Untersuchungen von einem Fremdlabor durchgeführt  ja  nein
- Parameter :  
Untersuchungsinstitut :  
Anschrift :
- Akkreditierung DIN EN ISO/IEC 17025  Notifizierung Fachmodul Abfall

4. Stuttgart, den 29.11.2016

Die Erklärung wurde am 29.11.2016 um 11:11 Uhr durch Carmen Kuhn (Kundenbetreuung) elektronisch freigegeben und ist ohne Unterschrift gültig.



## Probenvorbereitungsprotokoll gemäß DepV

Anlage zu Auftrags-Nr. UST-16-0138087

### Probenvorbehandlung (von der Feldprobe zur Laborprobe):

Auftraggeber : Prof. Dr.-Ing E. Veas und Partner Baugrundinstitut GmbH		Probenahmedatum :	
Probenehmer : Auftraggeber			
Probenart : Boden		Konsistenz : Feststoff	
Probengefäß : Eimer		Probenvolumen : ca. 5 L	
Ordnungsgemäße Anlieferung : ja : <input checked="" type="checkbox"/> nein : <input type="checkbox"/> inwiefern :			

### Probenvorbereitung (von der Laborprobe zur Prüfprobe):

Probennummer : UST-16-0138087-01		Probenbezeichnung : MP 1	
Probeneingangsdatum : 09.11.2016		Probenahmeprotokoll :	
Sortierung : nein : <input checked="" type="checkbox"/> ja : <input type="checkbox"/>	Metall : g		Holz : g
	Kunststoff : g		sonstiges : g
Zerkleinerung/Backenbrecher : nein : <input checked="" type="checkbox"/> ja : <input type="checkbox"/>	Lufttrocknung : nein : <input checked="" type="checkbox"/> ja : <input type="checkbox"/>		
Siebung : nein : <input checked="" type="checkbox"/> ja : <input type="checkbox"/>	Siebschnitt : < mm		
Analyse : Gesamtfraktion : <input checked="" type="checkbox"/>	Siebrückstand : <input type="checkbox"/>	Siebdurchgang : <input type="checkbox"/>	
Teilung/Homogenisierung :	Kegeln und Vierteln : <input checked="" type="checkbox"/>	fraktionierte Teilung : <input type="checkbox"/>	Riffelteller : <input type="checkbox"/>
	Rotationsteller : <input type="checkbox"/>	cross-rifling : <input type="checkbox"/>	
Anzahl der Prüfproben : 1	Rückstellprobe : nein : <input type="checkbox"/> ja : <input checked="" type="checkbox"/>	Probenmenge : ca. 6000 g	

### Probenaufbereitung (von der Prüfprobe zur Messprobe) :

untersuchungsspezifische Trocknung der Prüfproben :	Trocknung 105 ° C : <input checked="" type="checkbox"/>	Gefriertrocknung : <input type="checkbox"/>
	Lufttrocknung : <input type="checkbox"/>	chemische Trocknung : <input type="checkbox"/>
untersuchungsspezifische Feinzerkleinerung der Prüfproben :	Mahlen : <input checked="" type="checkbox"/>	Endfeinheit : 200 µm
	Schneiden : <input type="checkbox"/>	Endfeinheit : µm

Das Probevorbereitungsprotokoll wurde am 23.11.2016 um 14:00 Uhr durch Susanne Nicole Metzger elektronisch freigegeben und ist ohne Unterschrift gültig.

# Protokoll zur Probenentnahme

VEES | PARTNER  
Prof. Dr.-Ing. E. Veas und Partner  
Baugrundinstitut GmbH  
Friedrich-List-Straße 42  
70771 Leinfelden-Echterdingen

**Az 16 140/1**

1. Veranlasser:	BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440 Meßstetten-Tieringen
2. Herkunft des Materials:	Baugrunderkundung BBP "Gewerbegebiet Süd" Verlegung L 440
3. Art des Materials / Bezeichnung:	<b>MP 1:</b> überwiegend Hanglem
	MP = Mischprobe
4. Probenentnahmenstelle	<b>MP 1:</b> B 3/16 bis B 6/16 (0 m bis 7,0 m)
5. Datum / Uhrzeit der Entnahme:	09.11.2016 / vormittags
6. Probennehmer:	Dipl.-Geol. Peter Branscheid, VEES   PARTNER
7. Vermutete Schadstoffe / Gefährdungen:	-/-
8. Beschreibung des Materials	
Farbe:	braun / grau
Geruch:	unauffällig
Festigkeit, Konsistenz, Korngröße	bindig
Zusammensetzung:	<b>MP 1:</b> Ton
(im Einzelnen: vgl. Anlage 2)	
9. Art der Lagerung	Entnahme aus Bohrkernkiste
Menge des beprobten Materials	MP 1: ca. 150 kg
10. Lagerungsdauer	-
11. Einfluss auf das Material	-
Witterung, Niederschläge, etc.	trocken, ca. 8° C

# Protokoll zur Probenentnahme

12. Entnahme der Probe Gerät: Mischprobenherstellung:	Entnahme mit Kelle repräsentativ über Bohrungen verteilt
13. Probengefäß / Verschluss:	Eimer mit Deckel
14. Probenmenge:	je 5 l
15. Anwesende / Zeugen:	Bohrmeister Firma drillexpert GmbH
16. Wurden Vergleichsproben genommen? Wenn ja, durch wen?	nein -/-
17. Voruntersuchungen bei der Probenahme Ergebnis:	nein -/-
18. Untersuchungslabor:	Labor Synlab, Stuttgart
19. Bemerkungen zur Probenentnahme, Lagerung etc.	Einlieferung Labor am 09.11.2016
20. Lageskizze	-/-
21. Fotodokumentation zur Probenentnahme:	-/-
22. Hinweise an das untersuchende Labor Parameterumfang:	VwV (Feststoff und Eluat) + DepV
23. Ort / Datum / Unterschrift	Leinfelden-Echterdingen, 09.11.2016 
24. Foto	

## Inklinometermessungen in B 5/16

(4 Blätter)

-----  
 \*NEIGUNGSMESSUNG \*\*\*\*\* ABS.VERLAUF DER MEßSTRECKE\*  
 -----

Projektname : Messstetten Tieringen  
 Name der Bohrung: B 5 Überstand über GOK [m]: 0.85  
 Nummer der Bohrung: 1 Anzahl der Meßschritte: 38  
 Nullmessung: 0 Uhrzeit: 11:00  
 Nummer der Meßreihe: 4 Datum: 10.03.17  
 Lage des Festpunktes: unten Sondenlänge [m]: 0.5  
 Bez. Für A+ Richtung: 5°  
 Baugrund:

MESS- KABEL- MARKE	MESSINTERVALL TIEFE UNTER GOK		AUSLENKUNG AUS DER VERTIKALEN		GESAMTAUSLENKUNG REL.ZUM FIXPUNKT			ABWEICHUNG NULLLAGE	
	VON (m)	BIS	A (cm)	B	A (cm)	B	A (mm)	B	
0.5	-0.60	-0.10	1.6725	-0.9275	10.2500	-8.5550	-0.12	0.37	
1.0	-0.10	0.40	1.5500	-0.9250	8.5775	-7.6275	0.00	0.15	
1.5	0.40	0.90	0.9400	-0.9850	7.0275	-6.7025	0.00	0.15	
2.0	0.90	1.40	0.5425	-0.8200	6.0875	-5.7175	-0.03	0.15	
2.5	1.40	1.90	0.5175	-0.7075	5.5450	-4.8975	0.03	0.12	
3.0	1.90	2.40	0.5375	-0.5925	5.0275	-4.1900	-0.03	0.13	
3.5	2.40	2.90	0.5875	-0.4225	4.4900	-3.5975	-0.02	0.17	
4.0	2.90	3.40	0.6300	-0.2025	3.9025	-3.1750	0.00	0.13	
4.5	3.40	3.90	0.4075	0.0325	3.2725	-2.9725	-0.03	0.17	
5.0	3.90	4.40	0.3550	0.0600	2.8650	-3.0050	0.00	0.10	
5.5	4.40	4.90	0.3725	0.0575	2.5100	-3.0650	-0.03	0.18	
6.0	4.90	5.40	0.4100	0.0275	2.1375	-3.1225	0.00	0.17	
6.5	5.40	5.90	0.4825	-0.0375	1.7275	-3.1500	-0.02	0.17	
7.0	5.90	6.40	0.5975	-0.1525	1.2450	-3.1125	0.03	0.12	
7.5	6.40	6.90	0.3400	-0.3175	0.6475	-2.9600	0.00	0.28	
8.0	6.90	7.40	0.0000	-0.2975	0.3075	-2.6425	0.00	0.08	
8.5	7.40	7.90	0.0425	-0.4050	0.3075	-2.3450	0.02	0.15	
9.0	7.90	8.40	-0.0375	-0.3550	0.2650	-1.9400	-0.02	0.15	
9.5	8.40	8.90	-0.0400	-0.3050	0.3025	-1.5850	0.00	0.15	
10.0	8.90	9.40	0.0525	-0.2850	0.3425	-1.2800	0.02	0.15	
10.5	9.40	9.90	0.2750	-0.1500	0.2900	-0.9950	-0.05	0.15	
11.0	9.90	10.40	0.3950	-0.0925	0.0150	-0.8450	0.00	0.12	
11.5	10.40	10.90	0.4750	0.1025	-0.3800	-0.7525	0.00	0.13	
12.0	10.90	11.40	0.5175	0.2550	-0.8550	-0.8550	-0.03	0.15	
12.5	11.40	11.90	0.5575	0.4925	-1.3725	-1.1100	-0.03	0.17	
13.0	11.90	12.40	0.5625	0.6725	-1.9300	-1.6025	0.03	0.13	
13.5	12.40	12.90	0.2600	0.6950	-2.4925	-2.2750	-0.05	0.15	
14.0	12.90	13.40	0.0500	0.5675	-2.7525	-2.9700	0.00	0.18	
14.5	13.40	13.90	-0.1750	0.4025	-2.8025	-3.5375	0.00	0.13	
15.0	13.90	14.40	-0.2100	0.5175	-2.6275	-3.9400	0.00	0.17	
15.5	14.40	14.90	-0.6625	-0.0925	-2.4175	-4.4575	0.03	0.17	
16.0	14.90	15.40	-0.7525	-0.6725	-1.7550	-4.3650	-0.07	0.18	
16.5	15.40	15.90	-0.6150	-0.8800	-1.0025	-3.6925	-0.05	0.15	
17.0	15.90	16.40	-0.4075	-0.7675	-0.3875	-2.8125	-0.03	0.18	
17.5	16.40	16.90	-0.2275	-0.6325	0.0200	-2.0450	-0.03	0.18	
18.0	16.90	17.40	-0.0500	-0.5525	0.2475	-1.4125	0.00	0.17	
18.5	17.40	17.90	0.0825	-0.4950	0.2975	-0.8600	0.02	0.15	
19.0	17.90	18.40	0.2150	-0.3650	0.2150	-0.3650	0.00	0.15	

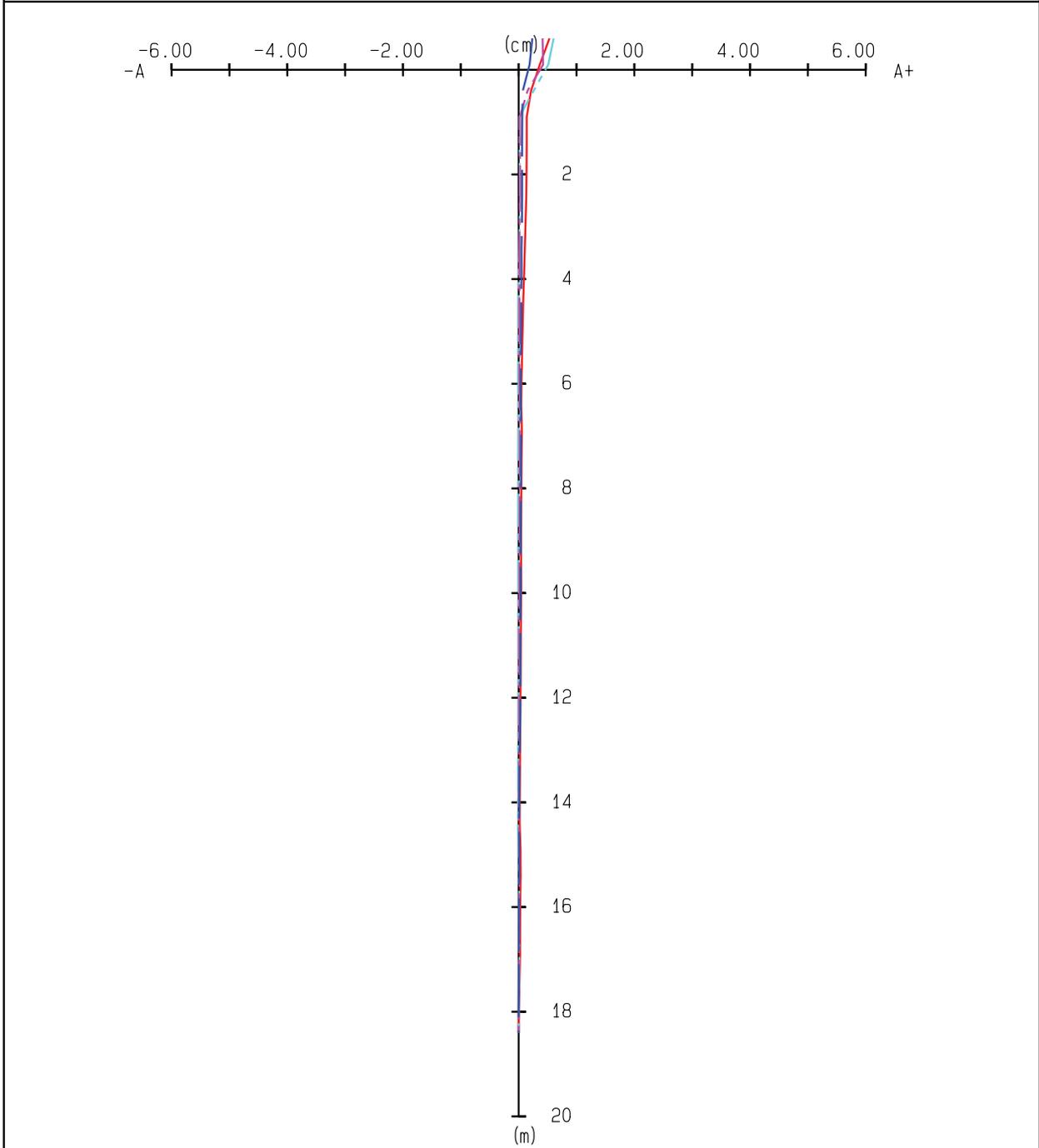
-----  
 \*NEIGUNGSMESSUNG \*\*\*\*\* MEßREIHENVERGLEICH\*  
 -----

Projektname: Messstetten Tieringen  
 Name der Bohrung: B 5 Überstand über GOK [m]: 0.85  
 Nummer der Bohrung: 1 Anzahl der Meßschritte: 38  
 Vergleichsmeßreihenr.: 0 Datum: 08.11.16  
 Meßreihenr.: 4 Datum: 10.03.17  
 Lage des Festpunktes: unten Sondenlänge [m]: 0.5  
 Bez. Für A+ Richtung: 5°  
 Baugrund:

MESS- KABEL- MARKE	MESSINTERVALL TIEFE UNTER GOK		DIFFERENZ ZUR MEßREIHE: 0		BEWEGUNGS- RATE (mm/Tag)
	VON (m)	BIS	A (cm)	B	
0.5	-0.60	-0.10	0.5325	0.0575	0.04365
1.0	-0.10	0.40	0.3650	0.0900	0.02992
1.5	0.40	0.90	0.2150	0.1100	0.01762
2.0	0.90	1.40	0.1400	0.1075	0.01148
2.5	1.40	1.90	0.1400	0.1050	0.01148
3.0	1.90	2.40	0.1375	0.1025	0.01127
3.5	2.40	2.90	0.1325	0.0975	0.01086
4.0	2.90	3.40	0.1200	0.0925	0.00984
4.5	3.40	3.90	0.1075	0.0850	0.00881
5.0	3.90	4.40	0.0950	0.0700	0.00779
5.5	4.40	4.90	0.0800	0.0625	0.00656
6.0	4.90	5.40	0.0700	0.0500	0.00574
6.5	5.40	5.90	0.0600	0.0450	0.00492
7.0	5.90	6.40	0.0500	0.0425	0.00410
7.5	6.40	6.90	0.0450	0.0400	0.00369
8.0	6.90	7.40	0.0550	0.0550	0.00451
8.5	7.40	7.90	0.0500	0.0475	0.00410
9.0	7.90	8.40	0.0475	0.0475	0.00389
9.5	8.40	8.90	0.0450	0.0400	0.00369
10.0	8.90	9.40	0.0425	0.0375	0.00348
10.5	9.40	9.90	0.0425	0.0400	0.00348
11.0	9.90	10.40	0.0450	0.0325	0.00369
11.5	10.40	10.90	0.0400	0.0350	0.00328
12.0	10.90	11.40	0.0375	0.0325	0.00307
12.5	11.40	11.90	0.0350	0.0325	0.00287
13.0	11.90	12.40	0.0325	0.0250	0.00266
13.5	12.40	12.90	0.0300	0.0250	0.00246
14.0	12.90	13.40	0.0250	0.0125	0.00205
14.5	13.40	13.90	0.0225	0.0075	0.00184
15.0	13.90	14.40	0.0200	0.0075	0.00164
15.5	14.40	14.90	0.0175	0.0075	0.00143
16.0	14.90	15.40	0.0325	0.0100	0.00266
16.5	15.40	15.90	0.0350	0.0225	0.00287
17.0	15.90	16.40	0.0275	0.0400	0.00225
17.5	16.40	16.90	0.0250	0.0450	0.00205
18.0	16.90	17.40	0.0250	0.0325	0.00205
18.5	17.40	17.90	0.0150	0.0175	0.00123
19.0	17.90	18.40	0.0025	0.0075	0.00020

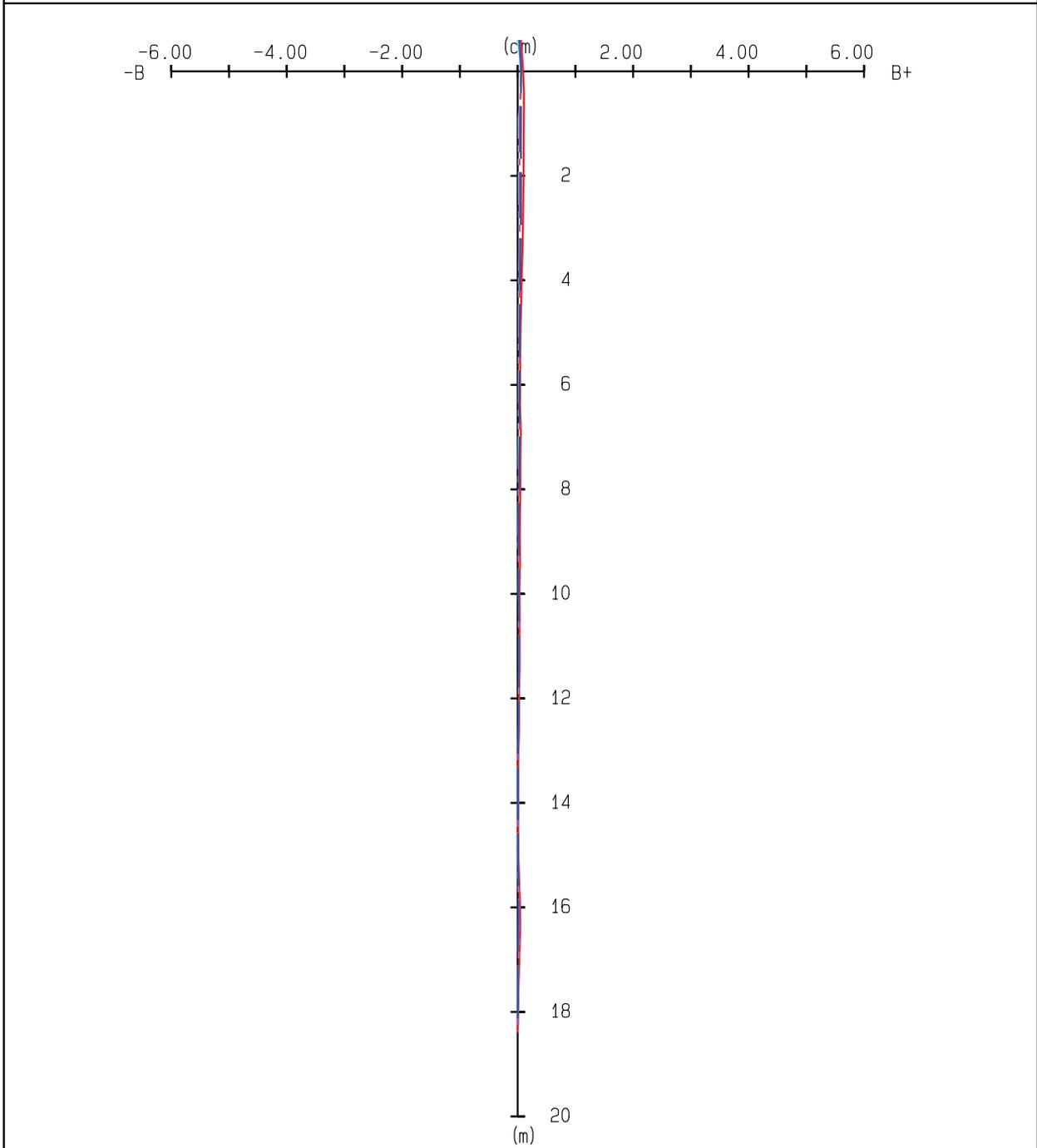
## INKLINOMETERMESSUNG

PROJEKTNAME: <b>Messstetten Tieringen</b>	MESSSTELLE NR.: <b>B 5</b>	
AENDERUNG DES MESSSTRECKENVERLAUFS BEZUEGLICH DER MESSUNG:	vom: <b>0</b>	<b>08.11.16</b>
<span style="color: red;">—</span> MESSUNG: <b>4</b> vom: <b>10.03.17</b>	<span style="color: cyan;">- - -</span> MESSUNG: <b>3</b> vom: <b>10.02.17</b>	
<span style="color: purple;">- - -</span> MESSUNG: <b>2</b> vom: <b>09.01.17</b>	<span style="color: blue;">—</span> MESSUNG: <b>1</b> vom: <b>07.12.16</b>	



## INKLINOMETERMESSUNG

PROJEKTNAME: <b>Messstetten Tieringen</b>	MESSSTELLE NR.: <b>B 5</b>	
AENDERUNG DES MESSSTRECKENVERLAUFS BEZUEGLICH DER MESSUNG:	vom: <b>0</b>	<b>08.11.16</b>
<span style="color: red;">—</span> MESSUNG: <b>4</b> vom: <b>10.03.17</b>	<span style="color: cyan;">- - -</span> MESSUNG: <b>3</b> vom: <b>10.02.17</b>	
<span style="color: purple;">- - -</span> MESSUNG: <b>2</b> vom: <b>09.01.17</b>	<span style="color: blue;">—</span> MESSUNG: <b>1</b> vom: <b>07.12.16</b>	



Fotodokumentation der Bohrkerne  
aus den Bohrungen B 1/16 bis B 8/16,  
B 11/16, B 19/16, B 22/16

(16 Blätter)



Fotodokumentation		m
Projekt: MEßSTETTEN-TIERINGEN BBP „Gewerbegebiet Süd“ Verlegung L 440		
Bohrung: B 2/16		0 - 13,0 m
m		m
0		1
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		7
7		8
8		9
9		10
10		11
11		12
12		13
		

Fotodokumentation		m
	Projekt: MEßSTETTEN-TIERINGEN BBP „Gewerbegebiet Süd“ Verlegung L 440	
m	Bohrung: B 3/16 <span style="float: right;">0 - 12,0 m</span>	m
0		1
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		7
7		8
8		9
9		10
10		11
11		12
		



Fotodokumentation		
	Projekt: MEßSTETTEN-TIERINGEN BBP „Gewerbegebiet Süd“ Verlegung L 440	
m	Bohrung: B 4/16 <span style="float: right;">0 - 12,0 m</span>	m
0		1
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		7
7		8
8		9
9		10
10		11
11		12
	0                      0,2                      0,4                      0,6                      0,8                      1m	



Fotodokumentation		m
Projekt: MEßSTETTEN-TIERINGEN BBP „Gewerbegebiet Süd“ Verlegung L 440		
Bohrung: B 5/16		0 - 12,0 m
m		m
0		1
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		7
7		8
8		9
9		10
10		11
11		12
		