

**Geotechnischer Untersuchungsbericht
zum Bauvorhaben
„Entwässerungskanal und Erschließungsstraße“
im Zuge der Baumaßnahme
"Bebauung/ Erschließung SWR-Areal Österberg "
in
72074 Tübingen**

Auftraggeber:

**Universitätsstadt Tübingen
Fachabteilung Stadtplanung
Brunnenstraße 3
72074 Tübingen**

Geotechnische Projektleitung:
Geologische Projektbearbeitung:

**Dipl.-Ing. (FH) Markus Katz
M.Sc. Tobias Mangold**

Erstattungsdatum:
Aktenzeichen:

**28. Juli 2021
TUESWRE G01**

Geschäftsführer:

PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER
DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ
DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HARLE
DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL

Vertretung Oberschwaben

PROF. DIPL.-ING. ROLF SCHRODI
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HARLE
Waldseer Str. 51 88400 Biberach
Tel.: 07351.47 400-30
Fax: 07351.47 400-29
E-Mail: bc@henkegeo.de

Vertretung Kirchheim/Teck

DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ
Blumenstr. 19
73271 Holzmaden
Tel.: 0177.71 61 678
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: tb@henkegeo.de

Vertretung Nagold

DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ
Haydnweg 10/1
72202 Nagold
Tel.: 0177.71 61 682
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: mk@henkegeo.de

Vertretung Schwarzwald-Baar

DIPL.-ING. (FH) ACHIM FÖRSTER
Vor dem Hummelsholz 4
78056 VS-Schwenningen
Tel.: 07720.95 86-92
Fax: 07720.95 86-87
E-Mail: vs@henkegeo.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	3
2. Unterlagen	3
3. Projektbeschreibung	4
4. Schutzgebietsausweisungen	4
5. Geologischer Überblick	5
6. Geotechnische Erkundung	6
6.1 Bohrsondierungen/ Bohrkernsondierungen	6
6.2 Bohrkernsondierung mit tragbarem Gerät	7
6.3 Schichtenbeschreibung und Schichtlagerung	7
7. Hydrogeologische Situation	9
8. Bodenverunreinigungen	9
8.1 Tragschichtmaterial im Bereich BKS 3	10
8.2 Auffüllungsmaterial im Bereich BKS 3	10
8.3 Quartäre Decklehme	10
9. Bodenmechanische Laborversuche	11
10. Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08	12
11. Bodenkennwerte	14
12. Geländeprofilierungen	14
13. Kanal- und Schachtbau	16
13.1 Graben- und Grubenaushub	16
13.3 Grabenentwässerung	17
13.4 Grabenverfüllung und Grabenverdichtung	18
13.5 Erddruckbemessung	20
14. Verkehrsflächen	20
14.1 Dimensionierung Oberbau	20
14.2 Bodenstabilisierung	22
14.3 Bodenaustausch	23
14.4 Erdplanum	23
14.5 Tragschicht	24
15. Standsicherheitsberechnungen	24
16. Schlussbemerkung	24

Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne	
		1.1	Übersichtslageplan
		1.2	Lageplan der Untersuchungspunkte und Profilschnitte
Anlage	2	Bohrkernsondierungen	
		2.1 - 2.4	Bohrkernsondierungen BKS 1 bis BKS 4
		2.5	Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Profilschnitte	
		3.1 + 3.2	Profilschnitt PS 1 und PS 2
Anlage	4	Zusammenstellung der bodenmechanischen/-physikalischen Laborversuche	
		4.1	Ergebnisse der Laborversuche
		4.2.1 – 4.2.2	Konsistenzgrenzenbestimmungen
Anlage	5	Chemische Analytik	
		5.1	Mischprobe “MP BKS 3 Tragschicht” nach VwV-Boden
		5.2	Mischprobe “MP BKS 3 Auffüllung” nach VwV-Boden
		5.3	Mischprobe “MP Quartär” nach VwV-Boden
Anlage	6	Homogenbereiche	Erdarbeiten
		6.1	Homogenbereich A18300 - Tragschicht
		6.2	Homogenbereich B18300 - Hanglehm/Fließerde/ Verwitterungslehm/ Auffüllung (bindig)
		6.3	Homogenbereich C18300 - Verwitterungsschicht
		6.4	Homogenbereich D18300 – Löwenstein-Formation (kmLw)

1. Auftrag

Die Universitätsstadt Tübingen plant im Bereich des SWR-Areals auf dem Österberg in Tübingen eine umfangreiche Neubebauung des Geländes. Im Zuge dieser Erschließungsmaßnahme ist zudem der Bau eines neuen Entwässerungskanals/-systems sowie einer Erschließungsstraße geplant.

In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (**HUP**) auf der Basis des Angebotes vom 16.02.2021 (Az.: TUESWRE K01) am 21.04.2021 von Frau Dillmann, als Vertreterin der Universitätsstadt Tübingen beauftragt, Geländeerkundungen durchzuführen und ein Geotechnischen Untersuchungsbericht zu erstellen.

2. Unterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

REIK Ingenieurgesellschaft mbH/ Universitätsstadt Tübingen:

- [1] Vorplanung Erschließung SWR-AREAL Österberg in Tübingen
 - [1.1] Höhenplan Variante 3; M 1:250
 - [1.2] Lageplan Variante 3; M 1:250

Henke und Partner GmbH:

- [2.1] Geotechnisches Gutachten zur Übersichtserkundung auf dem Grundstück des „SWR Tübingen, Matthias-Koch-Weg 7“ in 72074 Tübingen (Az.: TUESWR G01) vom 10.10.2018
- [2.2] Geotechnisches Gutachten zum Neubau „Funkhaus SWR Tübingen, Matthias-Koch-Weg“ in 72074 Tübingen (Az.: TUESWRN G01) vom 18.05.2020
- [2.3] Geotechnisches Gutachten zur Übersichtserkundung auf dem Grundstück des „SWR Tübingen, Matthias-Koch-Weg 7“ Planungsstand 06/2020 in 72074 Tübingen (Az.: TUESWR G02a) vom 17.11.2020

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB):

- [3] Geologische Karte (digital); M 1:50 000, GeoLa GK 2020

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW):

- [4] Schutzgebietsausweisungen; Stand 20.07.2021
<https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml>

3. Projektbeschreibung

Im Zuge der Neubebauung des SWR-Areals auf dem Österberg in Tübingen sind zusätzliche erd- und straßenbauliche Maßnahmen geplant. Diese umfassen den Bau einer Erschließungsstraße sowie die Verlegung von neuen Kanälen.

Entsprechend der Planunterlagen ([1.1] und [1.2]) ist die geplante Kanaltrasse zweigeteilt konzipiert und besteht aus einem Regenwasser (RW)- und einem Schmutzwasser (SW)-strang. Die Schmutzwassertrasse ist oberhalb der Regenwassertrasse geplant. Die Höhendifferenz der jeweiligen Kanalsohlen beträgt knapp 0,4 bis 0,5 m. Beide Trassen laufen aus Osten bzw. Norden geneigt in Richtung der Sammelschächte im südlichen Baugebiet zu. Das hier gesammelte Regenwasser/ Schmutzwasser wird dann westwärts in Richtung Wilhelm-Schussen-Weg aus dem Baugebiet abgeleitet. Der Hochpunkt der Kanalsohlen wird entsprechend der Geländetopografie im Osten der geplanten Trassen erreicht (390,74 mNN bzw. 390,34 mNN). Die Tiefpunkte der Trassensohlen werden im Bereich der Sammelschächte im Westen des Baugebiets auf Höhen von 384,79 mNN bzw. 384,28 mNN erreicht.

Die Ausdehnungen der beiden Nord-Südstränge der Kanaltrasse umfassen eine Länge von jeweils ca. 120 Metern. In Ost-West-Richtung erreichen die geplanten Trassenstränge Längen von jeweils ca. 70 bis knapp 100 Metern.

Die Erschließungsstraße soll oberhalb der geplanten Kanäle verlaufen. Kanaltrassen und Erschließungsstraße verlaufen parallel zueinander.

Ein Übersichtslageplan des Baugebiets kann Anlage 1.1 entnommen werden.

4. Schutzgebietsausweisungen

Das Grundstück liegt außerhalb von ausgewiesenen oder fachtechnisch festgelegten Wasserschutzgebieten und außerhalb von Überschwemmungsgebieten. Der südwestliche Bereich des Grundstücks, westlich des Bestandsgebäudes SWR, ist nach dem BPL „Nordwestlicher Österberg“ (Nr. 424 vom 18.11.1999) als Stadtbiotop ausgezeichnet.

Für die Magerwiese im nordöstlichen und östlichen Bereich des Grundstücks besteht eine Artenschutzrechtliche Empfehlung vom 12/2016. Weitere naturschutzrechtliche Schutzgebietsausweisungen sind nicht bekannt.

Gemäß den Angaben der LUBW [4] verläuft entlang der südlichen Grundstücksgrenze des Flurstücks 885, beginnend etwa auf Höhe der Zufahrt SWR in west-nordwestliche Richtung ein Gewässer mit dem Gewässernamen NN-EE1 und der Gewässer-ID 10153. Vermutlich handelt es sich hier um eine alte Entwässerung für Oberflächenwasser, welche zunächst als Rinne gestaltet ist, nach den ersten Treppeinstufen des Wilhelm-Schussen-Wegs (z.T. mit Steinen gefasst) in den ehemaligen Bachlauf mündet und sich im weiteren Verlauf (ab Gebäude Wilhelm-Schussen-Weg 17) unterirdisch (verdohlt) mit der Ammer verbindet. Wasserführung wurde während der Untersuchungstage nicht angetroffen.

5. Geologischer Überblick

Die im Untersuchungsgebiet im Wesentlichen auftretenden Lithologien und Baugrundverhältnisse wurden bereits im Rahmen der beiden Altgutachten ([2.1] und [2.2]) ausführlich beschrieben:

Das Grundstück befindet sich am östlichen Hang des Österbergs am Matthias-Koch-Weg in Tübingen ca. 100 Höhenmeter oberhalb der Ammer. Das Gelände fällt hier in westliche Richtung zu einer nordwestlichen Seitenklinge hinein, welche in ca. 0,5 km Entfernung in die Ammer mündet.

Gemäß der geologischen Karte von Baden-Württemberg verläuft unmittelbar durch das Grundstück die Grenze zwischen Trossingen-Formation kmTr (ehemals Knollenmergel km5) und der unterlagernden Löwenstein-Formation (ehemals Stubensandstein km4).

Der Knollenmergel besteht aus blauvioletten bis violettroten Tonmergeln und Tonen. Die Bezeichnung Knollenmergel ist auf stellenweise enthaltene Knollen konkretionären Karbonats zurückzuführen. Aufgrund einer durch die äolische Ablagerung bedingten fehlenden Schichtung und internen Gefügeregelung führt Trocknungs-Befeuchtungswechsel zu einem intensiven Zerfall, einhergehend mit einer ausgeprägten Plastifizierung, so dass der Knollenmergel in Ausstrichsbereichen stark zu Rutschungen neigt. Der Knollenmergel bildet die oberste Gesteinsformation des Österbergs und erreicht eine Gesamtmächtigkeit von ca. 40 m.

Der obere Teil des Stubensandsteins ist dem Knollenmergel sehr ähnlich ausgebildet, allerdings mit einer schwachen, manchmal nur schlecht erkennbaren Sandführung. Darunter stehen im Wesentlichen helle, relativ grobkörnige und massige Sandsteine, untergeordnet auch Sande und Schluffsteine, mit zwischengelagerten Tonmergellagen an. Die Gesamtmächtigkeit dieses Komplexes im Bereich von

Tübingen beträgt ca. 50 – 60 m. Die oberflächennahen Schichten werden von lehmigen, tlw. schuttführenden Hangablagerungen gebildet.

6. Geotechnische Erkundung

Zur Erkundung des Untergrundaufbaus sowie zur Probennahme zur umwelttechnischen und bodenmechanischen Charakterisierung des angetroffenen Bodenmaterials wurden im Bereich des geplanten Trassenverlaufs des Entwässerungskanals sowie der Erschließungsstraße am 23.06.2021 sowie 28.06.2021 insgesamt 4 Bohrsondierungen/ Bohrkernsondierungen (BKS) niedergebracht. Die Lage der Sondieransatzpunkte wurde entsprechend dem geplanten Trassenverlauf, vor Ausführung der Geländearbeiten festgelegt. Die Ansatzpunkte der Sondierungen wurden schließlich nach Lage und Höhe mittels GPS durch Mitarbeiter unseres Büros eingemessen.

Die Lage der Sondieransatzpunkte kann dem Übersichtslageplan in Anlage 1.2 entnommen werden.

6.1 Bohrsondierungen/ Bohrkernsondierungen

Von den 4 Geländeaufschlüssen wurden 3 Bohrkernsondierungen (BKS 1 bis BKS 3) mit der Sondierdrape am 23.06.2021 im Bereich der geplanten Kanaltrasse/ Erschließungsstraße niedergebracht. Die Sondierungen wurden dabei entsprechend der geplanten Tiefenlage der Trassensohlen bis in Tiefen von 3,1 m u. GOK (BKS 1) bis 4,6 m u. GOK (BKS 2) abgeteuft. Im Tiefenbereich der Teufe von BKS 1 wurde die Sondiergrenze beim Antreffen der Schichtoberkante der (verwitterten) Löwenstein-Formation (kmLw) erreicht. Insgesamt wurden im Zuge der Geländeuntersuchungen mittels Sondierdrape 12,0 lfd. Meter sondiert.

Die Sondierkerne wurden von einem Diplomgeologen unseres Büros vor Ort nach geologischen, umweltgeologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1 aufgenommen und beschrieben. Für bodenmechanische und bodenphysikalische sowie umweltgeologische Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial repräsentative Proben entnommen.

Die ausführlichen Schichtenbeschreibungen der im geplanten Trassenverlauf angetroffenen Bodenhorizonte in zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind dem vorliegenden Gutachten in den Anlagen 2.1 bis 2.3 beigefügt. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen kann Anlage 2.5 entnommen werden.

6.2 Bohrkernsondierung mit tragbarem Gerät

Aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit durch im Zugangsweg vorhandene Treppen und die vorherrschende Hanglage konnte die Sondierung am Aufschlusspunkt BKS 4 im Bereich Wilhelm-Schussen-Weg am 28.06.2021 nur mittels tragbarem Handsondiergerät durchgeführt werden. Die Handsondierung konnte dabei bis zum Erreichen der Sondiergrenze, also dem Antreffen der OK Verwitterungsschicht), bis in eine Tiefe von 1,2 m u. GOK abgeteuft werden.

Die erbohrte Sondierkern wurde ebenfalls von einem Diplomgeologen unseres Büros vor Ort nach geologischen, umweltgeologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1 aufgenommen und beschrieben. Für bodenmechanische und bodenphysikalische sowie umweltgeologische Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial repräsentative Proben entnommen.

Die ausführlichen Schichtenbeschreibung der im Bereich BKS 4 angetroffenen Bodenhorizonte in zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 ist dem vorliegenden Gutachten in der Anlage 2.4 beigelegt.

6.3 Schichtenbeschreibung und Schichtlagerung

Zur Verdeutlichung der Schichtlagerungsverhältnisse im Bereich der geplanten Kanaltrasse/ Erschließungsstraße wurden entlang des geplanten Trassenverlaufs zwei Profilschnitte (Maßstab: H = 1:100; L=1:200) dargestellt. Bei der Planung ist zu beachten, dass die dargestellten Längen zwischen den Aufschlüssen ggf. nicht den tatsächlichen Abständen entlang der Leitung entsprechen. Die geplanten Schacht-/Sohlhöhen des Regenwasser- bzw. Schmutzwasserkanals wurden als rote Linie (SW = Schmutzwasser) sowie als grüne Linie (RW = Regenwasser) in die Profilschnitte projiziert. Der geplante Gradientenverlauf der Erschließungsstraße wurde in Form einer braunen Linie in die beiden Profilschnitte hineinprojiziert. Zur Interpolation bzw. Konstruktion der Schichtgrenzen wurden zusätzlich die im Zuge der Alterkundungen ([2.1], [2.2] und [2.3]) erbohrten/ angetroffenen Schichtabfolgen verwendet. Der Schichtenverlauf zwischen den einzelnen Aufschlüssen wurde linear interpoliert, Abweichungen vom dargestellten Schichtenverlauf sind daher naturgemäß möglich. Die Schnittlagen der, annähernd leitungsverlaufstreuen, Profilschnitte geht aus dem Detaillageplan in Anlage 1.2 hervor. Die Profilschnitte liegen dem Gutachten in den Anlagen 3.1 sowie 3.2 bei.

Anhand der Aufschlüsse stellt sich die geologische Situation im Bereich der geplanten Kanal- und Straßenbauarbeiten wie folgt dar:

Im Bereich der geplanten Nord-Süd-Trasse folgen unterhalb des knapp 10 cm mächtigen, stellenweise umgelagerten, **Oberbodens** mit Grasnarbe im Bereich zwischen BKS 1 und BKS 2 zunächst ein knapp 3,1 m bis knapp 4,6 m mächtiges Schichtpaket aus **Hanglehmen, Fließerde** und **Verwitterungslehmen**, die zusammengenommen als **quartäre Deckschichten** eingestuft werden können. Diese zumeist aus tonigen Schluffen und schluffigen Tonen zusammengesetzten Schichte wurde im Untersuchungsgebiet zumeist bei weich-steifen und steifen angetroffen. Stellenweise sind auch halbfeste Konsistenzen (v.a. im Bereich von oberbodennahen Austrocknungen) möglich. Bereichsweise können innerhalb der bindigen Decklehm-schichtpakete auch fein- bis mittelsandige Zwischenhorizonte auftreten.

In Richtung Süden (KB 3, DPH 2, BKS 3) tritt das Decklehm-Paket nach und nach in umgelagerter/aufgefüllter Form, jedoch bei ähnlichen Konsistenzen, zu Tage. Im Bereich der gepflasterten Parkfläche werden diese **bindigen Auffüllungen** von einer knapp 70 cm mächtigen kiesigen **Tragschicht** überlagert. Die Mächtigkeit der umgelagerten Schichten verringert sich im Bereich BKS 3 dann auf knapp 1 Meter. Im Liegenden folgen dann wiederum anstehende Hanglehme, Fließerden und Verwitterungslehme. Die Unterkante der Decklehme wurde im Bereich der geplanten Kanaltrassen in Tiefen von knapp 3,1 m u. GOK (BKS 1) bis ca. 4,6 m u. GOK (BKS 2, DPH 2) erreicht.

Im Liegenden der Decklehme folgen dann die Einheiten der Löwenstein-Formation, die oben zunächst aus steinig-kiesigen und sandigen **Verwitterungsschichten**, bei unterschiedlicher Mächtigkeit ausprägung aufgebaut werden. Vereinzelt können hier auch verwitterte Sandsteinlagen und zwischengeschalte bindig-tonige Horizonte auftreten. Im Liegenden gehen die Verwitterungsschichten dann zur Tiefe nach und nach in die angewitterten und schließlich bergfrischen Sandstein-, Tonstein- und Mergelsteinlagen der **Löwenstein-Formation (kmLw)** über.

Im Bereich der geplanten Ost-West-Trasse erreicht das Decklehm-paket im Hangbereich bei BKS 3 ~ die größte Mächtigkeit von ca. 6 Metern. Die (verwitterten) Schichten der Löwenstein-Formation folgen unterhalb der Decklehme. Die Schichtoberkante der Verwitterungsschicht tritt dann am Hangfuß (vgl. BKS 4 im Wilhelm-Schussen-Weg) in geringerer Tiefenlage (ca. 1,2 m u. GOK) wieder zur Tage.

Die geplanten Kanaltrassensohlen kommen mit ihren planmäßigen Tiefenlagen ganz überwiegend im Bereich der (gut baggerbaren und generell standfesten) Decklehmhorizonte bzw. umgelagerten Decklehmhorizonten zu Liegen. Eine Einbindung in die mitunter schwer baggerbaren Verwitterungsschichten der Löwenstein-Formation erfolgt u.U. im Bereich unterhalb der gepflasterten Parkflächen (KB 3, DPH 2, BKS 3) sowie im Bereich des Hangfußes auf Höhe des Wilhelm-Schussen-Wegs. Hierbei muss ggf. dann mit Meißelarbeiten gerechnet werden.

7. Hydrogeologische Situation

Bis zum Erreichen der Sondiergrenzen wurden in den angetroffenen Deckschichten keine Grundwasserzutritte beobachtet. Ebenso konnten im Zuge der Alterkundungen ([2.1] und [2.2]) in den Sondierungen sowie den ausgebauten Grundwassermessstellen keine Wasserzutritte festgestellt werden. Eine ergiebiger Grundwasserführung kann daher erst in größeren Tiefen innerhalb der stellenweise als Kluft-/Porengrundwasserleiter fungierenden, bergfrischen Einheiten des Mittleren Keupers erwartet werden. Aufgrund des zu erwartenden tiefen Grundwasserstands sowie der eher geringen Einbindetiefe der Kanaltrasse ist im Bereich zwischen BKS 1 - BKS 4 im Zuge der Erdbauarbeiten nicht mit einem Grundwasserzustrom zu rechnen. Die Erd- und Kanalbauarbeiten bleiben daher von lateral durchgehenden Grundwasserführungen unbeeinflusst. Zudem wird eine dauerhafte Grundwassereinbindung von Bauteilen ausgeschlossen.

Ein zeitweises, lokales Auftreten von Hang- und Sickerwasser, insbesondere nach Starkregenereignissen ist daher ebenfalls unwahrscheinlich, kann aber v.a. im Bereich des Talhangs zwischen BKS 3 und BKS 4 nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

8. Bodenverunreinigungen

Das im Zuge der Erdbauarbeiten großvolumig anfallende Bodenmaterial kann generell nach Möglichkeit direkt wieder zum Verfüllen des Leitungsgrabens wiederverwendet werden. Möglicherweise kommt es hierbei jedoch zu einem Anfall von überschüssigem Bodenmaterial. Hinsichtlich einer Verwertungseinstufung des etwaig anfallenden Bodenmaterials wurden im Zuge der Geländeerkundung aus den Geländeaufschlüssen Bodenproben entnommen und je nach Lithologie zu Mischproben vereinigt. Die insgesamt drei zusammengestellten Mischproben (siehe Kapitel 8.1 bis 8.3) wurde dann hinsichtlich einer Verwertungseinstufung in ein chemisches Labor verbracht und dort jeweils auf den Parametersatz der VwV¹-Boden hin analysiert.

¹ Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007 (GABI. Nr. 4, S. 172) zuletzt berichtigt am 19.12.2017/ GABI. Nr. 13, S. 656).

8.1 Tragschichtmaterial im Bereich BKS 3

Im Bereich des Geländeaufschlusses BKS 3 wurde unterhalb des Pflasterbelags zwischen knapp 0,08 m bis 0,8 m u. GOK ein Tragschichthorizont angetroffen, von welchem dann eine Bodenmischprobe („MP BKS 3 Tragschicht“) entnommen wurde.

Bezogen auf den Parametersatz der VwV-Boden ergab die Analytik keine erhöhten Schadstoff- bzw. Elementkonzentrationen, sodass das vom Erdaushub betroffene Bodenmaterial des Tragschichtmaterials im Bereich BKS 3 entsprechend der VwV-Boden in die Verwertungsklasse Z0 eingestuft werden kann.

Die ausführlichen chemischen Analysenergebnisse der Mischprobe „MP BKS 3 Tragschicht“ nach VwV-Boden liegen dem Gutachten als Anlage 5.1 bei.

8.2 Auffüllungsmaterial im Bereich BKS 3

Im Bereich des Geländeaufschlusses BKS 3 wurde unterhalb des Tragschichthorizonts zwischen knapp 0,8 m bis 1,8 m u. GOK ein bindiger Auffüllungshorizont aus umgelagerten Hanglehmen angetroffen, von welchem dann ebenfalls eine Bodenmischprobe („MP BKS 3 Auffüllung“) entnommen wurde.

Bezogen auf den Parametersatz der VwV-Boden ergab die Analytik keine erhöhten Schadstoff- bzw. Elementkonzentrationen, sodass das vom Erdaushub betroffene Bodenmaterial der bindigen Auffüllungen im Bereich BKS 3 entsprechend der VwV-Boden in die Verwertungsklasse Z0 eingestuft werden kann.

Die ausführlichen chemischen Analysenergebnisse der Mischprobe „MP BKS 3 Auffüllung“ nach VwV-Boden liegen dem Gutachten als Anlage 5.2 bei.

8.3 Quartäre Decklehme

In allen vier Sondierungen wurden quartäre Decklehme angetroffen. Für die Erstellung der Mischprobe („MP Quartär“) wurden folgende Einzelproben verwendet (Tabelle 1):

Tabelle 1: Für die Erstellung der Mischprobe „MP Quartär“ verwendete Einzelproben.

Sondierung	Verwendete Einzelproben aus Sondierung [m u. GOK]
BKS 1	0,1-1,0 + 1,0-1,5 + 1,7-2,3 + 2,3-2,9
BKS 2	0,1-1,0 + 1,0-1,5 + 2,5-3,0 + 3,0-4,6
BKS 3	1,8-2,8 + 3,5-4,3
BKS 4	0,2-0,8 + 0,8-1,2

Bezogen auf den Parametersatz der VwV-Boden ergab die Analytik keine erhöhten Schadstoff- bzw. Elementkonzentrationen, sodass das vom Erdaushub betroffene Bodenmaterial der quartären Decklehme entsprechend der VwV-Boden in die Verwertungsklasse Z0 eingestuft werden kann. Bei bodenmechanischer Eignung kann ein direkter Wiedereinbau demnach durchgeführt werden.

Bei den entnommenen Proben handelt es sich lediglich um punktuell im Bereich des Linienbauwerks entnommenen Bodenproben. Sollten im Zuge der Aushubarbeiten wieder erwarten organoleptisch auffällige Bodenhorizonte angetroffen werden, sind diese getrennt in Haufwerken zu lagern und der Gutachter zu benachrichtigen. Der großflächig im Bereich der geplanten Leitungstrasse anstehenden Oberboden sowie die anstehenden Vegetationsdecke ist vor Beginn der Baumaßnahme abzuschleppen. Abhängig von der benötigten Menge zur Wiederanddeckung ist der Oberboden bis dahin fachgerecht in Mieten zwischenzulagern. Überschüssiger Oberboden ist abzufahren und anderweitig zu verwerten.

Die ausführlichen chemischen Analysenergebnisse der Mischprobe „MP Quartär“ nach VwV-Boden liegen dem Gutachten als Anlage 5.3 bei.

9. Bodenmechanische Laborversuche

Für Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial insgesamt

14 Becherproben (BP)

entnommen, von denen alle zu weiteren bodenmechanischen und bodenphysikalischen Untersuchungen verwendet wurden.

Zur Klassifizierung und Bestimmung der bodenmechanischen und bodenphysikalischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten wurden an den entnommenen Bodenproben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

13	mal	Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach	DIN EN ISO 17892-1
2	mal	Bestimmung des Konsistenzgrenzen nach	DIN 18122

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse liegt als Anlage 4.1, die Bestimmung der Konsistenzgrenzen der Proben des Hang- und des Verwitterungslehms liegen in den Anlagen 4.2.1 und 4.2.2 dem Geotechnischen Untersuchungsbericht bei.

Die Konsistenzgrenzenbestimmungen der Proben des **Hanglehms** aus BKS 1 („BKS 1 0,1-1,0“) lieferte bei einem Wassergehalt, w_n von 28,2 % eine **steif-halbfeste** Konsistenz sowie nach DIN 18196 die Bodenarten **TA** (ausgeprägt plastischer Ton).

Die Konsistenzgrenzenbestimmungen der Proben des **Verwitterungslehms** aus BKS 3 („BKS 3 3,5-4,3“) lieferte bei einem Wassergehalt, w_n von 17,3 % eine **steife** Konsistenz sowie nach DIN 18196 die Bodenarten **TL** (leichtplastischer Ton).

Nach ZTV E-StB² Tabelle 3 sind die überwiegend vom Aushub betroffenen Hang-/Verwitterungslehme hinsichtlich der Frostempfindlichkeit in die Frostempfindlichkeitsklassen F3 als „sehr frostempfindlich“ bis F2 als „gering bis mittel frostempfindlich“ einzustufen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Laboruntersuchungen bestätigen annähernd die bereits im Gelände angetroffenen und beschriebenen bodenmechanischen Charakteristika der im Baugebiet auftretenden Lithologien.

10. Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08

Die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden und Einheiten können entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen anhand der Baugrunduntersuchung, den durchgeführten bodenmechanischen

² ZTV E-StB 17 „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Erdarbeiten im Straßenbau“

und felsmechanischen Untersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 für Erdarbeiten eingeteilt werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300:2015-08.

Schicht	Erdarbeiten
Tragschicht <i>-kiesig-steinig</i>	A 18300
Hanglehm/ Fließerde/ Verwitterungslehm/ Auffüllung (bindig) <i>-überw. steif</i> <i>-stellenweise halbfest</i> <i>-bereichsweise mit sandigen Einschaltungen</i>	B 18300
Verwitterungsschicht <i>-verwitterte und zerlegte Ton-/Mergel- und Sandsteinlagen</i> <i>-mögl. stellenweise bindige/sandige Zwischenschichten</i>	C 18300
Löwenstein-Formation (kmLw) <i>-lagig bis plattige Fein-Mittelkörnige Sand-, Ton- und Mergelsteine</i> <i>-angewittert; z. Tiefe bergfrisch</i>	D 18300

Die Angaben zu den einzelnen Homogenbereichen sind in den Anlagen 6.1 bis 6.4 beigefügt. Die den Homogenbereichen zugeordneten Schichtgrenzen können den Profilen der Sondierungen (Anlage 2.1 bis 2.4), sowie den beiden Profilschnitten in den Anlage 3.1 und 3.2 entnommen werden.

Der weiträumig im Gelände anstehende Oberboden, sowie die auflagernde Vegetationsdecke sind vor Beginn der eigentlichen Erdbauarbeiten abzuschleifen und getrennt zu verwerten. Für Oberbodenarbeiten ist DIN 19731 maßgeblich.

Die aufgeführten Bodenparameter gelten ausschließlich zur Charakterisierung der anstehenden Böden hinsichtlich des Lösens, Förderns, Ladens und Transportierens entsprechend den Zielsetzungen der VOB. Die Werte gelten ausdrücklich nicht für erdstatische Berechnungen und sonstige Bemessungen.

Die in den genannten Anlagen angegebenen Werte sind nur z.T. durch Laboruntersuchungen direkt bestimmt worden. Andere Angaben beruhen auf Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und Schätzungen, wodurch Abweichungen zu den tatsächlichen Werten nicht auszuschließen sind. Für eine Präzisierung wären zusätzlich weitere Laboruntersuchungen erforderlich. Bei Bedarf und Relevanz wird um

Mitteilung gebeten. Zur Ausarbeitung der Homogenbereiche wurden auch die Erfahrungswerte aus den Altgutachten [2] verwendet.

11. Bodenkennwerte

Für die im Baufeld angetroffenen Böden können nachfolgende Bodenkennwerte als charakteristische Bodenkennwerte nach Eurocode 7 angesetzt werden (Tabelle 3). Die Boden- bzw. Berechnungskennwerte sind auf der Grundlage der Geländeaufnahmen, den durchgeführten Laboruntersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden festgelegt worden. Zur Ausarbeitung der Bodenkennwerte wurden auch die Erfahrungswerte aus den Altgutachten [2] verwendet.

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte.

Bodenschichten	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion	Steifemodul
	γ_k [kN/m ³]	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
Tragschicht -kiesig-steinig	19 (18 – 20)	35 (32,5 – 40,5)	0	50 (30 – 80)
Hanglehm/ Fließerde/Verwitterungslehm Auffüllung (bindig) -überwiegend steif -stellenweise halbfest -bereichsweise mit sandigen Einschaltungen	20,5 (19,0 – 20,5)	22,5 (20 – 25)	10 (5 – 15)	8 (5 – 15)
Verwitterungsschicht -verwitterte und zerlegte Ton-/Mergel- und Sandsteinlagen -mit bindigen/sandigen Zwischenhorizonten	20,5 (18 – 21)	27,5 (25 – 32,5)	15 (10 – 30)	30 (16 – 60)
Löwenstein-Fm. (kmLw) -lagig bis plattige Fein-Mittelkörnige Sandsteine, Tonsteine und Mergelsteine -angewittert; z. Tiefe bergfrisch	23,5 (22 – 25)	30 (27,5 – 32,5)	30 (20 – 50)	80 (40 - 150)

() Schwankungsbreite der Bodenkenngrößen (z. B. für Grenzwertbetrachtungen).
fett = für Berechnungen empfohlene charakteristische Bodenkennwerte.

12. Geländeprofilierungen

Im Bereich der Verkehrswege sind ein Geländeauftrag von bis zu ca. 3 m Mächtigkeit und in geringem Umfang ein Abtrag von etwa 0,5 m notwendig.

Bei der Geländeauffüllung ist zu beachten, dass sich an der Basis und innerhalb der Auffüllung keine Stauhorizonte durch zutretendes Sicker- oder Schichtenwasser bilden können, welches die Hangstabilität ungünstig beeinträchtigen kann. Bei einer Auffüllung mit nichtbindigen bis schwach bindigen Böden (Bodenart nach DIN 18196: GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST) wie auch bei einem Belassen der vorhandenen Tragschicht ist die Basis des durchlässigeren Aufbaus mittels Dränagen zu entwässern. Über die Ausbildung des Dränagesystems ist eine Ausführungsplanung zu erstellen.

Bei einer Auffüllung von gemischtkörnigen und feinkörnigen Böden, wie die anstehenden Aushubböden, über bindigem Untergrund kann auf eine Dränierung verzichtet werden. Wegen der zum Teil nur steifen Konsistenz der Aushubböden muss jedoch für einen definierten Einbau eine Bodenverbesserung mit Bindemittel zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und Tragfähigkeit vorgesehen werden. Bei der Verwendung von Fremdböden sollten die Böden zur Verringerung der notwendigen Bindemittelzugabe halbfeste Konsistenz besitzen.

Es wird empfohlen bei Fremdböden nur Böden der Kategorie Z0, maximal Z1.1 nach Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die „Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ vom 14.03.2007 (VwV) zu verwenden, um bei späteren Eingriffen keine erhöhten Entsorgungskosten zu bekommen. Darüber hinaus ist der Sulfatanteil der Lieferböden auf ≤ 20 mg/l zu begrenzen, um unerwünschte Wechselwirkungen (Ettringitbildung) bei Ausführung einer Bodenverbesserung zu verhindern.

Zur Festlegung der geeigneten Bindemittelart und Bindemittelzugabemenge für den Einbau werden Eignungsprüfungen oder das Anlegen von Probefeldern empfohlen.

Der Geländeauftrag ist flächig aufzubauen, um ein gleichmäßiges Trag- und Verformungsverhalten zu erhalten. Die maximale Schütthöhe je Einbaulage ist auf das Schüttmaterial und das Verdichtungsgerät abzustimmen. Die verdichtete Schütthöhe ist jedoch auf maximal 40 cm im flächigen Einbau zu beschränken. Die Aushubsohle und Einbauebenen sind bei einer Neigung größer als 1:5 abzutreten. Der Randbereich des Geländeauftrages ist bei einer Dammbauweise mit vorübergehendem Überprofil von mindestens 1 m zu schütten, zu verdichten und nach Erreichen der Endhöhe auf die Sollgeometrie zu profilieren oder es sind im Randbereich auf 2 m Breite geringere Schütthöhen aufzubauen und kleinere Verdichtungsgeräte einzusetzen.

Die Anforderungen an die Verdichtung der Auffüllung und eine Abschätzung der notwendigen Bindemittelzugabemenge für die anstehenden Böden können dem Kapitel 13.4 entnommen werden.

13. Kanal- und Schachtbau

13.1 Graben- und Grubenaushub

Die im Untersuchungsabschnitt überwiegend anstehenden bindigen Böden (Hanglehm, Fließerde, Verwitterungslehm, bindige Auffüllung) sind gut baggerbar und können profilgerecht ausgehoben werden. Lediglich aus der Tragschicht und der Verwitterungsschicht und der Löwenstein-Formation kann es beim Aushub zu geringen Ausbrüchen kommen.

Die Aushubsohlen sind eben und mit Gefälle für die Entwässerung der Grabensohlen herzustellen, so dass sich Sicker- und Schichtenwasser unterhalb der Kanaltrasse nicht einstauen können.

Stehen in den Aushubsohlen der Gruben und Gräben Böden mit weicher Konsistenz an, sind diese mit bindigen Böden mit mindestens halbfester Konsistenz oder bodenverbesserten bindigen Böden auszutauschen.

Wegen der Rutschungsproblematik im Hanggelände sind bei Grabentiefen über 2 m, die offene Grabenlänge auf 10 m zu begrenzen.

13.2 Böschungsbildung von Gräben und Gruben

Bei der Herstellung der Kanalgräben und Gruben für Schächte sind die Angaben der DIN 4124 zu beachten. Die erforderlichen Abstände von Fahrzeugen bzw. Baugeräten zum Graben ist ebenfalls der DIN 4124 zu entnehmen. Bei Gräben, die von Personal betreten werden und tiefer als 80 cm sind, müssen mindestens 0,60 m breite Schutzstreifen beidseitig neben den Gräben angeordnet werden, die von Aushubmaterial und Gegenständen freigehalten werden müssen.

Gräben und Gruben dürfen bis zu 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung, wenn die zuvor angegebenen Schutzstreifen vorhanden sind und Fahrzeuge bzw. Baugeräte den erforderlichen Abstand nach DIN 4124 einhalten, senkrecht ausgeschachtet werden. Gräben und Gruben mit Tiefen > 1,25 m müssen mit abgeböschten Wänden oder mit einem Verbau hergestellt werden.

Für geböschte ausgeführte Gräben und Gruben bis 5 m Tiefe werden in Anlehnung an DIN 4124 nachfolgende Böschungswinkel zugelassen. Neben einem größeren Platzbedarf entlang der Trasse resultieren gegenüber verbauten Gräben größere Aushub- und Einbaumassen.

Schicht	Böschungswinkel	
	bis 2 m Tiefe	bis 5 m Tiefe
Schottertragschicht	$\beta \leq 60^\circ$	$\beta \leq 45^\circ$
bindige Auffüllung Hanglehm, Fließerde, Verwitterungslehm,	$\beta \leq 60^\circ$	$\beta \leq 45^\circ$
Verwitterungsschicht Löwenstein-Formation	$\beta \leq 70^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$

Die Böschungskronen sind für Baugeräte von 12 t bis 40 t auf eine Breite von mindestens 2 m, bei Fahrzeugen unter 12 t auf mindestens 1 m Breite lastfrei zu halten. Bei Zusatzlasten entlang der Böschungskrone oder größeren Böschungshöhen ist die Böschung abzuflachen bzw. ein rechnerischer Standsicherheitsnachweis zu führen.

Wird ein Zufluss von Sickerwasser in Gräben oder Gruben festgestellt, sind diese mittels Grabenverbaugeräten nach DIN 4124 zu sichern.

Zum Schutz vor Durchfeuchtung bzw. Erosion durch Niederschlagswasser sowie zur Verhinderung der Austrocknung und damit der Verminderung der Standfestigkeit, sind Böschungen mit längerer Standzeit (> 10 Tage) durch überlappende Kunststoff-Folien abzuhängen und so vor ungünstigen Witterungseinflüssen zu schützen. Den Gräben und Gruben zulaufendes Oberflächenwasser ist mittels Tagwassersperren fernzuhalten.

13.3 Grabenentwässerung

Zur Vermeidung von Stauhorizonten durch Schichten- oder Sickerwässer sind an der Basis der Gräben sählig verlegte Dränagen (Teilsickerrohre) zur Sicherstellung der vollständigen Wasserableitung als Begleitdränagen in Anlehnung an die DIN 4095³ anzuordnen. Bei abgestuften Kanalgräben reicht eine Dränage entlang der tieferen Aushubsohle aus. Da die Schachtbauwerke tiefer als die Kanäle verlegt werden, sind die Dränagen um die Schachtbauwerke zu führen und der unterhalb der Dränagen liegende Arbeitsraum mit bindigen Böden (mindestens halbfeste Konsistenz oder bodenverbesserte Böden) zu verfüllen. Alternativ könnte die Dränage in den Gräben tiefer angeordnet werden, so dass eine Entwässerung der Schachtaushubsohlen möglich wäre.

³ DIN 4095 (1990) „Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, Planung, Bemessung und Ausführung“

13.4 Grabenverfüllung und Grabenverdichtung

Innerhalb der **Leitungszone** ist gering kompressibles, gut verdichtbares Material nach den Vorschriften der jeweiligen Leitungsbetreiber zu empfehlen. Hierunter fallen nichtbindige bis schwach bindige Böden mit den Bezeichnungen nach DIN 18196: GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST. Die Verdichtung in der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen. In der Leitungszone müssen Verdichtungsgrade $D_{Pr} \geq 97 \%$ erreicht werden.

Als Verfüllmaterial in der **Verfüllzone** können neben den oben genannten nichtbindigen bis schwachbindigen Böden auch die nachfolgenden grob- und gemischtkörnige Böden mit größerem Ton- und Schluffanteil mit den Bezeichnungen nach DIN 18196: GU*, GT*, SU*, ST* sowie feinkörnige Böden, wie die beim Aushub anfallenden Böden, mit den Bezeichnungen nach DIN 18196: TL, TM, TA eingesetzt werden.

Die Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} innerhalb der Verfüllzone ist in Abhängigkeit des verwendeten Verfüllmaterials festzulegen. Unter befestigten Verkehrsflächen gelten die Vorgaben der ZTV-E-StB⁴ und ZTV A-StB⁵ (Tabelle 4).

Tabelle 4: Anforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} und Luftporenanteil nach (ZTV E StB Tabelle 4)

	Bereich	Bodengruppen	D_{Pr} [%]	n_a [Vol.-%]
1	Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST	100	-
2	1,0 m unter Planum bis Dammsohle	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST	98	-
3	Planum bis Dammsohle und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GU*, GT*, SU*, ST*, U, T, OU, OT	97	12

Bei Verwendung der anstehenden bindigen Böden müssen diese mindestens halbfeste Konsistenz aufweisen, um die gestellten Anforderungen auf $D_{Pr} \geq 97\%$ einhalten zu können. Böden mit geringerer Konsistenz müssen zur Verbesserung der Verdichtungseigenschaften mit Bindemittel aufbereitet werden. Als Bindemittel eignet sich Weißfeinkalk oder ein Mischbindemittel (z.B. Dorosol C30 oder C50). Die Bindemittelzugabemengen sind vom Wassergehalt bei der Ausführung abhängig. Um eine unerwünschte Verfestigung innerhalb der Verfüllzone zu vermeiden ist die Bindemittelzugabemenge möglichst gering zu halten. Für die Verbesserung der Einbaufähigkeit der Böden dürfte eine Zugabemenge

⁴ ZTV E-StB 2017 ZTV Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

⁵ ZTV A-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

von ca. 0,5 M-% - 1,0 M-% ($8-16 \text{ kg/m}^3$) ausreichen. Das Bindemittel ist mittels Fräsen in den Boden einzuarbeiten, so dass ein homogenes Boden-Bindemittelgemisch erreicht wird. Mit dem geforderten Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ wird die Eigensetzung einer Verfüllung auf ca. 1% der Verfüllhöhe geschätzt.

Auf dem Erdplanum der Verkehrswege ist neben der Proctordichte zusätzlich eine Tragfähigkeit von $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Bei Einbau der anstehenden Böden muss zur Tragfähigkeitserhöhung der anstehenden Böden eine höhere Bindemittelzugabe, von ca. 2 M-% bis 3 M-%, ($32-50 \text{ kg/m}^3$) bis in eine Tiefe von 0,5 m unter Erdplanum vorgesehen werden.

Bei den außerhalb von Verkehrsflächen liegenden Grabenabschnitten können Setzungen auf der Oberfläche zugelassen werden. In der Verfüllzone der Leitungstrasse können daher die anstehenden Böden, bevorzugt die mit mindestens steifer Konsistenz wieder eingebaut werden. Die Mindestanforderung an die Verdichtung wird aufgrund der Hanglage und um ein nachträgliches starkes Aufweichen von Böden zu vermeiden mit $D_{Pr} \geq 95\%$ gestellt. Die Eigensetzung einer solchen Verfüllung wird mit ca. 2-3% der Verfüllhöhe geschätzt. Es wird empfohlen diese Grabenoberflächen mit einer leichten Geländeüberhöhung zu verfüllen.

Die anstehenden Böden sind sehr witterungsempfindlich (siehe Kapitel 9). Durch Niederschläge oder bei unsachgemäßer Zwischenlagerung kann es zu einer erheblichen Verschlechterung der erdbautechnischen Eigenschaften für den Wiedereinbau kommen. Der Boden sollte bei ungünstiger Witterung abgedeckt oder unmittelbar nach dem Aushub wieder in den bereits hergestellten Grabenabschnitten eingebaut werden.

Werden nichtbindige oder schwachbindige Böden als Grabenverfüllung eingebaut, müssen zur Verringerung von Sickerwasserzutritten in die Gräben mindestens die oberen 0,5 m mit bindigen Böden aufgebaut werden.

Das Verfüllmaterial ist gleichmäßig lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Mächtigkeiten der Einbaulagen sind auf das verwendete Gerät und auf den Boden abzustimmen. Die verwendeten Baustoffe und Einbauverfahren dürfen zu keinen schädlichen Verformungen oder ungünstigen Lastfällen für die Leitung führen. Das Verdichten darf in der Leitungszone und in dem Bereich bis 1,0 m über Rohrscheitel nur mit leichtem, darüber auch mit mittelschwerem Verdichtungsgerät ausgeführt werden. Schwer zugängliche Bereiche in der Leitungszone, in denen sich der Verfüllboden nicht fachgerecht

verdichten lässt, sind mit anderen geeigneten Baustoffen, wie z.B. Dämmen oder Flüssigbänden, zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die Rohrbettung und den Oberbau auswirkt.

Die Auffüllungen sind über Kontrollprüfungen auf die Einhaltung der geforderten Verdichtung bzw. Tragfähigkeit zu überwachen.

13.5 Erddruckbemessung

Die Erddruckbemessung auf Schachtbauwerke ist für die zugelassenen Schüttmaterialien mit einem Ersatzreibungswinkel

$$\varphi = 25^\circ$$

anzusetzen.

Bei einem starren, unverschieblichen Schacht ist der Erdruchdruck als wirksamer Erddruck anzunehmen. Der Erddruck ist mit dem Verdichtungserddruck e_{vh} nach DIN 1054/4085 zu überlagern, der maximale Erddruck ist in der Bauteilbemessung zu berücksichtigen. Bei Arbeitsraumbreiten bis 1 m ist der Verdichtungserddruck mit $e_{vh} = 40 \text{ kN/m}^2$, bei Arbeitsraumbreiten über 2,5 m mit $e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2$ anzunehmen. Bei Arbeitsraumbreiten zwischen 1 m und 2,5 m dürfen die Erddruckbeiwerte linear interpoliert werden. Der maximale Erddruck ist in der Schachtbemessung zu berücksichtigen.

14. Verkehrsflächen

14.1 Dimensionierung Oberbau

Für den Aufbau der Verkehrsflächen wird die Anwendung der Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012) empfohlen.

Die Aufbauten der Verkehrsflächen sind in Abhängigkeit der Straßenkategorie und Belastungsklassen nach der RStO bzw. der Nutzung durch den Verkehrsplaner festzulegen. Nachfolgend sind auszugswise Belastungsklassen nach typischen Entwurfssituationen nach RASt (Tabelle 2 der RStO) aufgeführt:

Gewerbestraße	Bk1,8 bis Bk100
Quartiersstraße	Bk1,0 bis Bk3,2
Sammelstraße	Bk1,0 bis Bk3,2

Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen (Tabelle 4 der RStO):

PKW-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	Bk0,3 bis Bk1,8
--	-----------------

Abstellflächen (Tabelle 5 der RStO):

Nicht ständig vom Schwerverkehr genutzte Flächen	Bk1,0/Bk1,8
Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)	Bk0,3

Die Dicke des Straßenbaues ist so zu dimensionieren, dass zum einen die Tragfähigkeit und zum anderen die Frostsicherheit gewährleistet sind. Bei nachstehenden Angaben wird vorausgesetzt, dass eine dauerhaft wirksame Planumsentwässerung vorhanden ist.

Das Baufeld liegt nach Bild 6 der RStO in der Frosteinwirkungszone I, so dass kein Zuschlag auf den Ausgangswert zur Bestimmung eines frostsicheren Straßenaufbaues nach Tabelle 7 vorzusehen ist. Die oberflächennah anstehenden bindigen Auffüllungen, Hanglehm, Fließerde, Verwitterungslehm sind der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen.

In Abhängigkeit der Belastungsklasse ergeben sich damit hinsichtlich der Frostsicherheit folgende Mindestaufbaumächtigkeiten (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5: Frostsichere Mindestdicke von Verkehrsflächen (aus der RStO)

Belastungsklasse	Frostempfindlichkeitsklasse	frostsichere Mindestdicke [cm]
Bk3,2 bis Bk1,0	F3	60
Bk0,3	F3	50

In der RStO wird auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ vorausgesetzt. Diese Anforderung wird auf dem nicht verbesserten Erdplanum der bindigen Böden nicht erreicht, so dass eine Bodenverbesserung oder Bodenaustausch erforderlich wird.

Aus Erfahrung werden auf den bindigen Böden Tragfähigkeiten von etwa $E_{v2} = 10 - 15 \text{ MN/m}^2$ erreicht. Die vorhandenen Ausgangstragfähigkeiten sind nach dem Freilegen des Erdplanums über Lastplatten-druckversuche zur Festlegung der Bodenverbesserungs- bzw. Bodenaustauschmaßnahmen zu prüfen.

14.2 Bodenstabilisierung

Die Bodenstabilisierung unter dem Erdplanum von Verkehrsflächen wird mit einer Mindestmächtigkeit von 40 cm empfohlen.

Für die Bodenstabilisierung der anstehenden bindigen Böden wird als Bindemittel ein Zement-Kalk Gemisch mit einem Mindestzementanteil von 50% (z.B. Dorosol C 50, C 30 der Firma Holcim oder Bodenbinder BB 500, BB 300 der Fa. Schwenk) empfohlen. Durch den Zementanteil werden höhere Tragfähigkeiten und Scherfestigkeiten erreicht als bei einer reinen Kalkzugabe.

Die Zugabemenge ist bei der Bauausführung auf die geforderte Tragfähigkeit, die Feuchtdichte des Bodens und die Witterungsverhältnisse anzupassen. Die Durchführung einer Eignungsprüfung für eine Bodenverbesserung oder das Anlegen eines Probefeldes zu Beginn der Baumaßnahme wird empfohlen. Die Mindestbindemittelzugabemenge wird mit ca. 3 M-%, ca. 50 kg/m^3 , gefordert.

Um ein homogenes Boden-Bindemittel Gemisch zu erhalten, ist die Einarbeitung des Bindemittels mit einer leistungsfähigen Fräse auszuführen, die auch die steinigere Auffüllungen mit bearbeiten kann. Bei zu trockenen Böden ist eine Wasserzugabe erforderlich, um die Verdichtungsanforderungen einhalten zu können. Eine mindestens 2-fache Überfahrt mit der Bodenfräse wird als notwendig angesehen.

Die geforderte Tragfähigkeit ist durch statische Plattendruckversuche auf OK Erdplanum spätestens einen Tag nach dem Einbau nachzuweisen.

Bei Ausführung einer Bodenstabilisierung ist der geplante Ausführungszeitraum zu beachten. Üblicherweise müssen die stabilisierten Böden bei Temperaturen unter 5° geschützt werden. Gefrorener Boden kann nicht für eine Stabilisierung verwendet werden.

Durch die Lage des Baufeldes mit umliegender Bebauung und parkenden PKW's ist auf eine staubarme Ausbringung und Einarbeitung des Bindemittels (Ätzwirkung auf Aluminium, Glas, Autolack usw.) zu achten. Ist dies nicht möglich, kann der Boden alternativ auch auf einer geeigneten Zwischenlagermiete

stabilisiert werden. Für den An- und Abtransport sowie die Baggerarbeiten zum Beladen und Verteilen entstehen Zusatzaufwendungen gegenüber der in-situ Aufbereitung.

14.3 Bodenaustausch

Bei einem Bodenaustausch mit kornabgestuftem Tragschichtmaterial (z.B. STS 0-45 mm) kann die erforderliche Mächtigkeit in Abhängigkeit der Ausgangstragfähigkeit auf dem Erdplanum aus nachfolgender Tabelle 6 entnommen werden.

Tabelle 6: Bodenaustauschmächtigkeit mit Tragschichtmaterial unter Verkehrsflächen

Ausgangstragfähigkeit auf dem Erdplanum E_{v2} [MN/m ²]	10	15	20	30	40
erforderlicher Bodenaustausch mit Tragschichtmaterial [cm]	40	30	25	15	5

Über einem bindigen Erdplanum ist ein geotextiles Vlies der Georobustheitsklasse 3 (GRK 3) zu verlegen, über einem nichtbindigen Erdplanum kann auf diesen Einbau verzichtet werden

Eine genauere Eingrenzung der Bodenaustauschmaßnahmen und Abschätzung der erreichbaren Tragfähigkeit, lässt sich über Plattendruckversuche auf dem planmäßigen Erdplanum im Zuge der Bauausführung erreichen.

14.4 Erdplanum

Die nachstehenden Angaben setzen voraus, dass eine dauerhaft wirksame Entwässerung des Erdplanums (Quer- und Längsneigung, ausreichende Dränung, Kontrollschächte usw.) und der Verkehrsfläche vorhanden sind. Zur Entwässerung der gering durchlässigen, wasserempfindlichen Böden sind die Hinweise der ZTV-E-StB⁶ zu beachten. Nach Pkt. 4.4.5 sind Querneigung von mindestens 4% und bei einer qualifizierten Bodenverbesserung/-verfestigung mindestens 2,5% vorzusehen. Das fertiggestellte Planum ist vor Witterungseinflüssen (Austrocknung, Niederschläge, Frost, usw.) zu schützen. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind in Abhängigkeit der Liegezeit festzulegen. Das anfallende Wasser aus dem Erdplanum ist kontrolliert mittels einer Dränage abzuleiten.

6 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 2017

14.5 Tragschicht

Für den Tragschichtaufbau wird ein korngestuftes, gebrochenes, frostunempfindliches Baustoffgemisch empfohlen, z.B. Schotter FSS/STS 0-45mm oder 0-56 mm. Der Einbau des Schotters hat lagenweise ($d \leq 30$ cm) bei einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 103$ % zu erfolgen. Der Nachweis kann näherungsweise mittels statischen Plattendruckversuchen bei Einhaltung eines Verhältniswertes von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ erfolgen.

15. Standsicherheitsberechnungen

Nach Fertigstellung der Straßenplanung sind die Abschnitte mit mächtigeren Auffüllungen im Gelände, wie z.B. im Einfahrtsbereich und an der Wendepatte, hinsichtlich der Standsicherheit der Dammschüttung und der Hangsituation, entsprechend den Forderungen im Kapitel 14 des Übersichtsgutachtens [2.3], rechnerisch zu untersuchen.

16. Schlussbemerkung

Die Ausführungen im Gutachten beruhen auf punktuell durchgeführten Aufschlüssen. Treten im Zuge der Erdarbeiten von den beschriebenen Baugrund- oder Grundwasserverhältnissen wesentliche Abweichungen auf, ist der Gutachter umgehend zu benachrichtigen.

Für weitere geotechnische Beratungen, Standsicherheitsberechnungen, Tragfähigkeits- und Verdichtungskontrollen usw. im Zuge der Planung und Bauausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

Für Rückfragen hinsichtlich des Gutachtens stehen wir ebenfalls gerne zur Verfügung.



.....
(Projektbearbeitung Bautechnik + Geschäftsleitung)

Dipl.-Ing. (FH) Markus Katz



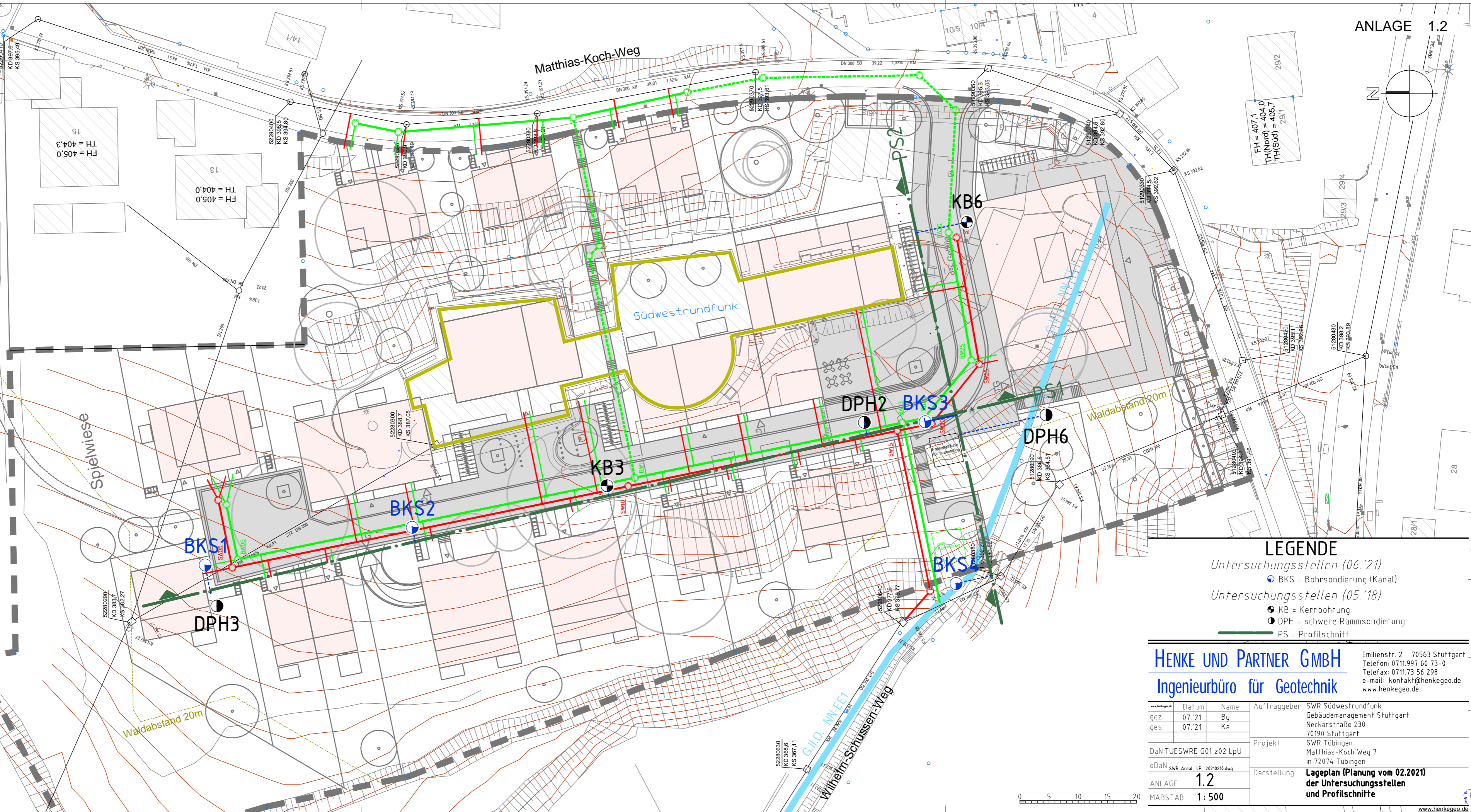
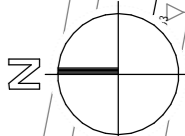
.....
(Projektbearbeitung Geologie)

M.Sc. Geowissenschaften Tobias Mangold

ANLAGE 1.1

Projekt: BV SWR Österberg- Entwässerung und Erschließungsstraße, Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen





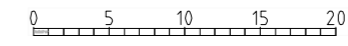
LEGENDE

- Untersuchungsstellen (06.'21)
 - BKS = Bohrsondierung (Kanal)
- Untersuchungsstellen (05.'18)
 - KB = Kernbohrung
 - DPH = schwere Rammsondierung
 - PS = Profilschnitt

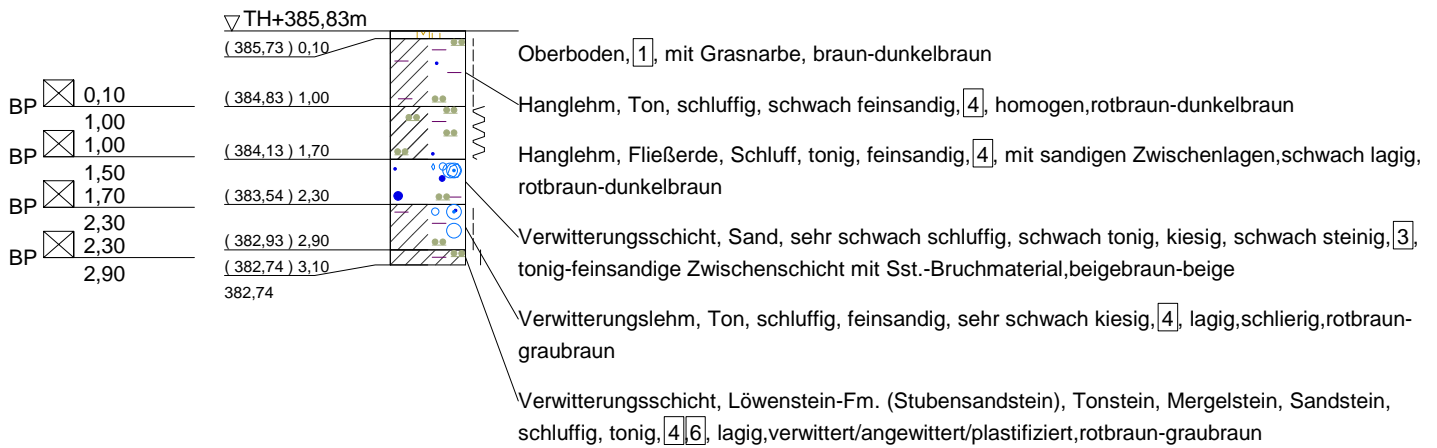
HENKE UND PARTNER GMBH
 Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstr. 2 70563 Stuttgart
 Telefon: 0711 997 60 73-0
 Telefax: 0711 73 56 298
 e-mail: kontakt@henkegeo.de
 www.henkegeo.de

www.henkegeo.de	Datum	Name	Auftraggeber
gez. 07.'21	Bg		SWR Südwestrundfunk
ges. 07.'21	Ka		Gebäudemanagement Stuttgart Neckarstraße 230 70190 Stuttgart
DaN:TUESWRE G01 z02 LpU			Projekt
oDaN:SWR-Areal_LP_20210210.dwg			SWR Tübingen Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen
ANLAGE 1.2			Darstellung
MARSTAB 1:500			Lageplan (Planung vom 02.2021) der Untersuchungsstellen und Profilschnitte



BKS 1

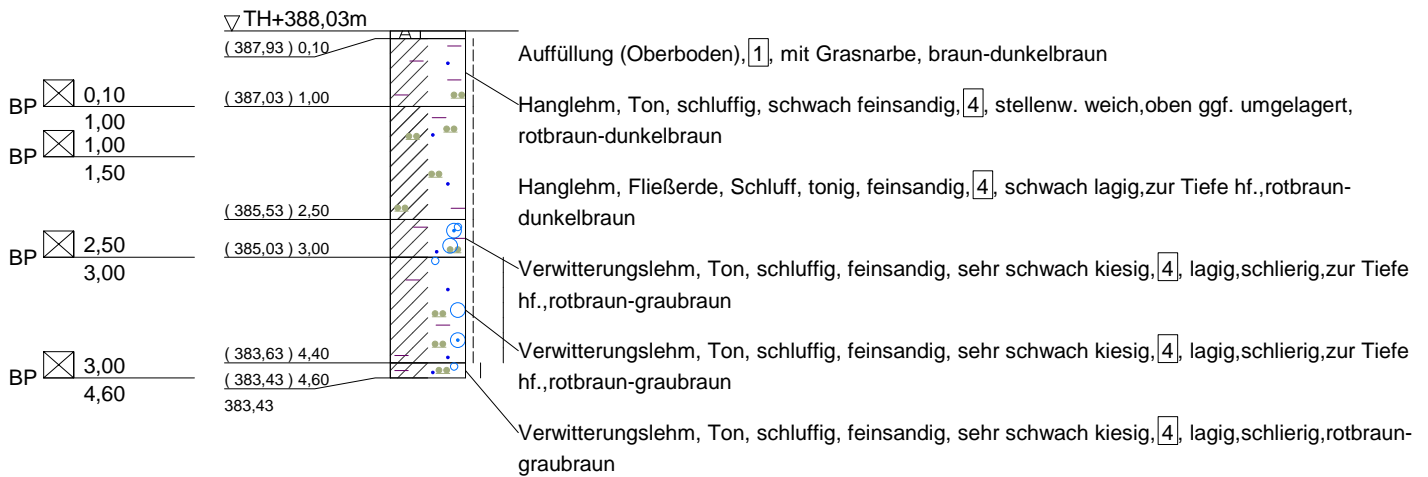


trocken

Alle Höhen im Tübinger Höhensystem (TH)!

Bauvorhaben: BV SWR Tübingen-Österberg, Entwässerung Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BKS) 1		
Plan-Nr: TUESWRE BKS1	Maßstab: 1:100	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilianstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc.	Datum: 23.6.21
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: TUESWRE		

BKS 2

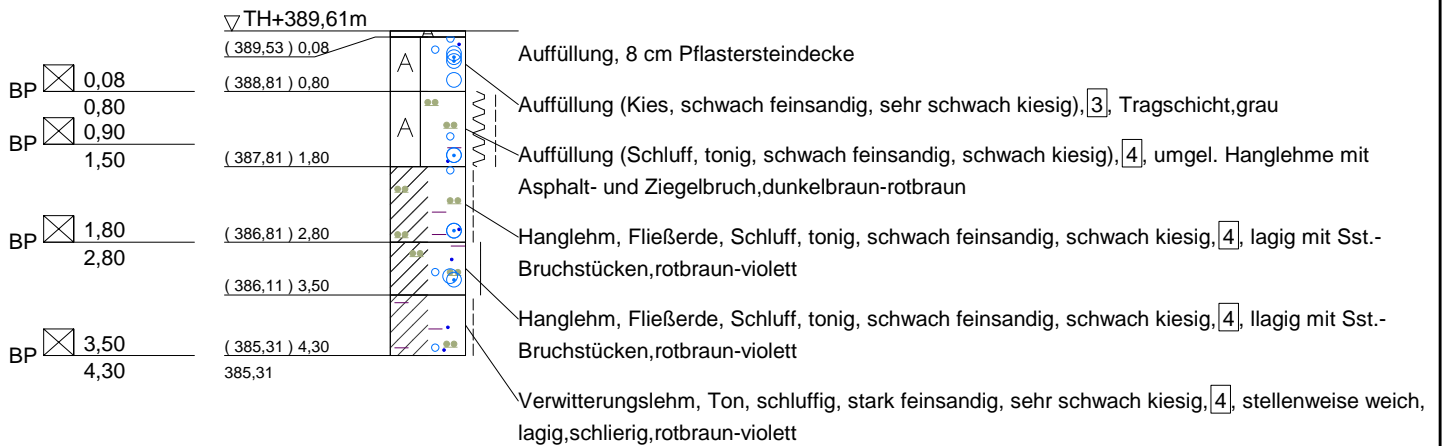


trocken

Alle Höhen im Tübinger Höhensystem (TH)!

Bauvorhaben: BV SWR Tübingen-Österberg, Entwässerung Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BKS) 2		
Plan-Nr:	TUESWRE BKS2	Maßstab: 1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilianstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc.
	Gezeichnet:	Ma
	Geändert:	
	Gesehen:	
		Datum: 23.6.21
		Projekt-Nr: TUESWRE

BKS 3



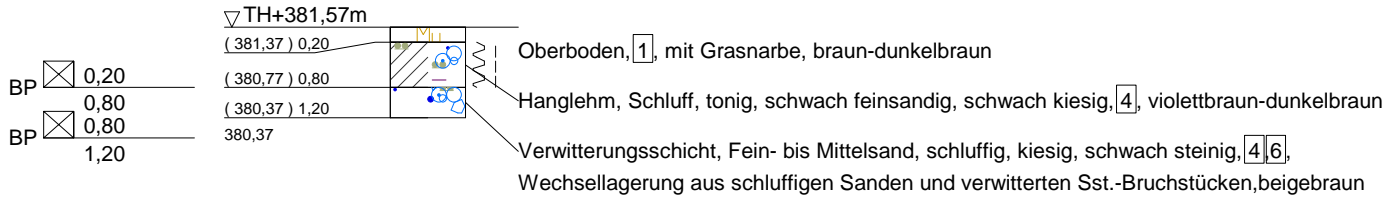
trocken
bei 1,1 m u. GOK zugefallen

Alle Höhen im Tübinger Höhensystem (TH)!

Bauvorhaben: BV SWR Tübingen-Österberg, Entwässerung Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BKS) 3		
Plan-Nr:	TUESWRE BKS3	Maßstab: 1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc. Datum: 23.6.21
	Gezeichnet:	Ma
	Geändert:	
	Gesehen:	
		Projekt-Nr: TUESWRE

BKS 4

mit tragbarem Gerät als Handrammkernsondierung ausgeführt



trocken

Alle Höhen im Tübinger Höhensystem (TH)!

Bauvorhaben: BV SWR Tübingen-Österberg, Entwässerung Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen		
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BKS) 4		
Plan-Nr:	TUESWRE BKS4	Maßstab: 1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilianstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc.
	Gezeichnet:	Ma
	Geändert:	
	Gesehen:	
		Datum: 28.6.21
		Projekt-Nr: TUESWRE

ANLAGE 2.5

Bodenarten

Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	torfig	H h	
Mergel	mergelig	Mg mg	
Auffüllung		A	

Felsarten

Fels allgemein	Z	
Fels verwittert	Zv	
Brekzie, Konglomerat	Gst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Kalkstein	Kst	
Mergelstein	Mst	
Granit, Gneis	Ma	

Korngrößenbereich

f	fein
m	mittel
g	grob

Nebenanteile

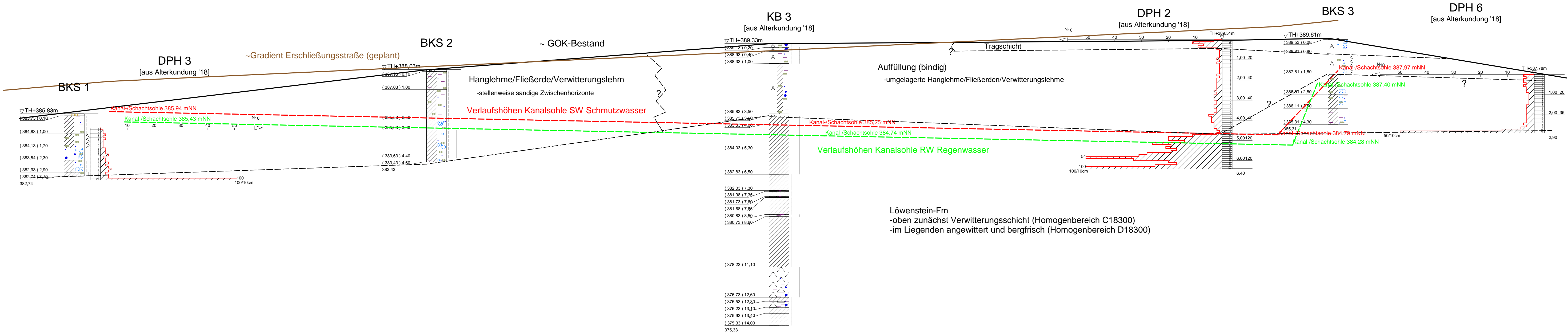
t'	schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
ḡ	stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

Konsistenz/ Lagerungsdichte

	flüssig		halbfest		locker
	breiig		fest		mittel dicht
	weich	∩	klüftig		dicht
	steif	∩	stark klüftig, brüchig		sehr dicht

Probenentnahmen und Grundwasser

BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
FP		Felsprobe
GP		Glasprobe
MP		Mischprobe
ZP		Zylinderprobe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser

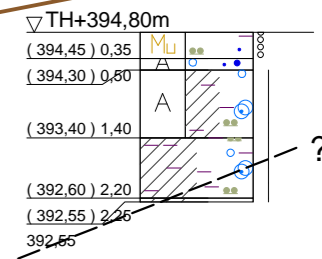


Profilschnitt 2-fach überhöht
 Alle Höhen im Tübinger Höhensystem (TH)!

Bauvorhaben: BV SWR Tübingen-Österberg, Entwässerung Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen		
Planbezeichnung: Profilschnitt (PS) 1		
Plan-Nr.: TUESWRE PS 1 HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Maßstab: H 1:100; L 1:200 Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc. Gezeichnet: Ma Geändert: Gesehen: Projekt-Nr.: TUESWRE	Datum: 23.6.21

BS 5

[aus Alterkundung '20]



~Gradient Erschließungsstraße (geplant)

KB 6

[aus Alterkundung '20]

▽TH+391,22m

Kanal-/Schachtsohle 390,74 mNN
Kanal-/Schachtsohle 390,34 mNN

BKS 3

▽TH+389,61m

(389,53) 0,08
(388,81) 0,80
(387,81) 1,80
(386,81) 2,80
(386,11) 3,50
(385,31) 4,30
385,31

Auffüllung (bindig)

Kanal-/Schachtsohle 387,97
Kanal-/Schachtsohle 387,40 mNN

Tragschicht

Kanal-/Schachtsohle 388,75 mNN
Kanal-/Schachtsohle 388,34 mNN

Hanglehme/Fließerde/Verwitterungslehm
-stellenweise sandige Zwischenhorizonte

BKS 4

▽TH+381,57m

(381,37) 0,20
(380,77) 0,80
(380,37) 1,20
380,37

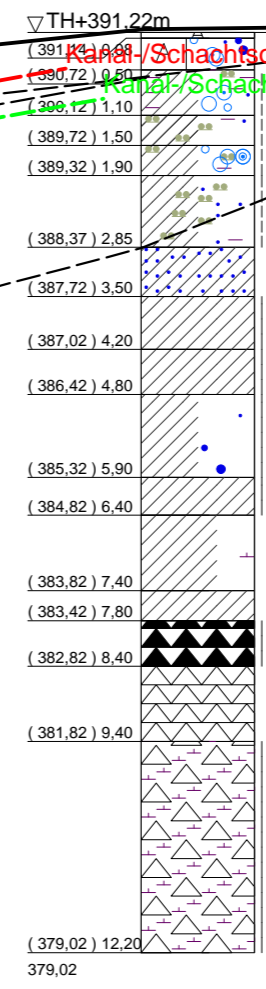
~Verlaufshöhen Kanalsohle SW Schmutzwasser
~Verlaufshöhen Kanalsohle RW Regenwasser

Kanal-/Schachtsohle angenommen ca. 379,5 mNN

Kanal-/Schachtsohle angenommen ca. 378,5 mNN

Löwenstein-Fm.

-oben zunächst Verwitterungsschicht (Homogenbereich C18300)
-im Liegenden angewittert und bergfrisch (Homogenbereich D18300)



Profilschnitt 2-fach überhöht

Alle Höhen im Tübinger Höhensystem (TH)

Bauvorhaben:
BV SWR Tübingen-Österberg, Entwässerung
Matthias-Koch Weg 7 in 72074 Tübingen

Planbezeichnung:
Profilschnitt (PS) 2

Plan-Nr: TUESWRE PS 2	Maßstab: H 1:100; L 1:200	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc.	Datum: 28.6.21
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: TUESWRE		

Projekt:		BV SWR Österberg, Entwässerung und Erschließungsstraße, 72074 Tübingen						PL / PB: Ma	Projektkürzel: TUESWRE							
Probe	Material	w _n %	w _l %	w _p %	I _p %	I _c	Kon- sistenz	Körn- ungsziffer T - U - S - G	BA nach DIN 18196	ρ t/m ³	ρ _D t/m ³	φ' (°)	c' kN/m ²	c _u kN/m ²	E _s kN/m ²	Bemerkungen
<u>BKS 1</u>																
0,1-1,0	Hanglehm	28,2	73,5	28,6	44,9	1,0	stf.-hf.		TA							
1,0-1,5	Hanglehm/Fließerde	18,8														
1,7-2,3	Verwitterungslage	10,2														
2,3-2,9	Verwitterungslehm	16,8					stf.									
<u>BKS 2</u>																
0,1-1,0	Hanglehm	28,4					stf.-hf.									
1,0-1,5	Hanglehm/Fließerde	24,8														
2,5-3,0	Verwitterungslehm	17,5					stf.									
3,0-4,6	Verwitterungslehm	17,9					w.-stf.									
<u>BKS 3</u>																
0,08-0,8	Tragschicht															
0,9-1,5	Auffüllung (bindig)	26,7														
1,8-2,8	Hanglehm/Fließerde	25,9														
3,5-4,3	Verwitterungslehm	17,3	30,7	13,5	17,2	0,78	stf.		TL							
<u>BKS 4</u>																
0,2-0,8	Hanglehm/Verwitterungslehm	17,1														
0,8-1,2	Verwitterungsschicht	12,4														

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand w_n

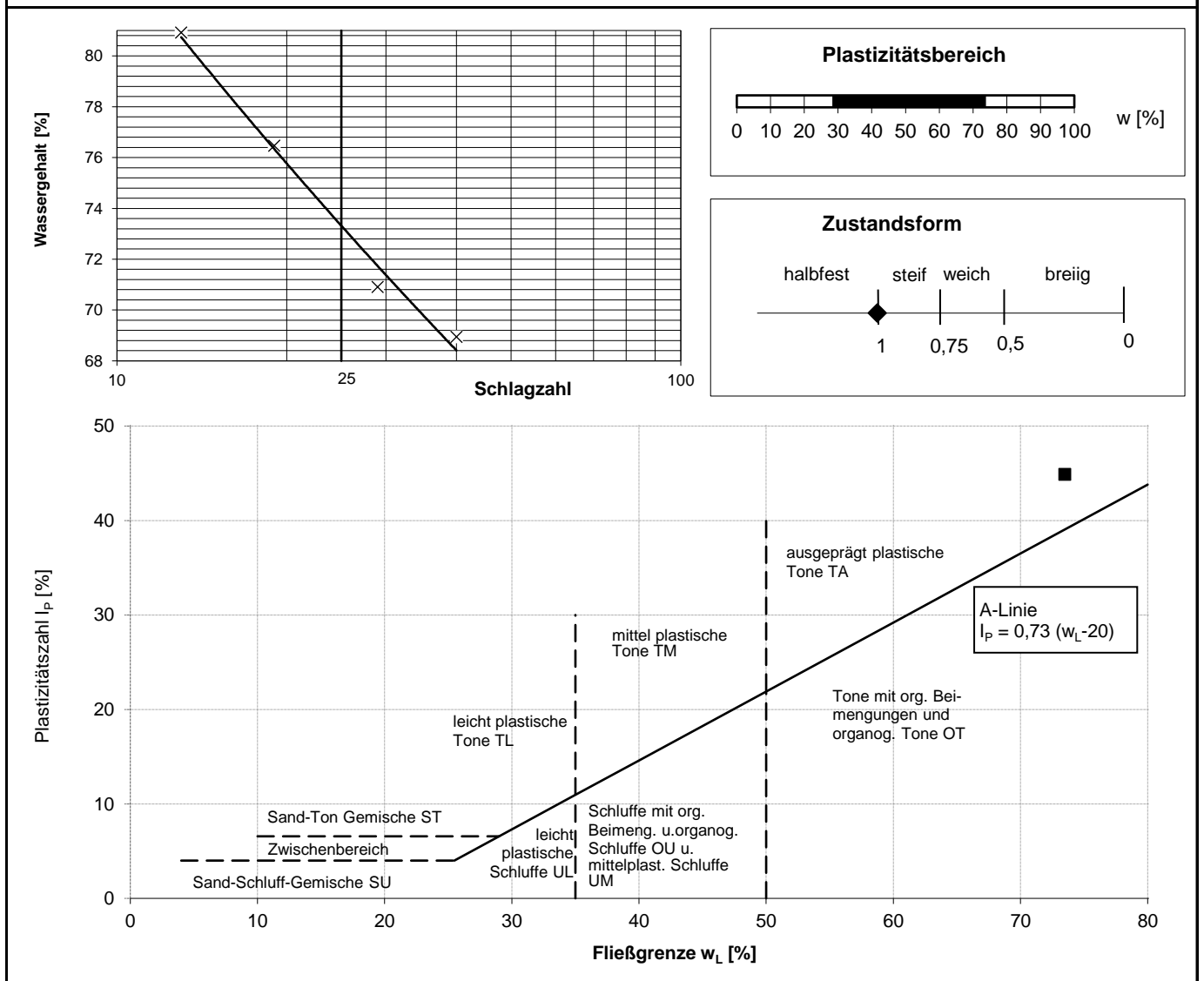
E_s = Steifemodul im Lastintervall 200 - 400 kN/m²

ANLAGE 4.1

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

ANLAGE 4.2.1

Projekt:	BV Entwässerungskanal, Erschließungsstraße, SWR-Areal, 72074 Tübingen		Kürzel:	TUESWRE	
Probe:	BKS 1 0,1-1,0	geol. Bez.:	Hanglehm	Versuchsdatum:	19.07.21
nat. Wassergehalt w_n :	28,2	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze w_L :	73,5	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$:	-	%
Ausrollgrenze w_P :	28,6	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$:	44,9	
Konsistenz:	halbfest		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$:	1,01	
Bodenart:	TA				
Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$):				28,6	%
Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von:	39,8	%	bis	28,7	%
Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von:	51,1	%	bis	39,9	%
Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von:	73,5	%	bis	51,2	%

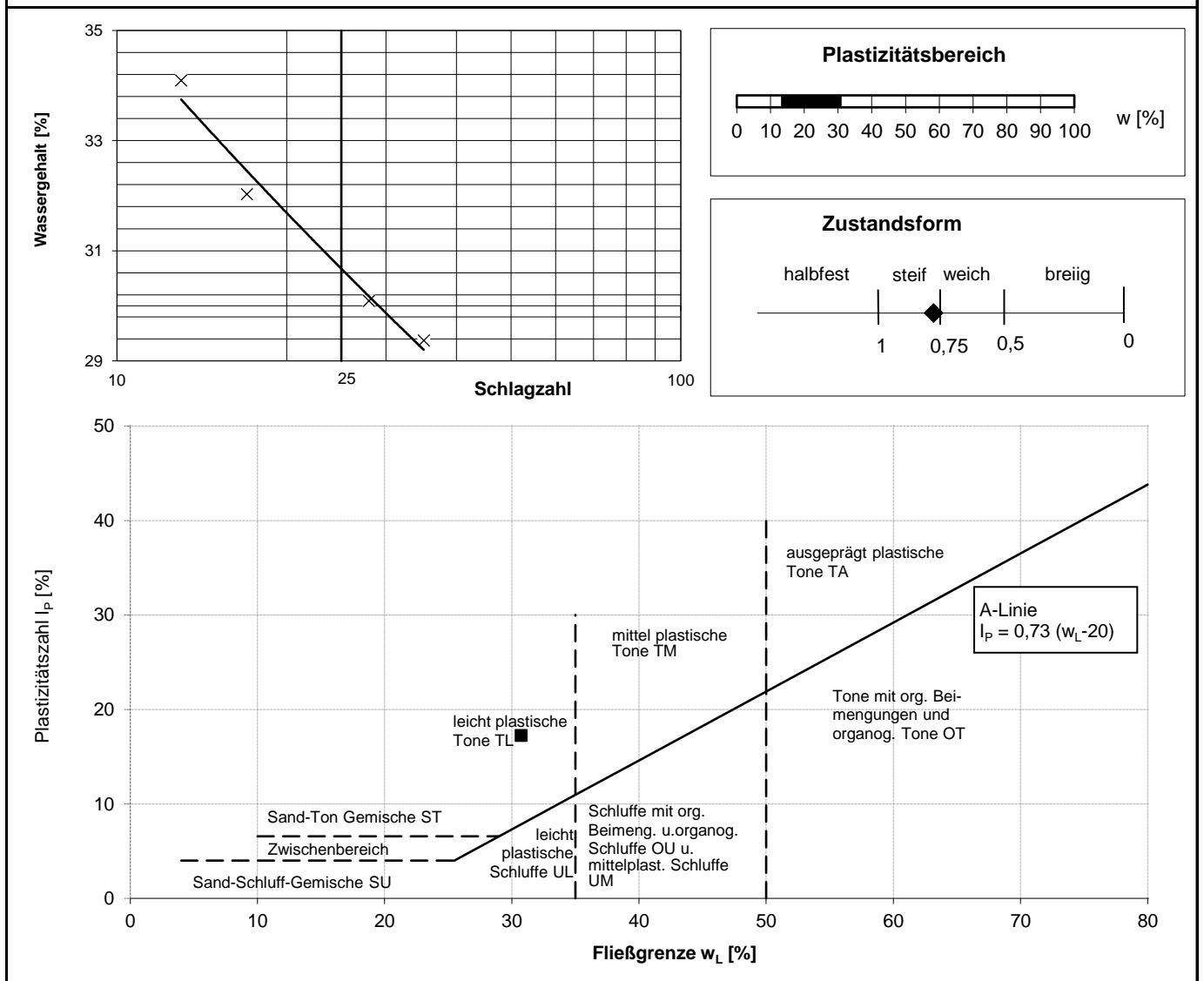


verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 11025/11025 Laborbearbeiter: Mk ausgewertet & geprüft/freigegeben: Ma/Ma

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

ANLAGE 4.2.2

Projekt:	BV Entwässerungskanal, Erschließungsstraße, SWR-Areal, 72074 Tübingen		Kürzel:	TUESWRE	
Probe:	BKS 3 3,5-4,3	geol. Bez.:	Verwitterungslehm	Versuchsdatum:	21.07.21
nat. Wassergehalt w_n :	17,3	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze w_L :	30,7	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$:	-	%
Ausrollgrenze w_P :	13,5	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$:	17,2	
Konsistenz:	steif		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$:	0,78	
Bodenart:	TL				
Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$):				13,5	%
Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von:	17,8	%	bis	13,6	%
Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von:	22,1	%	bis	17,9	%
Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von:	30,7	%	bis	22,2	%



verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 11025/11025 Laborbearbeiter: Wo ausgewertet & geprüft/freigegeben: Ma/Ma

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2106174-2

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: TUESWRE/ BV SWR Österberg - Entwässerung und Erschließungsstraße, 72074 Tübingen
Projektbearbeiter: Herr Mangold
Probenahme: 23.06.2021 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 25.06.- 02.07.2021

Untersuchungsbefund für die Probe: MP BKS 3 Tragschicht

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	0,01
Acenaphthylen	0,06
Acenaphthen	0,01
Fluoren	0,02
Phenanthren	0,24
Anthracen	0,10
Fluoranthren	0,33
Pyren	0,21
Benzo(a)anthracen	0,11
Chrysen	0,15
Benzo(b/k)fluoranthren	0,20
Benzo(a)pyren	0,09
Dibenzo(ah)anthracen	0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,06
Benzo(ghi)perylene	0,06
Summe PAK 16*	1,7
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethen	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	3,2
Blei Pb	4,5
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	6,4
Kupfer Cu	7,4
Nickel Ni	6,6
Quecksilber Hg	0,11
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	24
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	9,3
Temperatur [°C]	23
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	63
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	< 3,0
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
 PCB DIN EN 15308 : 2008-05
 LHKW DIN EN ISO 10301 : 1997
 Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
 SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
 EOX DIN 38414-17 : 1989-11
 MKW DIN EN 14039 : 2005-01
 Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
 AKW DIN 38407-9 : 1991-05
 Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN 38404-5 : 2009-07
 Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
 Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
 Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP BKS 3 Tragschicht
Labornummer:	2106174-2
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 1000g
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	95,8

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugswise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 2. Juli 2021
 Analytik-Team GmbH
 i.V.



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2106174-3

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: TUESWRE/ BV SWR Österberg - Entwässerung und Erschließungsstraße, 72074 Tübingen
Projektbearbeiter: Herr Mangold
Probenahme: 23.06.2021 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 25.06.- 02.07.2021

Untersuchungsbefund für die Probe: MP BKS 3 Auffüllung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	0,01
Acenaphthylen	0,01
Acenaphthen	< 0,01
Fluoren	< 0,01
Phenanthren	0,01
Anthracen	0,01
Fluoranthen	0,01
Pyren	0,01
Benzo(a)anthracen	0,01
Chrysen	0,01
Benzo(b/k)fluoranthen	0,02
Benzo(a)pyren	0,01
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01
Benzo(ghi)perylene	0,01
Summe PAK 16*	0,13
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethen	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	3,3
Blei Pb	14
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	34
Kupfer Cu	23
Nickel Ni	28
Quecksilber Hg	0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	57
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,4
Temperatur [°C]	23
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	190
Chlorid [mg/l]	12
Sulfat [mg/l]	4,2
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	0,0042
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
 PCB DIN EN 15308 : 2008-05
 LHKW DIN EN ISO 10301 : 1997
 Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
 SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
 EOX DIN 38414-17 : 1989-11
 MKW DIN EN 14039 : 2005-01
 Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
 AKW DIN 38407-9 : 1991-05
 Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN 38404-5 : 2009-07
 Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
 Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
 Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP BKS 3 Auffüllung
Labornummer:	2106174-3
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 500g
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	80,2

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugswise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 2. Juli 2021
 Analytik-Team GmbH
 i.V.



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 2106174-1

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: TUESWRE/ BV SWR Österberg - Entwässerung und Erschließungsstraße, 72074 Tübingen
Projektbearbeiter: Herr Mangold
Probenahme: 23.06.2021 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 25.06.- 02.07.2021

Untersuchungsbefund für die Probe: MP Quartär

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	0,01
Acenaphthylen	0,01
Acenaphthen	< 0,01
Fluoren	0,01
Phenanthren	0,05
Anthracen	0,02
Fluoranthren	0,07
Pyren	0,04
Benzo(a)anthracen	0,02
Chrysen	0,03
Benzo(b/k)fluoranthren	0,04
Benzo(a)pyren	0,02
Dibenzo(ah)anthracen	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01
Benzo(ghi)perylene	0,01
Summe PAK 16*	0,35
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	4,7
Blei Pb	8,6
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	35
Kupfer Cu	5,8
Nickel Ni	21
Quecksilber Hg	0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	38
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	8,4
Temperatur [°C]	23
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	150
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	< 3,0
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
 PCB DIN EN 15308 : 2008-05
 LHKW DIN EN ISO 10301 : 1997
 Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
 SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
 EOX DIN 38414-17 : 1989-11
 MKW DIN EN 14039 : 2005-01
 Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
 AKW DIN 38407-9 : 1991-05
 Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN 38404-5 : 2009-07
 Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
 Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
 Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP Quartär
Labornummer:	2106174-1
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 800g
Trockensubstanz / [M.-%] DIN EN 14346 : 2007-03	84,2

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugswise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 2. Juli 2021
 Analytik-Team GmbH
 i.V.



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Homogenbereich: **A 18300**

ANLAGE 6.1

Projekt: BV Entwässerungskanal/ Erschließungsstraße, SWR-Areal, 72074 Tübingen

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Tragschicht					
Bodengruppe		[-]					GW, GE, GI, SU	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					20	40
	S						30	70
	G						50	100
Massen- anteil	Steine	X	[%]				0	10
	Blöcke	Y					0	0
	gr. Blöcke	Y					0	0
Dichte	ρ	[g/cm ³]					1,7	2
Wassergehalt	w _n	[%]					5	17
Plastizitätszahl	I _p	[-]					n.b.	n.b.
Konsistenzzahl	I _c	[-]					n.b.	n.b.
Konsistenz		[-]					n.b.	n.b.
Lagerungsdichte	D	[%]					mitteldicht	dicht
Kohäsion	c	[kN/m ²]						
undrained Scherfestigkeit	c _u	[kN/m ²]					n.b.	n.b.
Sensitivität	S _t	[-]						
Durchlässigkeit	k _f	[m/s]						
Kalkgehalt	V _{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V _S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V _{gl}	[Gew.-%]					0	3
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	3,(4)					
Bemerkung								

n.r. = nicht relevant
n.b. = nicht bestimmbar
Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich
1) gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **B 18300**

ANLAGE 6.2

Projekt: BV Entwässerungskanal/ Erschließungsstraße, SWR-Areal, 72074 Tübingen

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Hanglehm/ Fließerde/ Verwitterungslehm/ Auffüllung (bindig)					
Bodengruppe		[-]		TL,TA			TL, TM, TA	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					50	100
	S						5	40
	G						0	5
Massen- anteil	Steine	X	[%]				0	15
	Blöcke	Y					0	0
	gr. Blöcke	Y					0	0
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,8	2,1
Wassergehalt	w_n	[%]	12	10,2	28,4	20,8	10	30
Plastizitätszahl	I_p	[-]	2	17,2	44,9	31,1	10	40
Konsistenzzahl	I_c	[-]	2	0,78	1	0,9	0,7	1
Konsistenz		[-]		steif	stf.-hf.	steif	weich-steif	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					n.b.	n.b.
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undrained Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					50	120
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]					0	3
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	4,5					
Bemerkung								

n.r. = nicht relevant
n.b. = nicht bestimmbar
Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich
1) gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **C 18300**

ANLAGE 6.3

Projekt: **BV Entwässerungskanal/Erschließungsstraße,SWR-Areal,72074 Tübingen**

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Verwitterungsschicht					
Benennung von Fels		[-]	verwitterte und zerlegte Ton-/ Mergel- und Sandsteinlagen;ber. mit bindig-sandigen Zwischenschichten					
Dichte	ρ	[g/cm ³]					1,9	2,4
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m ²]					5	40
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m ²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					2	5
Veränderlichkeit							V2	V4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					n.b.	n.b.
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluffüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	3,4,5,6					
Bemerkung								

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **D 18300**

ANLAGE 6.4

Projekt: BV Entwässerungskanal/ Erschließungsstraße, SWR-Areal, 72074 Tübingen

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Löwenstein-Formation (kmLw)					
Benennung von Fels		[-]	Tonstein/Mergelstein/Sandstein, sedimentär, geschichtet-massig, sehr fein- bis mittelkörnig; Mineralvergesellschaftung: Quarz, Feldspäte, Schichtsilikate, Tonminerale					
Dichte	ρ	[g/cm ³]					2,0	2,6
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m ²]					10	100
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m ²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					0	3
Veränderlichkeit							V1	V3
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					Tst: 0,2	Sst: 60
Gesteinskörperform		[-]					vielflächig	tafelförmig
Öffnungsweite und Kluffüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	6,7					
Bemerkung								

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)