

**Geotechnischer Bericht nach DIN 4020 (GB)**  
**zum Bauvorhaben**  
**„Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II“**  
**72587 Römerstein-Donnstetten**

Auftraggeber:

**Gemeinde Römerstein**Albstraße 2  
72587 Römerstein

Planungsbüro:

**SI Beratende Ingenieure GmbH Co. KG**Stadtplanung und Infrastrukturentwicklung  
Bahnhofstraße 4  
73235 Weilheim/ teck

Geotechnische Projektleitung:

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Benz

Erstattungsdatum:

08. Februar 2019

Aktenzeichen:

BGEICH G02

**Geschäftsführer:**PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER  
DIPL.-ING.(FH) MARKUS KATZ  
DIPL.-ING.(FH) THOMAS BENZ  
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE  
DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL**Vertretung Oberschwaben**PROF. DIPL.-ING. ROLF SCHRÖDI  
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE  
Waldseer Str. 51 88400 Biberach  
Tel.: 07351.47 400-30  
Fax: 07351.47 400-29  
E-Mail: [bc@henkegeo.de](mailto: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](mailto: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: [mik@henkegeo.de](mailto:mik@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](mailto:vs@henkegeo.de)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	3
2. Unterlagen	3
3. Projektbeschreibung	4
4. Geotechnische Kategorie	6
5. Schutzgebietsausweisungen	6
6. Geologischer Überblick	6
7. Geländeuntersuchungen	8
7.1 Schürfgruben	9
7.2 Schichtenbeschreibung	10
7.2.1 Schichtenbeschreibung und Schichtlagerung Bereich Erweiterung Gewerbegebiet	10
7.2.2 Schichtenbeschreibung im Bereich Versickerungsmulde (Bestand)	11
7.3 Dynamische und statische Plattendruckversuche	11
8. Versickerungsversuch Höhe Versickerungsbecken (Bestand)	13
9. Bodenverunreinigungen	13
10. Hydrogeologische Situation	14
11. Bodenmechanische Laborversuche	15
12. Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08	16
13. Bodenkennwerte	17
14. Kanal- und Leitungsbau	18
14.1 Grabenaushub	18
14.2 Grabenverfüllung	19
15. Verkehrsflächen bzw. Straßenbau	21
15.1 Allgemeines	21
15.2 Bodenverbesserung Erdplanum	22
15.3 Dimensionierung Oberbau	23
15.4 Tragschichtaufbau	25
15.5 Vorschlag Straßenaufbau	26
16. Versickerungsbecken	27
17. Bebauung	28
17.1 Gründung	28
17.2 Baugrubengestaltung	29
17.3 Gebäudetrockenhaltung	30
17.4 Erdbebensicherheit	30
17.5 Gefahren durch Radon	30
18. Schlussbemerkung	32

**Verzeichnis der Anlagen:**

Anlage	1	Lagepläne	
		1.1	Übersichtslageplan
		1.2	Lageplan der Untersuchungspunkte
		1.3	Lageplan der Schürfgruben mit der vereinfachten Darstellungen der geologischen Profile (Stratigraphie)
Anlage	2	Schürfen	
		2.1.1 - 2.6.1	Profile Schürfgruben SG 1 bis SG 6
		2.1.2 – 2.6.2	Fotodokumentation SG 1 bis SG 6
		2.7	Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Auswertung der Plattendruckversuche	
		3.1	Auswertung Statischer Plattendruckversuch Erdplanum
		3.2	Auswertung Dynamische Plattendruckversuche Erdplanum
Anlage	4	Auswertung Versickerungsversuch SG 6	
Anlage	5	Zusammenstellung der bodenmechanischen/-physikalischen Laborversuche	
		5.1	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
		5.2.1 – 5.2.4	Konsistenzgrenzenbestimmungen
		5.3	Korngrößenverteilung
Anlage	6	Chemische Analysenergebnisse	
		6.1	Analysenergebnis „SP Quartär“ nach „VwV-Boden“
Anlage	7	Homogenbereiche	Erdarbeiten
		7.1	Homogenbereich A 18300 - Quartäre Umlagerungsbildungen
		7.2	Homogenbereich B 18300 - Verwitterungslehm
		7.3	Homogenbereich C 18300 – Verwitterungsschicht
		7.4	Homogenbereich D 18300 – Unterer Massenkalk (joMKu)

## 1. Auftrag

Die Gemeinde Römerstein plant über die SI Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG die Erweiterung des Baugebiets / Gewerbegebiets Eichenried südlich des bereits bestehenden Gewerbegebiets. Der neue Planabschnitt soll „Eichnried II“ benannt werden. Im Zuge der Erweiterung ist auch eine Umgestaltung sowie Ausweitung des vorhandenen Versickerungsbeckens bzw. Versickerungssystems angedacht.

In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (**HUP**) auf der Basis des Angebotes vom 18.04.2018 (Az.: BGEICH K01) am 25.04.2018 von der Gemeinde Römerstein beauftragt, Geotechnische Geländeerkundungen mittels Schürfen sowie Plattendruck- und Versickerungsversuche durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 erstellen.

Aufgrund redaktioneller Ergänzungen und Änderungen im Textteil „Straßenbau“ wurde der vorhergehende Bericht (Az.: BGEICH G01) vom 11.01.2019 ersetzt.

## 2. Unterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

### **SI Beratende Ingenieure GmbH + Co. KG:**

- [1] Pläne Erweiterung Eichenried II in Römerstein- Donnstetten; Projekt-Nr. 15001
  - [1.1] Lageplan- Eichenried II Bestand; Bez.: Bestand.plt; M 1:250; vom 14.6.2018
  - [1.2] Lageplan Nord- Eichenried II- Vorentwurf; Bez.: V-T-LP250\_Nord; M 1:250; vom 12.04.2018
  - [1.3] Lageplan Süd- Eichenried II- Vorentwurf; Bez.: V-T-LP250\_Süd; M 1:250; vom 12.04.2018
  - [1.4] Lageplan 1- Gewerbegebiet Eichenried II-Bestand; Bez.: B\_LP1\_a; M 1:250; vom 14.06.2018
  - [1.5] Lageplan 2- Gewerbegebiet Eichenried II-Bestand; Bez.: B\_LP2\_a; M 1:250; vom 09.09.2018

### **Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB):**

- [2] Geologische Karte (digital); M 1: 50 000, GeoLa GK, 2016

### **Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW):**

- [3] Schutzgebietsausweisungen; Stand: 03.01.2019 (<https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml>)

### **Ingenieurbüro Henke und Partner GmbH:**

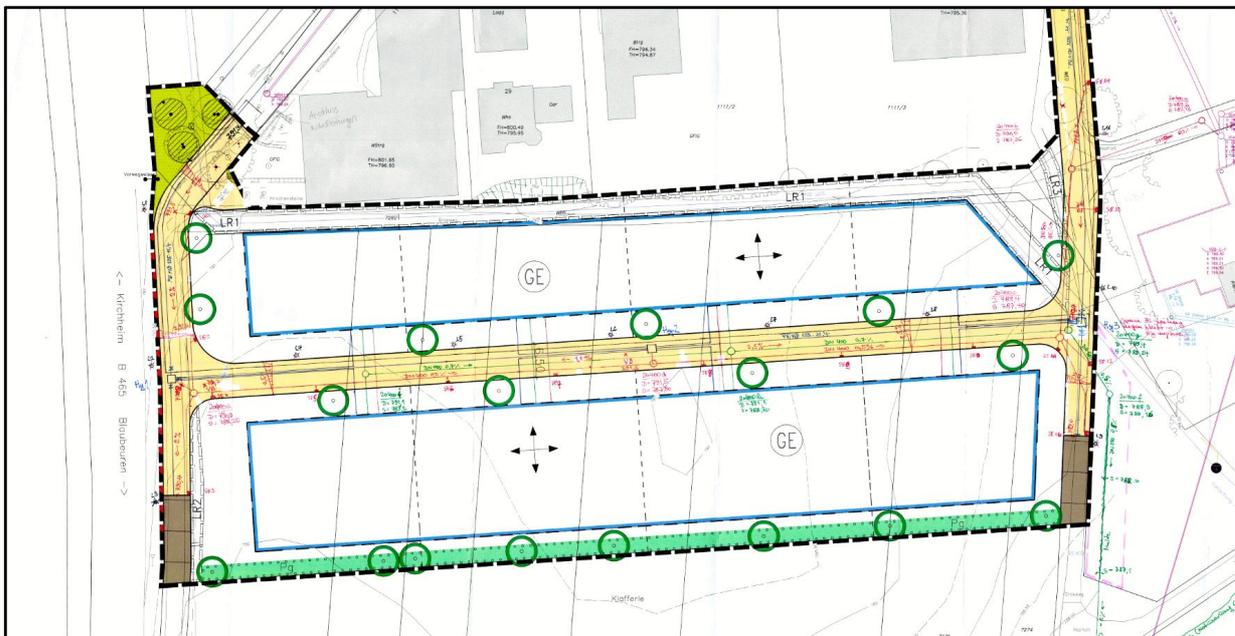
- [4] Untersuchungsbericht U01: Planung Neubau Versickerungsbecken, Hochwasserschutz B 465, Gde. Römerstein- Geländeerkundung: Schürfgruben und Versickerungsbecken (unser Az.: RVROEM U01) erstattet am 18.04.2018.

### 3. Projektbeschreibung

Das Erschließungsgebiet befindet sich südlich, direkt angrenzend an das bereits bestehenden Gewerbegebiets Eichenried am südwestlichen Ortsausgang der Gemeinde Donnstetten. Parallel zum geplanten Erschließungsgebiet verläuft auf der westlichen Seite die Bundesstraße B 465. Das Gebiet erstreckt sich auf knapp 200 Meter in West-Ost-Ausdehnung. In Nord-West-Richtung werden knapp 80 Meter erreicht. Die Geländeoberfläche des geplanten Bebauungsgebiets wird derzeit als Ackerfläche sowie in Richtung Osten als Grünfläche genutzt.

Das Gelände fällt leicht nach Osten bzw. Süden ein. Im Gebiet werden jedoch nur relativ geringe Differenzen zwischen Höhenlagen von ca. 789 mNN bis 791 mNN erreicht. Die Oberkante der bestehende Versickerungsmulde, knapp 140 m südlich des Erschließungsgebiets, befindet sich auf einer Höhenlage von ca. 787,4 mNN.

Neben der geplanten Neubebauung sieht das Erweiterungskonzept das Anlegen neuer Verkehrsstraßen bzw. den Ausbau vorhandener Feldwege und Zufahrtsstraßen vor. Zudem sollen neue Leitungs- und Kanaltrassen verlegt werden. Das Bebauungskonzept sieht ebenso das Anlegen von kleinräumigen Grünflächen bzw. das Anpflanzen von Bäumen vor ([1.2] bzw. Abb.1).



**Abb. 1: Geplantes Erweiterungsgebiet Eichenried II mit Lage der geplanten Verkehrs- und Zufahrtsstraßen (gelb) und der Bebauungsflächen (blau) und Grünflächen (grün); eingeordnet (o.M.); verändert nach [1.2].**

Zum Abführen von Regenwasser bzw. dem anfallenden Niederschlagswasser aus den befestigten Flächen bzw. den Dachflächen des Erschließungsgebiets soll die bestehende Versickerungsmulde

verwendet werden. Das Wasser soll dabei über den Neubau eines Mulden- (Rigolen)- Kanals gesammelt und in die bestehende Versickerungsmulde abgeleitet werden (siehe Skizze in Abb.2 sowie Lageplan Anlage 1.2).



**Abb. 2: Planskizze mit Lage der bestehenden Versickerungsmulde südlich des Erweiterungsgebiets mit geplanter Erweiterung der bestehenden Versickerungsmulde, bestehender Wasserleitung DN 600 (violett) sowie geplanter Erweiterung des ableitenden Muldensystems (grün); eingenordet (o.M.); verändert nach [1.3].**

Im Zuge der geplanten Gebietserweiterung und der damit verbundenen Flächenversiegelung sind deutlich erhöhte Versickerungsvolumina zu erwarten. Diese sollen ebenfalls über die bestehende Versickerungsmulde abgeführt werden. Hierzu ist eine Erweiterung der bestehenden Mulde geplant. Zusätzlich soll durch Instandsetzungsmaßnahmen die Versickerungsfähigkeit auf Sohlhöhe innerhalb der Mulde erhöht werden. Geologisch befindet sich die Sohle innerhalb der Verwitterungsschicht bzw. innerhalb des anstehenden Horizonts der Unteren Massenkalk (joMKu) mit Lage in einer natürlichen Mulden- bzw. Einbruchstruktur. Aufgrund der sehr guten Versickerungsfähigkeit kann mit einer direkten Kluftanbindung in der Tiefenlage der Sohle, bspw. durch eine vorherrschende Dolinenstruktur im Untergrund, gerechnet werden.

Die generelle Lage des geplanten Erweiterungsgebiets kann dem Lageplan in Anlage 1.1 entnommen werden.

#### **4. Geotechnische Kategorie**

Aufgrund der im Gelände tiefreichend angetroffenen quartären Deckschichten aus mäßig tragfähigen und tlw. stark schrumpffempfindlichen und gering bis mittel frostempfindlichen Tonen (Bodenart TA) und des erst in größeren Tiefen zu erwartenden Kalksteinfelshorizonts wird die geplante Erschließung aus gutachterlicher Sicht entsprechend DIN EN 1997-1 und DIN 1054-10:12 A 2.2.1 in die Geotechnische Kategorie 2, d.h. im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund mittleren Schwierigkeitsgrad eingestuft.

#### **5. Schutzgebietsausweisungen**

Das Untersuchungsgebiet liegt laut LUBW [3] innerhalb der Entwicklungszone des Biosphärengebiets „Schwäbische Alb“ (Schutzgebiets-Nr. 1) sowie innerhalb des Basiseinzugsgebiets (AWGN) für Oberflächengewässer „Tiefental“ mit der Wasserkörper-Nr. 65-01.

Weiterhin liegt das geplante Baugebiet außerhalb von ausgewiesenen und festgesetzten Wasserschutzgebieten sowie außerhalb von Überschwemmungsgebieten und Quellenschutzgebieten.

Zusätzliche Naturschutzrechtliche Ausweisungen sind uns nicht bekannt.

#### **6. Geologischer Überblick**

Geographisch befindet sich die Region um die Gemeinde Römerstein auf der Hochfläche der Schwäbischen Alb nahe des nördlich gelegenen Albtraufs. Die Region des Albtraufs ist gekennzeichnet durch steile Nordwest- Südost gerichtete, mitunter weit bis in die Albhochfläche hereinreichende Taleinschnitte, die infolge von rückschreitender Erosion durch Bachläufe ausgebildet wurden. Die oberhalb des Albtraufs anstehende Hochfläche ist geprägt durch ein welliges Landschaftsbild mit bereichsweise tief eingeschnittenen Trockentälern und geringen Oberflächenwasserabflüssen.

Das Untersuchungsgebiet liegt geologisch innerhalb des Süddeutschen Schichtstufenlands welches im Bereich der Schichtstufe der Schwäbischen Alb vornehmlich aus den Lithologien des Schwäbischen Jura (Unterjura, Mitteljura, Oberjura) im Hangenden der triassischen Gesteinsserien und des kristallinen Grundgebirges, aufgebaut wird.

Gemäß der geologischen Karte ([2] bzw. Abb.3) stehen im Untersuchungsgebiet zu Oberst die Schichten der Unteren Massenkalk des Oberjura, jo (Malm) an. Bei den Einheiten des Unteren Massenkalks (joMKu) handelt es sich um harte, hellgraue bis hellbeige Kalksteine, die mitunter massig ausgebildet sein können. Zum Teil sind tonige Schichtlagen innerhalb der überwiegend ungeschichteten Kalksteinlagen ausgebildet. Die Unteren Massenkalk sind teilweise dolomitisiert bzw. dedolomitisiert ausgebildet, wobei die Ausbildung von Dolomit auf postsedimentäre, diagenetische Prozesse zurückgeführt werden kann. Aufgrund dieser teilweise vorherrschenden postsedimentären dolomitischen Überprägung sind die Einheiten gering bis nahezu keine Fossilführung mehr auf.

In Bereichen mit weitreichender Dolomitisierung sind die Unteren Massenkalk als mittelkörnige, kavernöse und im Zuge Wasserkontakts mitunter tiefreichend verkarstete, braun-gelbe Dolomitsteine („Lochfels“) ausgebildet. Im Zuge einer Dedolomitisierung unter Süßwassereinfluss wurden die Dolomitsteine dann bereichsweise erneut aufgelöst, wobei Dolomitkristalle durch Calcit ersetzt wurden und sich grobkristalline Karbonatgesteine („Zuckerkorn“) ausbildeten.

Rezent werden die Einheiten des Oberjura im Hangenden von unterschiedlich mächtigen Schichten aus Verwitterungslehmen, stückig-lehmigen Verwitterungsschichten und weiträumig, meist in topographischen Senken auftretenden schluffig-tonigen Umlagerungsbildungen, qum (bzw. Fließerden) überlagert (siehe Abb.3). Im Rahmen einer vorangegangenen Geländeerkundung hinsichtlich des geplanten Neubaus eines Versickerungsbeckens [4] knapp 750 m nördlich des aktuellen Untersuchungsgebiets, wurden die quartären Umlagerungsbildungen bis in Tiefen von minimal 2,9 m u. GOK angetroffen. Aufgrund dessen kann auch im Zuge der aktuellen Erkundungen mit einem Antreffen von tiefreichenden quartären Decklehmen bis in größere Tiefen gerechnet werden.

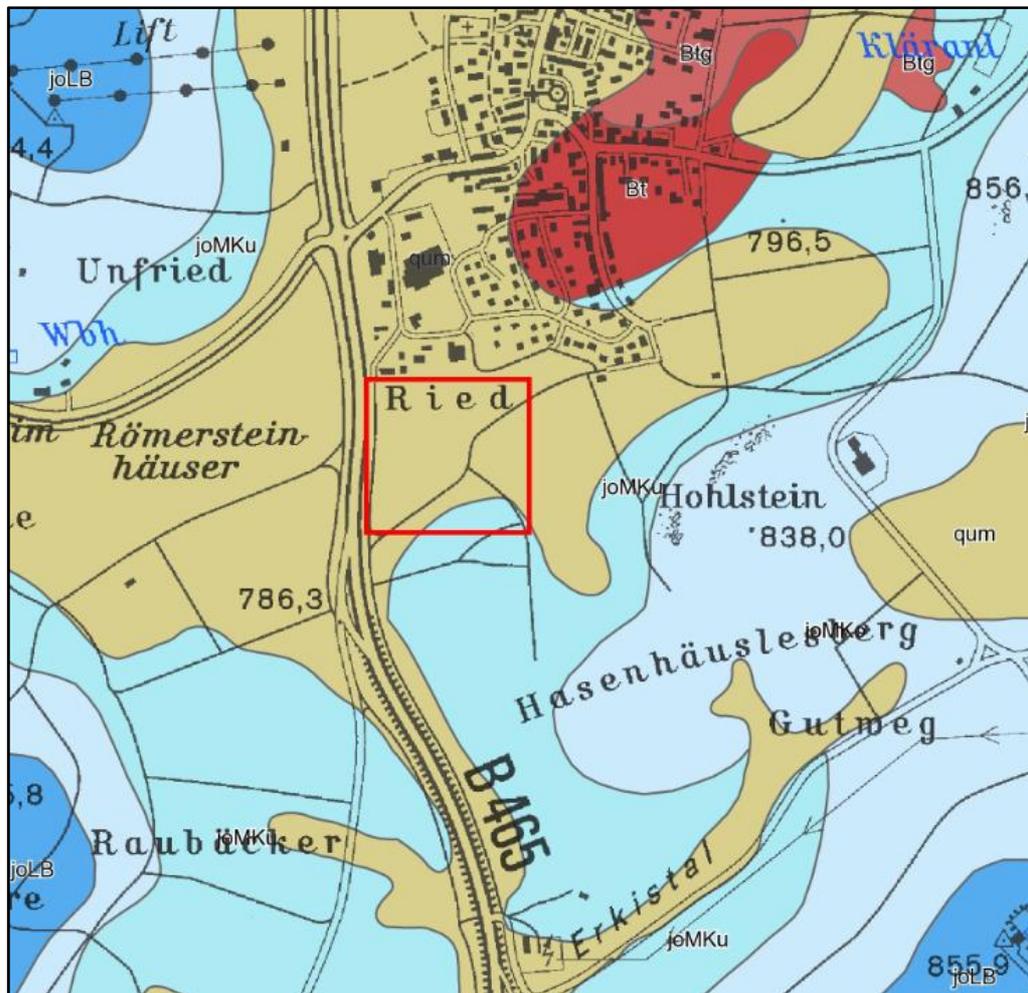


Abb. 3: Auszug geologische Karte mit Lage des Untersuchungsgebiets (roter Kasten); Karte eingenordet (o.M.) aus LGRB [2]; Quartäre Umlagerungsbildungen (qum), Basaltuff (Bt), Basaltuff, geomagnetisch nachgewiesen (Btg), Unterer Massenkalk (joMKu), Liegende-Bankkalk-Formation (joLB).

In der geologischen Karte [2] sind im Untersuchungsgebiet keine bekannten Störungszonen ausgewiesen.

## 7. Geländeuntersuchungen

Zur Untersuchung der Untergrundverhältnisse wurden am 30.11.2018 durch ein über HuP beauftragtes Bauunternehmen über die gesamte geplante Erweiterungsfläche verteilt 5 Schürfgruben (SG 1 bis SG 5) angelegt. Zusätzlich wurde eine Schürfe (SG 6) zur Durchführung eines Versickerungsversuchs in direkter Nachbarschaft der bereits bestehenden Versickerungsmulde, außerhalb der eigentlichen Bauflächen, angelegt. Die Lage der Schürfen wurde zuvor durch das Planungsbüro SI Beratende Ingenieure festgelegt. Das letztliche Einmessen nach Lage und Höhe vor Ort erfolgte dann durch

Mitarbeiter unseres Büros. Als Höhenbezug diente ein Kanaldeckel. Als Lagebezug wurden Flurstücksgrenzen sowie bestehende Feld- und Wirtschaftswege verwendet.

Zur Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrundmaterials wurde auf Höhe der Einheiten der quartären Umlagerungsbildungen in den Schürftgruben SG 2 und SG 5 dynamische Plattendruckversuche durchgeführt. In Schürft SG 3 wurde dabei zur Korrelation zusätzlich zum dynamischen Plattendruckversuch ein statischer Plattendruckversuch durchgeführt.

Die maximal baggerbare Tiefe wurde in SG 6 auf einer Tiefenlage von 2,6 m u. GOK im Übergangsbereich Verwitterungsschicht/ anstehende Unterer Massenkalk angetroffen. Zur Vertiefung der Schürft wäre aufgrund der geologischen Verhältnisse eine zusätzliches Aufmeißeln der kompakten Kalklagen notwendig gewesen. Der Versickerungsversuch wurde daher auf Sohlhöhe von 2,6 m u. GOK durchgeführt.

Die Lage der angelegten Untersuchungspunkte geht aus dem Detaillageplan in Anlage 1.2 hervor.

## **7.1 Schürftgruben**

Die 6 Schürftgruben wurden jeweils bis zur maximal baggerbaren Tiefe (SG 1 bis SG 5) bzw. bis zum Erreichen der Oberkante der anstehenden Unteren Massenkalk- Formation (SG 6) ausgehoben. Die maximal baggerbaren Tiefen innerhalb der Schürften SG 1 und SG 2 sowie SG 4 und SG 5 wurden dabei innerhalb des mächtigen Horizonts der quartären Umlagerungsbildungen (qum) in Tiefenbereichen von 3,5 m u. GOK bis 4 m u. GOK erreicht. Im Profil der Schürft SG 3 wurde in der maximalen baggerbaren Tiefe von 4,1 m u. GOK noch der Horizont des Verwitterungslehms angetroffen. Die Schürft SG 6 konnte verfahrensbedingt nur bis zum Erreichen der anstehende Unteren Massenkalk- Formation (joMKu) in einer Tiefe von 2,5 m u. GOK ausgebaggert werden (s.o.).

Die Schürftgruben wurden durch einen Diplomgeologen unseres Büros nach geologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14688-1 aufgenommen und beschrieben. Die jeweiligen Schürftprofile mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind in den Anlagen 2.1.1 bis 2.6.1 dem Bericht beigelegt. Eine Fotodokumentation der Schürften liegt in den Anlagen 2.1.2 bis 2.6.2 bei. Eine Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen kann der Anlage 2.7 entnommen werden. Eine Übersicht über die Lage der Schürftgruben ist aus den Plänen in Anlage 1.2 und 1.3 zu ersehen.

## 7.2 Schichtenbeschreibung

Zur Übersicht und Verdeutlichung der allgemeinen im Untersuchungsgebiet auftretenden Schichten wurden in den Lageplan in Anlage 1.3 (M 1:1000) leicht vereinfachte und in der Darstellung überhöhte Profile (M 1:50) der in den einzelnen Schürfen angetroffenen Stratigraphien und die jeweiligen Mächtigkeiten dargestellt.

Im folgende werden die angetroffenen Stratigraphien der beiden untersuchten Geländebereiche (Bereich Erweiterung Gewerbegebiet und Bereich Versickerungsmulde-Bestand) getrennt voneinander beschrieben. Anhand der Aufschlüsse im Untersuchungsgebiet stellt sich die geologische Situation im geplanten Erweiterungsgebiet demnach wie folgt dar:

### 7.2.1 Schichtenbeschreibung und Schichtlagerung Bereich Erweiterung Gewerbegebiet

In den Profilen der Schürfgruben SG 1 bis SG 5 wurden im Liegenden des knapp 0,4 m bis 0,5 m mächtigen Oberbodens mit Grasnarbe durchweg Bodenhorizonte aus **quartären Umlagerungsbildungen (qum)** bzw. **Fließerden** angetroffen. Diese tiefreichenden Schichten erreichen in den Schürfen SG 1 und SG 2 sowie SG 4 und SG 5 bis in Tiefenbereiche von mindestens 3,5 m u. GOK bis 4 m u. GOK. Hierbei wurde jeweils verfahrensbedingt die maximal baggerbare Tiefe erreicht. Es ist daher anzunehmen, dass im Untersuchungsgebiet mit noch größeren Mächtigkeiten der quartären Umlagerungsbildungen gerechnet werden kann. Bei den quartären Umlagerungsbildungen handelt es sich überwiegend um schluffige, homogene, hellbraun-beige Tone. Sie sind meist schwach feinsandig ausgebildet, wobei zonal auch mit deutlich höheren Sandanteilen gerechnet werden kann. Zur Tiefe ist eine mitunter deutliche Zunahme des kiesigen- Anteils in Form zugerundeter und verbrochener bzw. verwitterter Kalksteinbrocken, sowie ein deutlich erhöhter Verlehmungsgrad zu verzeichnen. Im Gelände wurde die Konsistenz der quartären Umlagerungsbildungen als überwiegend steif angesprochen. Vereinzelt konnten auch weichere Horizonte angetroffen werden.

Im Profil der Schürfgrube SG 3 folgt im Liegenden des Horizonts der quartären Umlagerungsbildungen in einer Tiefe von ca. 3,1 m u. GOK der Übergang in den **Verwitterungslehm**. Dieser ist ebenfalls überwiegend aus schluffigen Tönen zusammengesetzt, jedoch kann eine deutliche Zunahme des kiesigen bzw. steinigen Anteils erkannt werden. Hierbei sind der überwiegend steifen, bindigen, hellbraun-beigen bis dunkelbraun-beigen Matrix verwitterte und plattige Kalksteinbruchstücke zwischengelagert. In Schürfgrube SG 5 wurde im Bereich der maximal baggerbaren Tiefe von 3,5 m u. GOK der Übergangsbereich zwischen quartären Umlagerungsbildungen und darunterliegendem Verwitterungslehm

angetroffen. In den Schürfen SG 1, SG 2 und SG 4 wurde bis zum Erreichend der maximal baggerbaren Tiefe kein Verwitterungslehm angetroffen.

### 7.2.2 Schichtenbeschreibung im Bereich Versickerungsmulde (Bestand)

Im Zuge des Anlegens der Schürfe SG 6, benachbart zur bestehenden Versickerungsmulde, wurden unterhalb des ca. 30 cm mächtigen Oberbodens mit Grasnarbe zunächst **Verwitterungslehme** angetroffen. Es handelt sich dabei wie oben bereits beschrieben um braun-beige, überwiegend steife schluffige Tone mit einem zur Tiefe zunehmenden Steinanteil. Innerhalb des Profils der SG 6 erreicht der Horizont eine Mächtigkeit von knapp 1,2 Metern.

Im Liegenden der Verwitterungslehme folgt ab einer Tiefe von ca. 1,5 m u. GOK die **Verwitterungsschicht** des anstehenden Oberjuras (jo). Sie wird hauptsächlich aus blockigen, angewitterten sowie in die tonig-schluffige Matrix eingeregelt graubraunen Kalkstein-Bruchstücken zusammengesetzt. Zur Tiefe kann eine deutliche Zunahme der Kalksteinbruchstücke mit Kantenlänge > 30 cm mit Restschichtungen beobachtet werden. Mit zunehmenden Kantenlängen kann auch ein Wechsel des Gefüges von Matrixgestützt zu Komponentengestützt ausgemacht werden.

Im Liegenden der Verwitterungsschicht folgt ab einer Tiefe von ca. 2,7 m u. GOK die Schichtoberkante der anstehenden und möglicherweise nur leicht angewitterten Kalksteinlagen der **Unteren Massenkalk (joMKu)**. Das Erreichen der Unteren Massenkalk wird dabei mit dem Erreichen der maximalen Baggerbarkeit gleichgesetzt. Es handelt sich hier um nur schwach lagig anstehende, zur Tiefe bergfrische grau-beige massige Kalk mit bereichsweise schluffig-tonigen Fugenverfüllungen. Bei Hammerkontakt brechen die Kalk aufgrund ihrer Härte splittrig. Frische Bruchflächen schimmern aufgrund der durchlaufenen Dedolomitisierung der Calcite oftmals grell bzw. weiß-grau.

### 7.3 Dynamische und statische Plattendruckversuche

Zur Abschätzung der vorhandenen Tragfähigkeit und zum Vergleich untereinander wurden in der angenommenen Tiefenlage des späteren Erdplanums (zwischen ca. 0,5 m und von 0,7 m u. GOK) innerhalb der quartären Umlagerungsbildungen in den Schürfen SG 2, SG 3 und SG 5 dynamische Plattendruckversuche nach TP BF-Stb. Teil 8.3 durchgeführt. Zur Korrelation der ermittelten Werte wurde zudem in SG 3 in analoger Tiefenstufe ein statischer Plattendruckversuch nach DIN 18134 durchgeführt.

Die im Gelände aufgenommenen Ergebnisse der dynamischen Plattendruckversuche sind ausführlich in Anlage 3.2 aufgelistet. Die Ergebnisse des statischen Plattendruckversuchs aus SG 3 sind in Anlage 3.1 aufgeführt.

Der durch den kombinierten statisch-/ dynamischen Plattendruckversuch ermittelte Korrelationsfaktor zur allgemeinen Umrechnung des aus den dynamischen Plattendruckversuchen gewonnenen  $E_{vd}$ -Wertes auf den  $E_{v2}$ -Wert wurde mit 1,2 berechnet. Der erhaltene Faktor deckt sich dabei näherungsweise mit dem Erfahrungswert von überwiegend steifen, bindiger Böden von  $E_{v2}/E_{vd} = 1,25$  (Werte schwanken meist zwischen 0,8 und 1,5).

Die Tiefenlagen u. GOK und die jeweiligen Ergebnisse (Mittelwerte von 3 Einzelmessungen) der dynamischen Plattendruckversuche sind zusammen mit dem Faktor  $E_{v2}/E_{vd} = 1,2$  in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Die jeweilig ermittelten Tragfähigkeiten korrelieren dabei gut mit den jeweils im Gelände bzw. im Labor aufgenommenen/ ermittelten Konsistenzen der Bodenhorizonte der korrespondierenden Tiefenlagen.

**Tabelle 1: Ergebnisse der dynamischen Plattendruckversuche sowie des statischen Plattendruckversuchs innerhalb des Horizonts der quartären Umlagerungsbildungen (qum) mit Angabe der jeweiligen Tiefenstufe der Versuchsdurchführung und Konsistenz.**

Versuch	Tiefe [m u. GOK]	Bodenart	Konsistenz (Gelände/Labor)	$E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{v2}^*$ [MN/m <sup>2</sup> ]
SG 2	0,7	qum	(steif/ -)	18,7	-	22
SG 3	0,5	qum	(steif/ steif lc = 0,92)	35,5	42,6	--
SG 5	0,6	qum	(steif/ -)	22,0	-	26

Im Frühjahr sind nach der allgemein feuchteren Jahreszeit etwa um 20% niedrigere Verformungsmo-  
duln/ Tragfähigkeitswerte zu erwarten.

Die Lage der Schürfgruben mit den jeweils ausgeführten dynamischen und statischen Plattendruckver-  
suchen geht aus den Lageplänen in den Anlagen 1.2 und 1.3 hervor.

## 8. Versickerungsversuch Höhe Versickerungsbecken (Bestand)

Die geplante Gewerbegebietserweiterung „Eichenried II“ sieht neben der Bebauung auch eine Ableitung des Dachwassers bzw. Niederschlagswassers und eine anschließende Versickerung vor. Die Ableitung und in-situ Versickerung des Wassers soll mittels eines geplanten Mulden-(Rigolen)-Kanals sowie über eine Erweiterung der bestehenden Versickerungsmulde geschehen. Die Muldenerweiterung ist dabei anschließend an die östliche Begrenzung der Bestandsmulde geplant (siehe Lageplan in Anlage 1.2). Hierbei wird angenommen, dass sich die Bestandsmulde innerhalb einer sehr gut durchlässigen Dolinenstruktur mit direkten Anbindung an die Verbruchzone in der Tiefe befindet. Nach Möglichkeit soll die Erweiterungsfläche auf Sohlhöhe ebenfalls an die Verbruchzone angebunden werden.

Durch die Durchführung eines Versickerungsversuchs auf der Sohlhöhe der Schürfe SG 6 sollte die Versickerungsfähigkeit im geplanten Erweiterungsbereich sowie eine Anbindung an die möglicherweise kleinräumig begrenzte Dolinenstruktur bzw. Verbruchzone untersucht werden. Die Durchführung des Versickerungsversuchs erfolgte durch Mitarbeiter unseres Büros auf der Tiefenlage 2,6 m u. GOK im Übergangsbereich Verwitterungsschicht/ anstehende Untere Massenkalke.

Die Basis von **SG 6** wurde folgend mit einer 1,1 m hohen Wassersäule bedeckt. Zwischen 12:03 Uhr und 15:43 Uhr wurde insgesamt eine Absenkung des Wasserpegels von 18 cm auf eine Endpegelhöhe von 0,92 m oberhalb der Schürgrubenbasis gemessen. Der Durchlässigkeitsbeiwert wird hier mit ca.

$$k_f = 3,0 \text{ E-06 m/s}$$

bestimmt. Die Lage der Schürfe SG 6 geht aus den Lageplänen in den Anlagen 1.2 und 1.3 hervor. Die Auswertung des Versickerungsversuchs und der bestimmten hydraulischen Durchlässigkeitsbeiwert,  $k_f$ -Wert (in m/s) ist in Anlage 4 beigelegt. Die Stratigraphie der Schürfe kann der Anlage 1.6.1 sowie dem Lageplan in Anlage 1.3 entnommen werden.

## 9. Bodenverunreinigungen

Hinsichtlich einer Verwertung/ Entsorgung des im Zuge der Baumaßnahmen anfallenden Aushubmaterials wurden vom angetroffenen Bodenmaterial der quartären Umlagerungsbildungen repräsentative Mischproben entnommen und anschließend zu einer Sammelprobe „SP Quartär“ vereinigt.

Die Mischprobe wurde dann hinsichtlich einer Entsorgungseinstufung entsprechend der Verwaltungsvorschrift Boden des Landes Baden-Württemberg vom 14.03.2001 ("VwV-Boden") in ein Labor verbracht und chemische Analysen auf den Parametern der VwV-Boden veranlasst.

Die Analyse der Sammelprobe der quartären Umlagerungsbildungen („**SP Quartär**“) ergab lediglich leicht erhöhte Chrom- und Nickel- Konzentration von 120 mg/kg bzw. 94 mg/kg in der Festsubstanz, sodass das quartäre Bodenmaterial vorläufig entsprechend der **VwV-Bodenverwertung** in die **Verwertungsklasse Z0\*** eingestuft werden muss.

Der im Untersuchungsgebiet zu oberst anstehende Oberboden ist vor Beginn etwaiger Aushubarbeiten vom übrigen Bodenmaterial zu separieren und getrennt zu verwerten.

Die ausführlichen Ergebnisse der chemischen Analysen der beiden Mischproben liegen dem vorliegenden Bericht in Anlage 6.1 bei.

## **10. Hydrogeologische Situation**

Im Zuge der Geländeerkundungen und dem Anlegen der 6 Schürfen konnten keinerlei Wasserzutritte festgestellt werden. Im Bereich der Schürfen SG 1 bis SG 5 wurden bis in größere Tiefen (mindestens 4 m u. GOK) noch tonig-schluffige quartäre Decklehme bzw. Verwitterungslehme angetroffen. Erfahrungsgemäß sind diese bindigen Horizonte schlecht Wasserdurchlässig ( $k_f \leq 10^{-8}$  m/s), sodass von sehr geringen Versickerungsraten des Oberflächenwassers, und einer damit verbundenen Einstauung an der Geländeoberfläche nach stärkeren oder anhaltenden Niederschlägen ausgegangen werden muss. Im Zuge der Baumaßnahmen muss daher auch innerhalb der mächtigen quartären Umlagerungsbildungen mit dem Zutritt einzelner Schicht- und Sickerwasserlinsen gerechnet werden.

Aufgrund des tiefliegenden Horizonts der mitunter verkarsteten Unteren Massenkalken innerhalb des Untersuchungsgebiets sowie möglicher im Untergrund anstehender Verbruch- und Dolinenstrukturen mit erhöhten vertikalen Wasserwegsamkeiten kann von einem tiefliegenden Grundwasserspiegel ausgegangen werden. Baumaßnahmen mit nur mäßiger Einbindung von wenigen Metern bleiben daher vom Grundwasser unbeeinflusst.

Die bestehende Versickerungsmulde wurde höchstwahrscheinlich innerhalb einer oberflächennahen Dolinenverbruchstruktur angelegt, sodass hier deutlich erhöhte Wasserwegsamkeiten angetroffen und erhöhte Abflussraten erzielt werden konnten. Der im Rahmen der aktuellen Geländeerkundung

angelegte Versickerungsversuch wurde auf Sohlhöhe der Schürfe SG 6 im Übergangsbereich zwischen der Verwitterungsschicht und der darunter anstehende bergfrischen Unteren Massenkalk durchgeföhrt. Die ermittelte relativ geringe Durchlässigkeit von  $k_f \sim 3 \times 10^{-6}$  m/s lässt darauf schließen, dass bestehende Klüfte und tiefreichende wasserwegsame Verbruchbereiche der Dolinenstruktur erst in größeren Tiefen oder nur direkt im Bereich des bestehenden Versickerungsbeckens angetroffen werden können.

Insofern sind bei der Beckendimensionierung für die Erweiterung größere Verweilzeiten bis zur Versickerung derselben Wassermenge wie beim Bestand einzuplanen.

## 11. Bodenmechanische Laborversuche

Für Laboruntersuchungen wurden aus dem frischen Bodenmaterial insgesamt

### 12 Becherproben (BP)

entnommen, die letztlich alle für bodenmechanische und bodenphysikalische Bestimmungen verwendet wurden.

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

12	mal	Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach	DIN EN ISO 17892-1
4	mal	Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach	DIN 18122
1	mal	Korngrößenverteilung feinkörniger Böden nach	DIN 18123

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse liegt als Anlage 5.1, die Bestimmungen der Konsistenzgrenzen der Proben der quartären Umlagerungsbildungen (qum) in den Anlage 5.2.1, 5.2.2 und 5.2.4 bei. Die Konsistenzgrenzenbestimmung der Probe des Verwitterungslehms kann in Anlage 5.2.3 eingesehen werden. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung der Probe der quartären Umlagerungsbildungen kann der Anlage 5.3 entnommen werden.

Die Bestimmungen der Konsistenzgrenzen der Proben der quartären Umlagerungsbildungen aus SG 3 und SG 4 („**SG 3 0,5 m**“ und „**SG 4 3,5 m**“) lieferten bei natürlichen **Wassergehalten**  $w_n$  von **27,1 %** und **30,3 %** jeweils **steife** Konsistenzen und nach DIN 18196 die **Bodenart TA** („ausgeprägt plastischer Ton“). Für die Probe aus SG 1 („**SG 1 2,0 m**“) wurde bei einem natürlichen **Wassergehalt**  $w_n$  von **28,7 %** eine **weiche** Konsistenz und die Bodenart **TA** bestimmt.

Die Konsistenz der Probe des Verwitterungslehms aus SG 3 („**SG 3 4,0 m**“) wurde bei einem natürlichen **Wassergehalt**  $w_n$  von **25,4 %** mit **steif** bestimmt. Als Bodenart resultiert nach DIN 18196 ebenfalls ein ausgeprägt plastischer Ton (**TA**).

Die Bestimmung der Korngrößenverteilung der Probe der quartären Umlagerungsbildungen aus SG 3 („**SG 3 2,0 m**“) lieferte eine Körnungsziffer von **5-4-1-0**, also eine Bodenzusammensetzung aus ca. **50 % Tonanteilen**, ca. **40 % Schluffanteilen**, ca. **10 % Korngrößenanteilen im Sandbereich** sowie **0 % Kiesanteilen**.

Im Rahmen der Laboruntersuchungen konnten demnach die Beobachtungen und bodenmechanischen Bestimmungen aus der Geländearbeit bestätigt werden.

## **12. 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 und felsmechanischen Untersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 für Erdarbeiten eingeteilt werden (siehe Tabelle 2). Der Homogenbereich A 18300 gilt dabei ausschließlich für den Bereich der Schürfen SG 1 bis SG 5. Die Homogenbereiche C 18300 und D 18300 gelten für die in SG 6 angetroffenen Lithologien.

Schicht	Erdarbeiten
Quartäre Umlagerungsbildungen (qum) -(überw. steif)	A 18300
Verwitterungslehm - (überw. steif)	B 18300
Verwitterungsschicht (jo)	C 18300
Unterer Massenkalk (joMKu)	D 18300

**Tabelle 2: Im Untersuchungsgebiet angetroffenen Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08.**

Die Angaben zu den einzelnen Homogenbereichen sind in den Anlagen 7.1 bis 7.4 beigefügt. Die den Homogenbereichen zugeordneten Schichtgrenzen können den Profilen der Schürfen (Anlage 2.1.1 bis 2.6.1) sowie dem Lageplan mit der vereinfachten Darstellung der Schürfgrubenprofile in Anlage 1.3 entnommen werden.

Der im Gelände anstehende Oberboden, sowie die auflagernde Vegetationsdecke ist vor Beginn der eigentlichen Erdbauarbeiten abzuschleppen 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.

### **13. Bodenkennwerte**

Es wird darauf hingewiesen, dass für die spätere Bebauung einzelne objektbezogene genauere Erkundungen und Festlegungen von Bodenkennwerte notwendig sind. Für überschlägige erdstatische Berechnungen oder Vorbemessungen können jedoch 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.

<b>Bodenschichten</b>	<b>Wichte</b>	<b>Reibungs- winkel</b>	<b>Kohäsion</b>	<b>Steifemodul</b>
	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Quartäre Umlagerungsbildungen</b> (TA) überwiegend steif	<b>19</b> (18,5 – 19,5)	<b>17,5</b> (15 – 20)	<b>10</b> (5 - 15)	<b>5</b> (2 - 7)
<b>Verwitterungslehm</b> (TA) überwiegend steif	<b>19,5</b> (18,5 – 20)	<b>20</b> (17,5 – 22,5)	<b>10</b> (5 - 15)	<b>7</b> (7 - 12)
<b>Verwitterungsschicht (jo)</b>	<b>20,5</b> (19,5 - 23)	<b>27,5</b> (22,5 – 32,5)	<b>10</b> (5 – 15)	<b>12</b> (10 - 20)
<b>Unterer Massenkalk (joMKu)</b>	<b>24,5</b> (23 - 26)	<b>32,5</b> (30- 37,5)	<b>100</b> (80-150)	<b>200</b> (150 - 500)

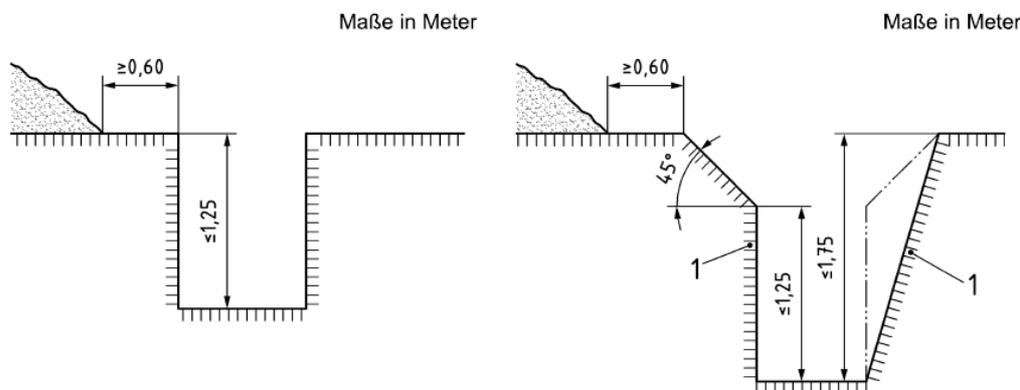
Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte

## 14. Kanal- und Leitungsbau

### 14.1 Grabenaushub

Die Leitungen werden in den anstehenden, überwiegend ausgeprägt plastischen Tonböden (Bodenart TA) der quartären Umlagerungsbildungen und Verwitterungslehmen liegen. Diese zählen nach alter Norm zur Bodenklasse 5 und damit zu den schwer löslichen Böden. Generell können diese jedoch mittels Bagger profilgerecht gelöst werden.

Begehbare Gräben dürfen in den mindestens steifplastisch anstehenden Böden bis 1,25 m in Anlehnung an DIN 4124 noch freistehend senkrecht geböscht werden. Bis 1,75 m kann ebenfalls eine teilweise senkrechte und oben geböschte Grube entsprechend Abb. 5 angelegt werden.



**Abb. 4: Auszug aus DIN 4124**

Tiefere Gräben bis max. 4 m Tiefe können innerhalb der tonigen Deckschichten unter

$$\beta \leq 60^\circ$$

geböscht oder mittels eines Grabenverbausystems (Grabenverbauplatten/ -boxen) senkrecht verbaut bzw. gesichert werden.

Die Angaben gelten unter der Voraussetzung eines mindestens 2 m breiten lastfreien Streifens hinter der Böschungskrone. Bei relevanten Zusatzlasten entlang der Böschungskrone oder größeren Böschungshöhen ist die Böschung abzufachen bzw. ein rechnerischer Standsicherheitsnachweis zu führen.

## 14.2 Grabenverfüllung

Gegen das Erdreich ist bei Verfüllung mit grobkörnigem Material ein Trennvlies einzulegen. Innerhalb der **Kanal- und 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.

In diesem Zusammenhang sind auch die mögliche Verwertung unbelasteter recycelte Böden zu nennen. Das Größtkorn ist, sofern nicht weiter durch Herstellerangaben eingeschränkt, auf 22 mm zu begrenzen. 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 Böden mit größerem Ton- und Schluffanteil mit den Bezeichnungen nach DIN 18196: GU\*, GT\*, SU\*, ST\* 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-StB<sup>1</sup> und ZTV A-StB<sup>2</sup> (siehe nachstehende Tabelle).

	Bereich	Bodengruppen	$D_{Pr}$ in %	$n_a$ in 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 bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten	GU*, GT*, SU*, ST* U, T, OU <sup>3)</sup> , OT <sup>3)</sup>	97	12 <sup>4)</sup>

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

Der ausgehobene Boden der Deckschichten eignet sich aufgrund dessen schlechten Verdichtbarkeit und zu erwartender Nachsetzungen nach den einschlägigen Vorschriften (ZTV A StB 12) und Empfehlungen nicht bzw. nur nach vorhergehender Bodenverbesserung und dünnlagigem Einbau. Zudem kann es durch Niederschläge, Frost oder bei unsachgemäßer Zwischenlagerung zu einer weiteren Verschlechterung der erdbautechnischen Eigenschaften kommen. Für den Fall des Wiedereinbaues wird daher eine vorherige Konditionierung durch Bindemittel notwendig. Allerdings führen zu hohe Bindemittelzugaben zu unerwünschten Verfestigungen über Leitungen und Kanälen. Die Bindemittelzugabe ist deshalb in der Verfüllzone auf 1 M-% zu begrenzen.

Bei Einbau von bindigen gemischtkörnigen Böden oder tonigem Material in den oberen 0,5 m bis zum Erdplanum der Straße wird üblicherweise ein für den Straßenbau für das Erdplanum zu niedriger  $E_{v2}$ -Wert erreicht. Deshalb muss in der Regel in diesen oberen Bereichen eine höhere Bindemittelzugabe (geschätzt. 2 bis 3 M-%) zur Tragfähigkeitserhöhung der Böden vorgesehen werden, um die Anforderung an die Tragfähigkeit auf OK Erdplanum von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  zu erreichen.

<sup>1</sup> ZTV E-StB 2017 ZTV Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

<sup>2</sup> ZTV A-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

Das Verfüllmaterial ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Verfüllungen sind über Kontrollprüfungen auf die Einhaltung der geforderten Verdichtung bzw. Tragfähigkeit zu überwachen.

Das Eigensetzungspotential von Grabenverfüllungen nimmt mit zunehmendem Anteil der Grobfraction ab. Bei einer grobkörnigen Schüttung sind die Eigensetzungen am geringsten.

## **15. Verkehrsflächen bzw. Straßenbau**

### **15.1 Allgemeines**

Für die Dimensionierung der Verkehrsflächen wird den mit der Planung beauftragten Büros die Anwendung der RStO 2012<sup>3</sup> empfohlen. Diese Richtlinie ist für öffentliche Straßen innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften anzuwenden. Die Stärke des Straßenbaues ist nach dieser Richtlinie so festzulegen, dass zum einen der erforderlichen Tragfähigkeit und zum anderen der Frostsicherheit Rechnung getragen wird. Die größere Mächtigkeit wird dann maßgebend.

Die nachstehenden Angaben setzen nach RStO 2012 Pkt. 2.3 voraus, dass eine dauerhaft wirksame Entwässerung vor allem des Erdplanums (Quer- und Längsneigung, ausreichende Dränung, Kontrollschächte usw.) und der Verkehrsfläche vorhanden ist. Zur Entwässerung gering durchlässiger, wasserempfindlicher Böden sind die Hinweise der ZTV-E-StB 2017<sup>4</sup> zu beachten.

Nach Pkt. 4.4.5 der ZTV-E sind Querneigung von mindestens 4% und bei einer „qualifizierten Bodenverbesserung“ oder „Bodenverfestigung“ mindestens 2,5% vorzusehen.

Die „qualifizierte Bodenverbesserung“ (Pkt. 12.4.3.1 der ZTV-E) erfordert eine Zugabe an Bindemittel von mindestens 3 M.-% (erfahrungsgemäß 3 - 6 M.-%) und relativ aufwändige Eignungsprüfungen und Kontrollen während des Einbaues (1-axiale Druckfestigkeiten nach 28 Tagen  $\geq 0,5 \text{ MN/m}^2$ ,  $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$  u.a.). Möglicherweise sind durch langfristige Festigkeitsentwicklung aber spätere Aufgrabungen erschwert. Dafür lässt die RStO aber nach Pkt. 3.2.1 bei der „qualifizierten Bodenverbesserung“ ab  $\geq 25 \text{ cm}$  Dicke auch bei anstehenden sehr frostempfindlichen Böden (F3) anschließend einer Einstufung in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 zu.

<sup>3</sup> Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO, 2012

<sup>4</sup> Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 2017

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 dauerhaft und kontrolliert z.B. mittels einer seitlich, am Tiefpunkt des Planums geführten Drainage abzuleiten.

## 15.2 Bodenverbesserung Erdplanum

Um den Bauablauf witterungsunabhängiger und damit besser gestalten zu können und um die Ausgangstragfähigkeit zu verbessern wird generell bei den auf Höhe des Erdplanums anstehenden bindigen Tonböden eine Bodenverbesserung empfohlen.

In den oberflächennah anstehenden Tonböden sind nach den Tragfähigkeitsversuchen bei der Erkundung (vgl. Kapitel 7.3 „Dynamische und statische Plattendruckversuche“) und unter Berücksichtigung etwas geringerer Tragfähigkeiten in feuchteren Jahreszeiten (Frühjahr) Ausgangstragfähigkeiten zwischen  $E_{v2} \cong 20$  und  $35 \text{ MN/m}^2$  zu erwarten.

Anstelle der „qualifizierten Bodenverbesserung“ (vgl. Hinweise in Kapitel 15.1 „Allgemeines“) wird eine „einfache Bodenverbesserung“ empfohlen. Hierzu ist das freigelegte Erdplanum unter dem Straßenoberbau in einer Mindestdicke von  $\geq 30 \text{ cm}$  zu fräsen und den Boden durch die Zugabe Bindemittel zu verbessern. Als Bindemittel eignet sich in den ausgeprägt plastischen Tonen erfahrungsgemäß ein Mischbindemittel mit überwiegendem Kalkanteil ( $\geq 70\%$ ), ggf. aber auch reiner Weißfeinkalk.

Bei den meist steifen und mittel bis ausgeprägt plastischen Tonböden werden **Bindemittel-Zugabemengen** von  $\geq 2,5 \text{ M-\%}$  empfohlen. Basierend auf einer angenommenen Trockendichte von ca.  $1,6 \text{ t/m}^3$  entsprechen  $2,5 \text{ M-\%}$  einer Bindemittelzugabe von ca.  $40 \text{ kg/m}^3$  (bei  $30 \text{ cm}$  Frästiefe ca.  $12 \text{ kg/m}^2$ ). Die tatsächliche Zugabemenge richtet sich auch nach den Witterungsbedingungen und den tatsächlich nachweisbaren Tragfähigkeiten. Gewisse Mehrmengen an Bindemittel sind daher einzuplanen.

Basierend auf vergleichbare Böden kann durch die Bindemittelzugabe von einer Verbesserung der Ausgangstragfähigkeit des Erdplanums auf  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  ausgegangen werden.

Nach eigenen Erfahrungen sind bei tonigen Böden mittels einer „einfachen Bodenverbesserung“, die auf eine Tragfähigkeitsverbesserung  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  ausgerichtet ist, schon deutliche Verbesserungen des Erdplanums hinsichtlich der Witterungsempfindlichkeit zu erreichen. Aus diesem Grund kann deshalb auch bei der „einfachen Bodenverbesserung“ das Erdplanum hinsichtlich des Quergefälles, in

Anlehnung an die „qualifizierte Bodenverbesserung“, anstelle einer Mindestquerneigung von 4 % auf ca. 3 % Querneigung reduziert werden.

Auf dem bodenverbesserten Erdplanum sind bei Kontrollen die Tragfähigkeitswerte  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  zu überprüfen bzw. nachzuweisen. Das Erdplanum muss zudem ein Verdichtungsgrad von mindestens 97%  $D_{Pr}$  aufweisen. Als Verhältniswert auf dem Erdplanum sind erfahrungsgemäß bei ausreichender Verdichtung  $E_{v2}/E_{v1}$ -Werte zwischen 2,0 und 2,5 zu erreichen. Bei Kontrollen mittels statischem Plattendruckgerät werden ohne Vergleichsversuche (Proctorversuche und Dichtebestimmungen mittels Ausstechzylinder) die Zugrundelegung der strengeren Verhältniswerte  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$  empfohlen. Im Zweifel sind belegt durch Wiederholungsversuche oder Drittbelastungsversuche die Anforderungen anzupassen. Eine präzisere Eingrenzung der Angaben zur Bodenverbesserung lässt sich am Beginn der Bauausführung an einem Testfeld erreichen.

Alternativ kann, um dieselben Tragfähigkeiten  $E_{v2}$ -Werte  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  zu erreichen, anstelle einer Bodenverbesserung auch ein Bodenaustausch mit  $d \geq 20 \text{ cm}$  Schotter z.B. 0/56 oder 0/63 mm vorgenommen werden.

Sollen dynamische Plattendruckversuche durchgeführt werden, müssen Korrelationsversuche zwischen statischen und dynamischen Versuchswerten bestimmt werden. Der Ansatz für gemischt- und grobkörnige Böden ( $E_{v2}/E_{vd} \cong 2,0$ ) ist auf bindigen Böden nicht zulässig. Die Anzahl an dynamischen Versuchswerten ist wegen der größeren Streuung gegenüber statischen PDV zu verdoppeln.

### **15.3 Dimensionierung Oberbau**

Die Dicke des Straßenbaues ist nach der RStO 2012 so festzulegen, dass zum einen die Tragfähigkeit und zum anderen die Frostsicherheit gewährleistet sind.

Die tonigen Deckschichten sind vorwiegend der Bodenart TA und damit der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (mittel frostempfindlich), untergeordnet aber auch der Bodenart TM, d.h. der Klasse F3 (sehr frostempfindlich), zuzuordnen. Ohne Bodenverbesserungsmaßnahmen wäre für die Bemessung eine Einstufung in die Klasse F2/F3 oder F3 anzusetzen.

Durch die empfohlene „einfache Bodenverbesserung“ lassen sich die Böden hinsichtlich ihrer Frostempfindlichkeit durchweg verbessern. Sofern die Bodenverbesserung eingeplant wird, kann hinsichtlich

der Frostsicherheit nach Einschätzung HuP einheitlich von einer mittleren Frostempfindlichkeitsklasse F2 ausgegangen werden.

In Abhängigkeit der Belastungsklasse lassen sich mit dieser Annahme nach RStO 2012 „Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues“ bestimmen.

Belastungsklasse	Frostempfindlichkeitsklasse	frostsichere Mindestdicke [cm]
<b>Bk1,0 bis Bk3,2</b>	<b>F2</b>	<b>50</b>
Bk1,0 bis Bk3,2	F3	60

**Tabelle 5: Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues (nach RStO Tabelle 6)**

Das Baufeld liegt nach Abb. 5 in der Frosteinwirkungszone III.



**Abb. 5: Frosteinwirkungszone nach Bild 6 der RStO**

Die Mehr- oder Minderdicken (= A + B + C + D + E) sind nach Tabelle 7 der RStO zu bestimmen. Für die Spalte „A“ ist bei der Frosteinwirkungszone III ein Zuschlag von +15 cm auf den Ausgangswert zur Bestimmung eines frostsicheren Straßenaufbaues zu berücksichtigen. Nach Angaben SI-Ingenieure soll für E –5 cm angesetzt werden. Hinsichtlich den weiteren Spalten B bis D sind von der Planung keine Angaben zu Mehr- oder Minderdicken gemacht, weshalb diese mit „0 cm“ angenommen werden.

Mit der angenommenen Mindestdicke und Mehr- und Minderdicken (50 + 15 + 0 + 0 + 0 - 5) ergeben sich als

**frostsicherer Oberbau**

**d<sub>gesamt</sub> = 60 cm**

Örtliche Verhältnisse		A	B	C	D	E
Frost- einwirkung	Zone I	± 0 cm				
	Zone II	+ 5 cm				
	Zone III	+ 15 cm				
kleinräumige Klimaunter- schiede	ungünstige Klimaeinflüsse z. B. durch Nordhang oder in Kammlagen von Gebirgen		+ 5 cm			
	keine besonderen Klimaeinflüsse		± 0 cm			
	günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße		- 5 cm			
Wasser- verhältnisse im Untergrund	kein Grund- und Schichten- wasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum			± 0 cm		
	Grund- oder Schichten- wasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum			+ 5 cm		
Lage der Gradienten	Einschnitt, Anschnitt				+ 5 cm	
	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m				± 0 cm	
	Damm > 2,0 m				- 5 cm	
Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Rand- bereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen					± 0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen					- 5 cm

Abb. 6: Tabelle 7 aus RStO 2012

## 15.4 Tragschichtaufbau

Für den Tragschichtaufbau wird ein korngestuftes, gebrochenes, frostunempfindliches Baustoffgemisch Schotter FSS/STS z.B. 0/45 mm oder 0/56 mm empfohlen. Der Einbau des Schotters hat lagenweise ( $d \leq 30$  cm) bei einem Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 103$  % zu erfolgen. Als Mindesttragfähigkeit werden für Asphaltdecken auf Tragschichten über frostempfindlichem Untergrund nach RStO Tafel 1 Zeile 3  $E_{V2}$ -Werte  $\geq 150$  MN/m<sup>2</sup> (BK 1,0) gefordert.

Für die Kontrolle werden statische Lastplattendruckversuche empfohlen. Der Nachweis des Verdichtungsgrads kann näherungsweise mittels statischem Plattendruckversuchen bei Einhaltung eines Verhältniswertes von  $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$  erfolgen.

Bis  $E_{V2}$ -Werte  $\leq 100$  MN/m<sup>2</sup> beträgt der Verhältniswert auf grobkörnigem Tragschichtmaterial (Bodenart GW/ GI) zwischen statischen und dynamischen Plattendruckversuche  $E_{V2}/E_{Vd} = 2,0$ . Bei einem  $E_{V2}$ -Wert von 120 MN/m<sup>2</sup> ist als Nachweis ein  $E_{Vd}$ -Wert  $\geq 65$  MN/m<sup>2</sup> ( $E_{V2}/E_{Vd} = 1,85$ ) notwendig. Mit dem kleinen

Fallgewicht sind nach der technischen Prüfvorschrift nur Tragfähigkeitsbestimmungen bis  $E_{vd} \leq 70 \text{ MN/m}^2$  zugelassen. Für die höheren Tragfähigkeitsanforderungen von  $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$  sind dynamische Plattendruckversuche nicht mehr ausreichend zu korrelieren und stattdessen statische Plattendruckversuche auszuführen.

### 15.5 Vorschlag Straßenaufbau

Die Belastungsklasse BK1,0 sieht als gebundenen Oberbau 12 cm Asphalttragschicht + 4 cm Asphaltdecke vor. Bei einem angenommenen frostsicheren Oberbau = 65 cm ergibt sich die Tragschichtmächtigkeit zu 49 cm (= 65 cm – 16 cm).

Ausgehend von einer Tragfähigkeit auf dem bodenverbesserten Erdplanum  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  und 44 cm Tragschichtmächtigkeit sind die Tragfähigkeitsanforderungen auf OK Tragschicht erreichbar.

Sofern vom Planungsbüro keine anderen Belastungsklassen und Mehr- und Minderdicken nach Tabelle 7 der RStO 2012 festgelegt oder keine höherwertige „qualifizierte Bodenverbesserung“ einplant werden, ergibt sich nachstehend skizzierter Vorschlag für den Straßenaufbau (Abb. 7).

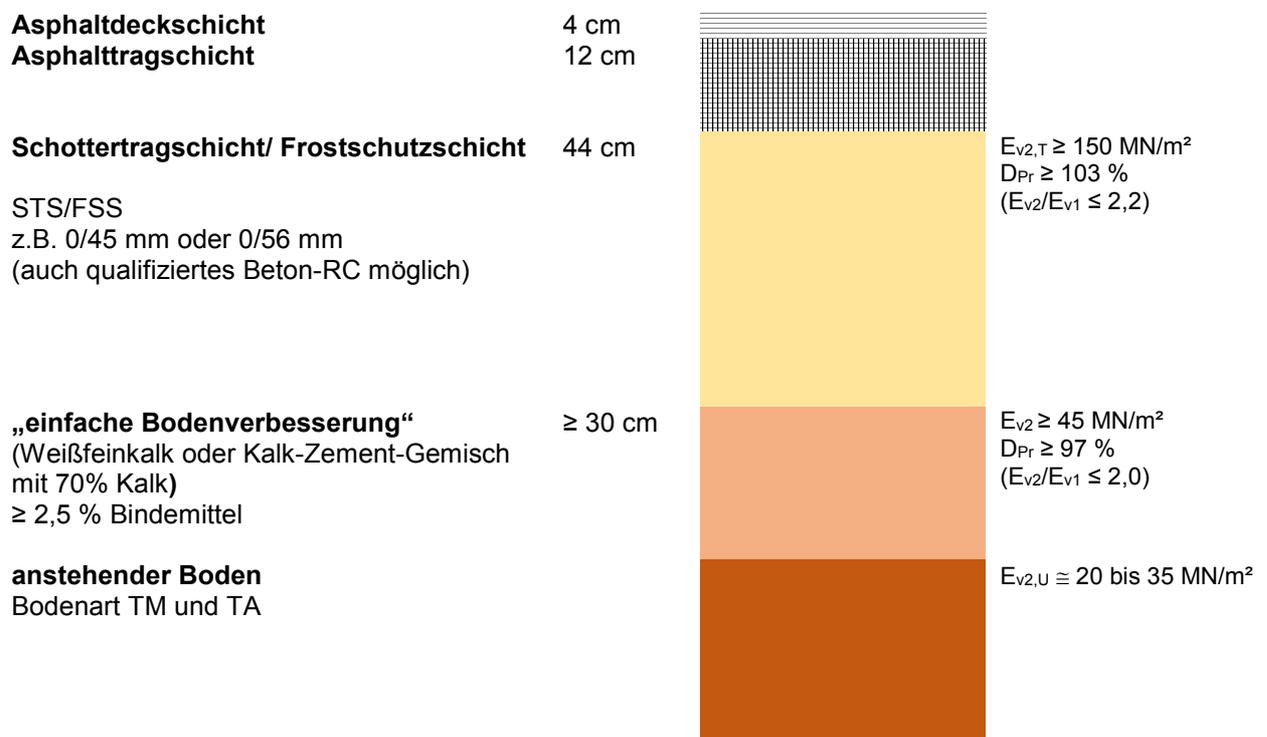


Abb. 7: Vorschlag für den Straßenaufbau (BK 1,0), o.M.

## 16. Versickerungsbecken

In Kapitel 8 „Versickerungsversuche Höhe Versickerungsbecken“ sind die Ergebnisse des Versickerungsversuchs beschrieben.

Der ermittelte  $k_f$ -Wert  $3 \times 10^{-06}$  m/s liegt nach dem ATV-Arbeitsblatt 138<sup>5</sup> in einem günstigen Bereich zwischen  $k_f = 1 \times 10^{-3}$  m/s und  $k_f = 1 \times 10^{-6}$ .

Bei  $k_f$ -Werten  $> 1 \times 10^{-3}$  sickern die Wässer nahezu ungehindert ohne jede biologische und chemische Aufenthaltszeit dem Grundwasser zu. Bei Werten unter  $k_f \leq 1 \times 10^{-6}$  m/s stauen die Wässer zu lange ein und es können anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone entstehen.

Bei der Planung kann hinsichtlich der Bemessung nach ATV 138 für die ungesättigte Zone ein  $k_f$ -Wert  $k_{f,u} = k_f/2$  angesetzt werden. Die ATV 138 sieht allerdings nach Tabelle B.1 wiederum eine Korrektur für die aus Feldversuchen ermittelten  $k_f$ -Werte über einen Korrekturfaktor 2 vor, so dass als Bemessungskf-Wert direkt das Versuchsergebnis dem vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_{f,u}$  der ungesättigten Zone entspricht (Abb. 8).

**Tabelle B.1:**  
**Korrekturfaktoren zur Festlegung des Bemessungs- $k_f$ -wertes [21]**

Bestimmungsmethode		Korrekturfaktor
Abschätzung nach Bodenansprache		1
Labormethoden	Sieblinienauswertung	0,2
	Permeameter (ungestörte Probe, vertikale Probennahme)	1
Feldmethoden		2

Die Abschätzung des  $k_f$ -wertes anhand der Bodenart setzt für eine abschließende Bemessung eine ausreichende Erfahrung voraus.

Die Ergebnisse einer Sieblinienauswertung sind besonders stark zu korrigieren.

Bei einem Laborversuch mit einem Permeameter ist nur dann eine Korrektur entbehrlich, wenn die ungestörte Probe in vertikaler Richtung entnommen wurde.

Ein Korrekturfaktor von 2 für die Feldversuche bedeutet, dass durch Feldversuche genau die Durchlässigkeit festgestellt wird, mit der die Versickerungsanlagen bemessen werden. Das Versuchsergebnis entspricht also dem vertikalen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_{f,u}$  in der ungesättigten Zone.

**Abb. 8: Auszug aus ATV 138 bzgl. Bemessungs-kf-Wert**

<sup>5</sup> ATV Arbeitsblatt 138, „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser (Abwassertechnische Vereinigung e.V. – ATV)“

Da die Versickerung höchstwahrscheinlich entweder über die Klüfte im Massenkalk oder über eine Anbindung an die Verbruchzone der Dolinenstruktur stattfindet, ist die Planungssicherheit der Anlage desto größer, wenn möglichst großflächig oder langgestreckte Bereiche im Felshorizont angebunden werden. Es muss weiter peinlich genau darauf geachtet werden, dass bei der Herstellung z.B. durch das Meißeln nicht einzelne leistungsfähige Klüfte zusetzen und so die Durchlässigkeit deutlich herabsetzen. Bei Bedarf müssen z.B. Kehr-/Saugmaschinen die Oberfläche der hergestellten Sohle reinigen. Darüber hinaus muss ein sorgfältig bemessenes Trenn- und Filtervlies die Klüfte vor einem Feinteilentrug aus dem belebten Oberboden und Filterschichten schützen.

Um ausreichend hohe Versickerungsraten zu erreichen, sollte die Sohlebene des Erweiterungsbereichs der bestehenden Versickerungsmulde deutlich innerhalb des anstehenden Massenkalk-Horizonts zu liegen kommen. Die Anbindung an den stark durchlässigen Dolinenverbruchbereich sollte ebenfalls bei einer Tieferlegung der Sohle des bestehenden Beckens erreicht werden.

Für die Versickerung ist eine Bemessung und wasserwirtschaftliche Genehmigung erforderlich. Sofern erwünscht kann die Bemessung und Antragerstellung durch HuP begleitet bzw. unterstützt werden.

Ergänzend wird bei einer evtl. Regenwassernutzung auf DIN 1989-1<sup>6</sup> verwiesen. Die Sohle des zur Ableitung des Wassers geplante Mulden-(Rigolen)-Kanals wird entsprechend der im Zuge der Geländeuntersuchungen angetroffenen Lithologie wohl im Schichthorizont der quartären Umlagerungsbildungen zu liegen kommen. Diese können als schlecht durchlässig charakterisiert werden (siehe Kapitel 10). Eine direkte Versickerung relevanter Niederschlagsmengen des abgeleiteten Niederschlags-/Oberflächenwassers ist innerhalb des Mulden-(Rigolen)-Kanals dementsprechend nicht möglich.

## 17. **Bebauung**

### 17.1 **Gründung**

Die Gründung der Bebauung im Erschließungsgebiet kommt bei ebenerdiger oder 1-fachen Unterkellerung überwiegend in den **quartären Umlagerungsbildungen**, also überwiegend steifplastischen, ausgeprägt plastischen Tonen zu liegen. Im Nordwesten (SG 1) war die Konsistenz nur weich. Hier

---

<sup>6</sup> DIN 1989-1 Regenwassernutzungsanlagen, Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung

muss die Gründung je nach Höhe der planmäßigen Fundamentsohle z. B. durch einfache Betonaufholungen auf tragfähigere Horizonte tiefer geführt werden.

Ggf. wird im mittleren Bereich des Erschließungsgebietes mit einer Unterkellerung auch die Schichtgrenze zum unterlagernden **Verwitterungslehm** erreicht. Dieser ist ebenfalls überwiegend aus schluffigen Tonen zusammengesetzt, jedoch kann eine deutliche Zunahme des kiesigen bzw. steinigen Anteils erkannt werden.

Anhaltswerte für die Untergrundverhältnisse und nachstehenden Bemessungswerte der Sohlspannungen können die Untersuchungen für die Erschließung liefern. Im Einzelfall müssen jedoch objektbezogen Baugrunduntersuchungen durchgeführt und auf das Objekt bezogene Angaben gemacht werden.

Als Anhaltswerte für die Vorbemessung können für Flachgründungen auf Streifen und Einzelfundamente folgende **Bemessungswertes des Sohlwiderstandes ( $\sigma_{R,d}$ )** angenommen werden. Diese gelten für ein quadratisches Einzelfundament mit einer Seitenlänge zwischen 0,8 m und 2,0 m ( $a / b = 1,0$ ) und für ein Streifenfundament mit einer Breite von zwischen 0,4 und 1,2 m (Länge 10 m).

Bodenschicht	Bemessungswert der Sohlspannungen $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
	Streifenfundamente	Einzelfundamente
<b>quartären Umlagerungsbildungen / Verwitterungslehm, steif</b> <small>überwiegend Bodenart TA (ohne Berücksichtigung einer Aushubentlastung)</small>	200	240

**Tabelle 6: Bodenschichten und jeweiliger Sohlspannung-Bemessungswert**

Als Setzungen sind dabei abhängig von den setzungswirksamen, charakteristischen Sohlspannungen ca. 2 cm bis 3 cm zu erwarten.

## 17.2 Baugrubengestaltung

Für freie Baugrubenböschungen bis max. 4 m Aushubhöhe können die Neigungen, die auch für die Gräben angegeben wurden, zugelassen ( $\beta \leq 60^\circ$ ) werden. Die Bedingungen hinsichtlich lastfreier Streifen usw. gelten sinngemäß. Baugrubenböschungen sind aufgrund längerer Offenstände mit Folienabdeckungen gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

### 17.3 Gebäudetrockenhaltung

Über den maximal sehr schwach wasserundurchlässigen bindigen Deckschichten können zutretende Sickerwässer aufstauen. Deshalb sind zur Trockenhaltung der Gebäude Dränagemaßnahmen nach DIN 4095<sup>7</sup> und/oder Abdichtungen gegen zeitweise aufstauendes Sickerwasser einzuplanen. Erdberührende Sohlen und Außenwände sind entsprechend der neu eingeführten DIN 18533-1<sup>8</sup>, Kapitel 5 „Einwirkungen und Nutzungsklassen“ abzudichten. Nach Punkt 5.1 „Wassereinwirkung“ ist zunächst die erdseitige Wassereinwirkung zu bestimmen. Die Wassereinwirkung ist dann in sogenannte Wassereinwirkungsklassen (WE) nach Tabelle 1 festzulegen.

### 17.4 Erdbebensicherheit

Gemäß DIN 4149:2005-04<sup>9</sup> – Bauten in deutschen Erdbebengebieten- sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg ergibt sich für das Untersuchungsgebiet folgende ingenieurgeophysikalische Zuordnung:

<b>Erdbebenzone</b>	<b>1</b>	Intensitätsintervalle $6,5 \leq I \leq 7$ Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$
<b>Untergrundklasse</b>	<b>R</b>	Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund
<b>Baugrundklasse*</b>	<b>A</b>	Unverwitterte (bergfrische) Festgesteine mit hoher Festigkeit Dominierende Scherwellengeschwindigkeiten liegen höher als etwa 800 m/s.

Tabelle 7: Erdbeben, Zuordnung des Bauvorhabens

### 17.5 Gefahren durch Radon

Radon ist ein radioaktives Edelgas, das durch radioaktiven Zerfall von Radium entsteht. Dieses ist wiederum ein Produkt der Uran-Radium, bzw. Thorium-Radium Zerfallsreihe. Radium ist daher an die natürliche geochemische Konzentration von Uran und Thorium im Untergrund gebunden. In der Bodenluft ist daher eine mehr oder weniger starke Anreicherung von Radon zu verzeichnen.

Radon ist als Edelgas ausgesprochen mobil und kann über Gaskonvektion durch Fugen, Risse oder Spalten in erdberührenden Wänden oder Bauwerkssohlen oder durch Diffusion durch Wände und Bo-

<sup>7</sup> DIN 4095 (1990) „Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, Planung, Bemessung und Ausführung“

<sup>8</sup> DIN 18533-1 (07/2017) „Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze“

<sup>9</sup>DIN 4149:2005-04 – Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastnahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

denplatten in Gebäude migrieren. Darüber hinaus kann in selteneren Fällen Radon aus Baumaterialien in schädlicher Konzentration im Gebäude freigesetzt werden.

Durch die genannten Vorgänge kann es zu Radonanreicherung im Gebäude kommen. Aus der Einwirkung von Radon und den radioaktiven Zerfallsprodukten des Radons resultiert dabei ein erhebliches Risiko für Lungenkrebs.

In dem ab 31.12.18 gültigen, novellierten Strahlenschutzgesetz werden daher allgemein für Neubauten bauliche Maßnahmen zur Minimierung des Radoneintrags gefordert. In von den Ländern bis 2020 auszuweisenden Radonvorsorgegebieten mit besonders hohem Radonrisiko sind weitergehende Sicherungsmaßnahmen zu treffen. So ist sicherzustellen, dass in allen im Untergeschoss oder Erdgeschoss gelegenen Arbeitsplätzen in Neu- und Bestandsgebäuden ein Referenzwert der Radonkonzentration von  $300 \text{ Bq/m}^3$  im Jahresmittel eingehalten wird und dies messtechnisch zu überprüfen ist. Obschon bisher nicht gesetzlich vorgeschrieben, wird die Einhaltung dieses Referenzwertes auch für Wohngebäude empfohlen. Seitens der Weltgesundheitsorganisation WHO wird die Einhaltung eines Orientierungswertes von  $100 \text{ Bq/m}^3$  empfohlen.

Die Notwendigkeit von Maßnahmen zum Radonschutz kann darüber hinaus auch aus der LBO abgeleitet werden.

Gemäß der Radonkarte des Bundesamts für Strahlenschutz ist im Bereich des Baufeldes regional von einer berechneten Bodenluftkonzentration von  $76,2 \text{ kBq/m}^3$  auszugehen. Dieser Wert kann allerdings zeitlich und räumlich stark schwanken. Die ausgewiesene Konzentration entspricht der zweithöchsten Kategorie der Radonkarte. Das Risiko ist damit als ers-ter Anhaltswert als mittelhoch einzustufen. Bei Bedarf kann durch Bodenluftmessungen auf Radon eine genauere Voreinschätzung des Risikos vorgenommen werden.

Falls über diese allgemeinen Hinweise hinaus eine weiterführende Beratung zur Radonproblematik erwünscht ist, wird um Mitteilung gebeten.

Aufgrund der Lage in der zweithöchsten Kategorie der Radonkarte wird zur genaueren Einschätzung des Risikos die Durchführung von Bodenluftmessungen auf Radon empfohlen.

## 18. Schlussbemerkung

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

Für Rückfragen zum vorliegenden Untersuchungsbericht stehen wir des Weiteren gerne zur Verfügung.



Dipl.-Ing. (FH) Thomas Benz



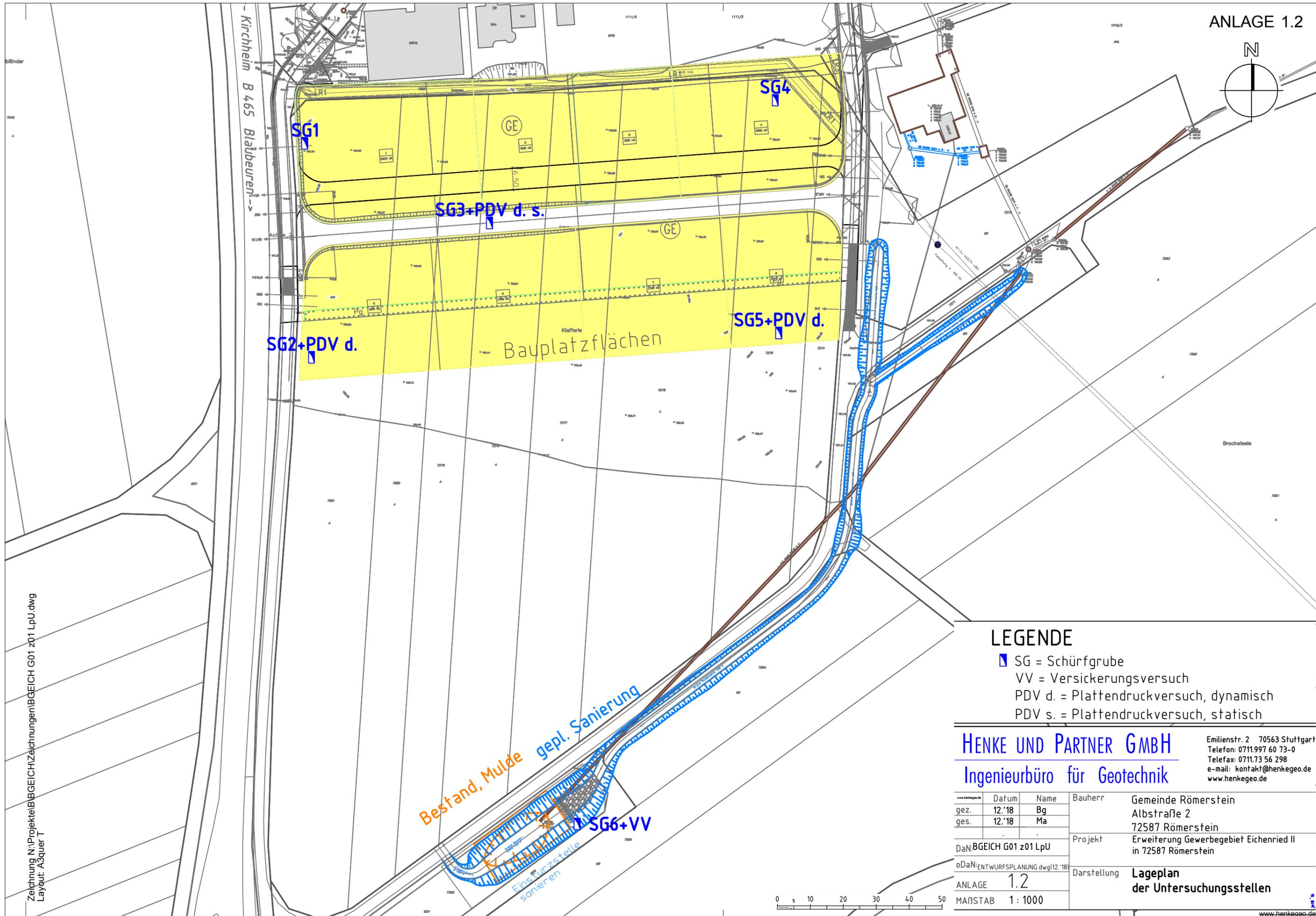
Von der Industrie- und Handelskammer Stuttgart  
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständi-  
ger für Erd- und Grundbau; Gründungsschäden



(Projektbearbeitung Geologie)  
Tobias Mangold, M.Sc.  
Geowissenschaften

Projekt: Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II  
in 72587 Römerstein-Donnsetten





**LEGENDE**

- SG = Schürfgrube
- VV = Versickerungsversuch
- PDV d. = Plattendruckversuch, dynamisch
- PDV s. = Plattendruckversuch, statisch

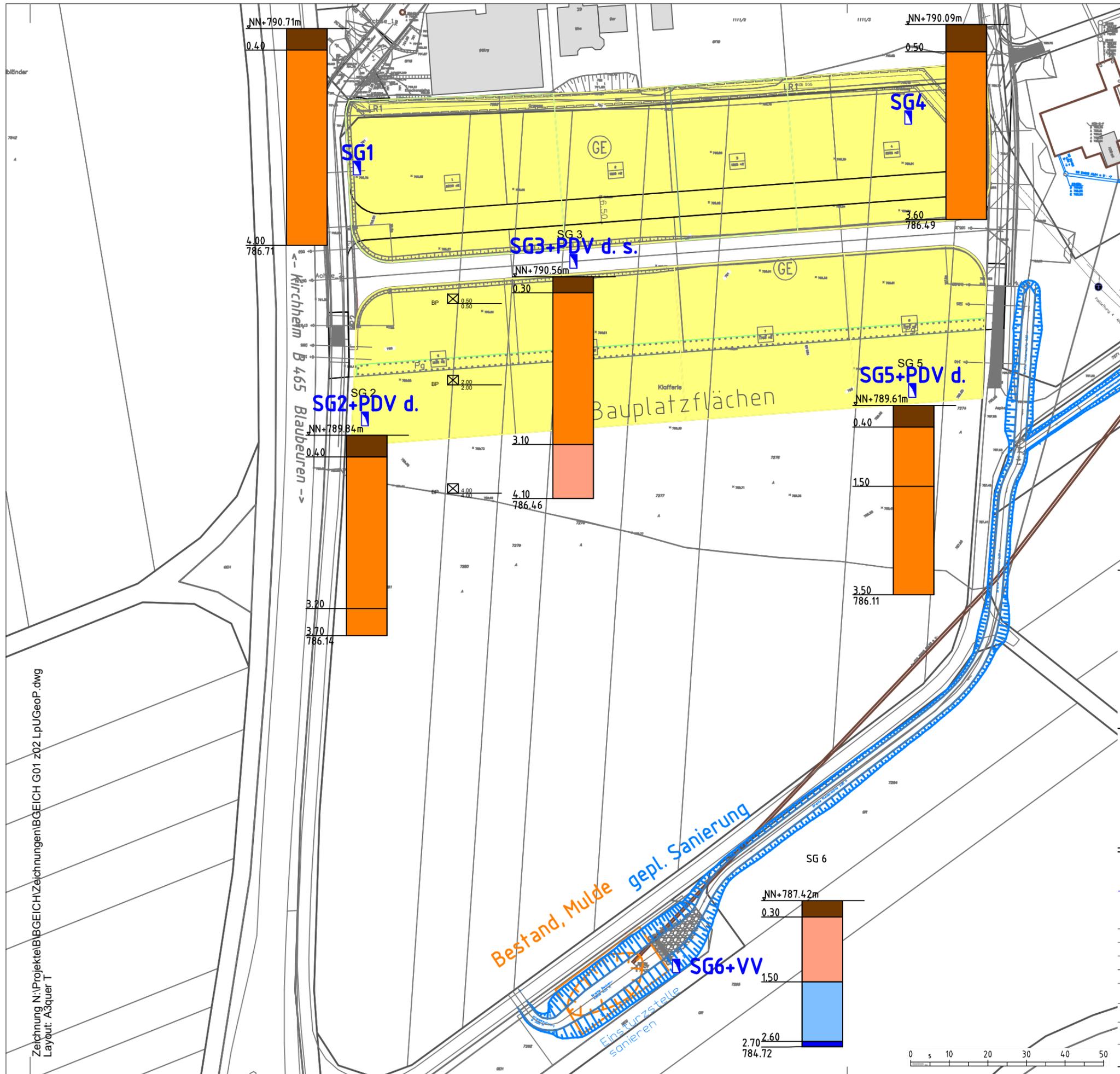
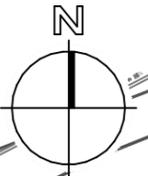
**HENKE UND PARTNER GMBH**  
 Ingenieurbüro für Geotechnik

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	Bauherr	Gemeinde Römerstein
gez.	12.'18	Bg	Albstraße 2	
ges.	12.'18	Ma	72587 Römerstein	
DaN: BGEICH G01 z01 LpU			Projekt	Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II in 72587 Römerstein
oDaN: ENTWURFSPLANUNG.dwg   12.'18			Darstellung	<b>Lageplan der Untersuchungsstellen</b>
ANLAGE	1.2			
MAßSTAB	1 : 1000			



Zeichnung N:\Projekte\BGEICH\Zeichnungen\BGEICH G01 z01 LpU.dwg  
 Layout: ASQUER T



- Oberboden
- quartäre Umlagerungsbildungen
- Verwitterungslehm
- Verwitterungsschicht (jo)
- Unterer Massenkalk (joMKU)

**LEGENDE**

- SG = Schürfgrube
- VV = Versickerungsversuch
- PDV d. = Plattendruckversuch, dynamisch
- PDV s. = Plattendruckversuch, statisch

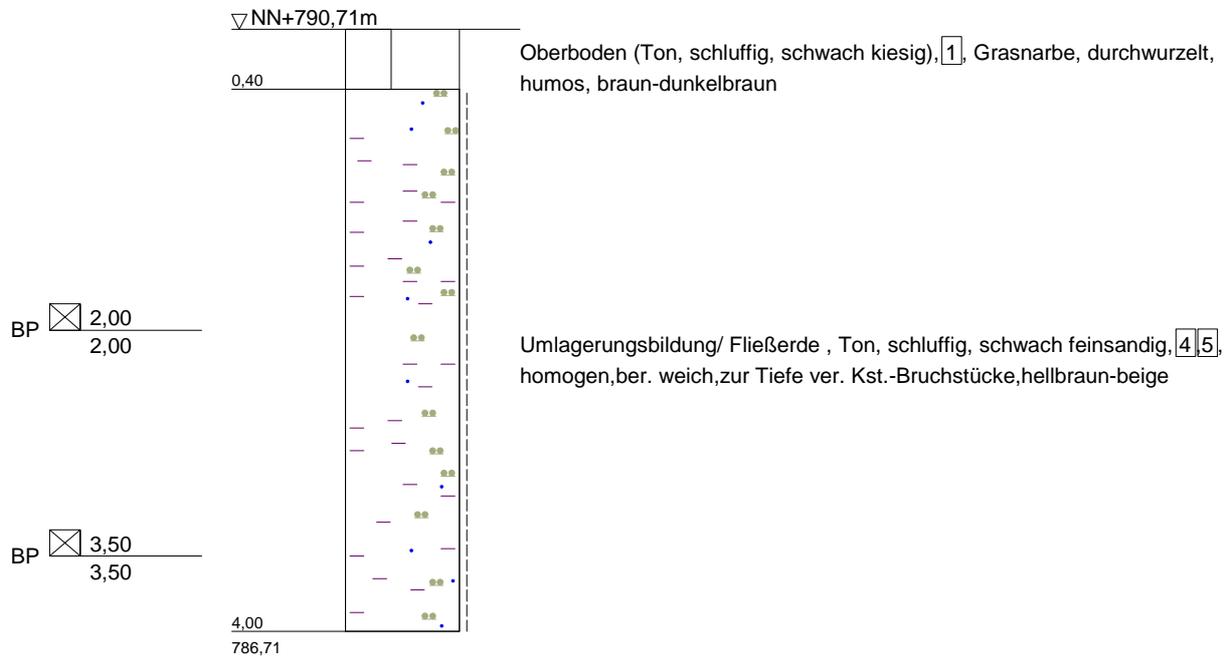
**HENKE UND PARTNER GMBH**  
 Ingenieurbüro für Geotechnik

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	Bauherr	Gemeinde Römerstein
gez.	01.'19	Bg		Albstraße 2
ges.	01.'19	Ma		72587 Römerstein
DaN: BGEICH G01 z02 LpUGeOP			Projekt	Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II in 72587 Römerstein
oDaN: ENTWURFSPLANUNG.dwg   12.'18			Darstellung	Lageplan der vereinfachten Darstellung der geologischen Profile (Stratigraphie)
ANLAGE 1.3				
MAßSTAB 1: 1000				

Zeichnung N:\Projekte\BGEICH\Zeichnungen\BGEICH G01 z02 LpUGeOP.dwg  
 Layout: ASQUER T

# SG 1



Verfahrensbedingt baggerbar bis 4,0 m u. GOK  
 standfest  
 trocken;kein GW

**Bauvorhaben:**  
 BV Gewerbegebiet Eichenried II  
 in 72587 Römerstein-Donnstetten

**Planbezeichnung:**  
 Schürfgrube (SG) 1

Plan-Nr: BGEICH SG 1	Maßstab: 1:50	
<b>HENKE UND PARTNER GMBH</b> Ingenieurbüro für Geotechnik Emilianstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc.	Datum: 30.11.18
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert: _____	
	Gesehen: _____	
Projekt-Nr: BGEICH		

# Schürfgrube SG 1

## -Fotodokumentation-

HENKE UND PARTNER GMBH

Ingenieurbüro für Geotechnik

Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein-Donnstetten

Datum: 30.11.2018

Anlage: 2.1.2

Seite: 1

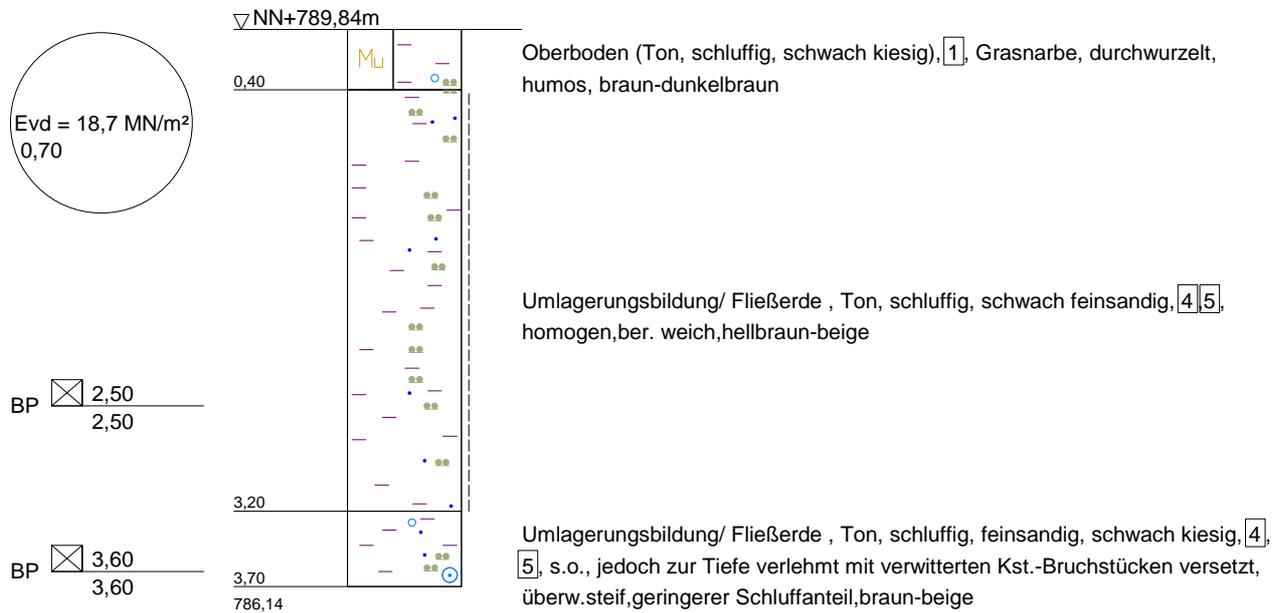


Bild 1  
Blick in Schürfgrube 1 nach dem Ausbaggern; baggerbar bis in Tiefe von ca. 4,0 m u. GOK; bis zur Sohle überw. homogene, steife quartäre Umlagerungsbildungen (qum)



Bild 2  
Aushubmaterial aus Schürfgrube SG 1

# SG 2



Verfahrensbedingt baggerbar bis 3,7 m u. GOK  
 standfest  
 trocken; kein GW  
 Dyn. PDV bei 0,7 m u. GOK

<b>Bauvorhaben:</b> BV Gewerbegebiet Eichenried II in 72587 Römerstein-Donnstetten		
<b>Planbezeichnung:</b> Schürfgrube (SG) 2		
Plan-Nr: BGEICH SG 2	Maßstab: 1:50	
<b>HENKE UND PARTNER GMBH</b> Ingenieurbüro für Geotechnik Emilianstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc.	Datum: 30.11.18
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert: _____	
	Gesehen: _____	
		Projekt-Nr: BGEICH

Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II,72587 Römerstein-Donnstetten

Datum: 30.11.2018

Anlage: 2.2.2

Seite: 1

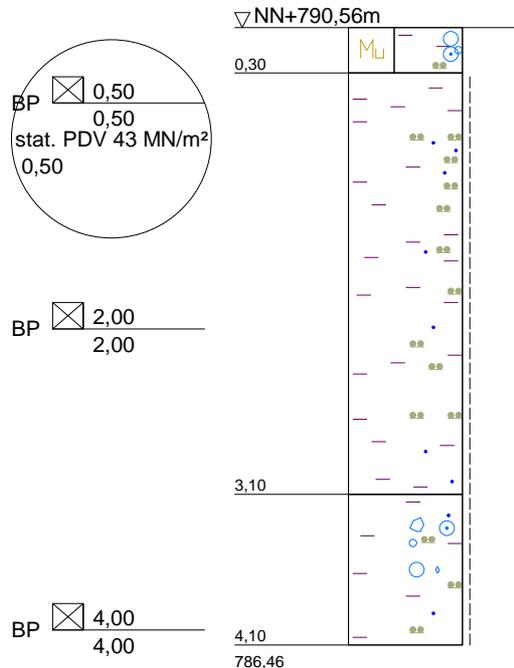


Bild 1  
Blick in Schürfgrube 2 nach dem Ausbaggern; baggerbar bis in Tiefe von ca. 3,7 m u. GOK; bis zur Sohle überw. homogene, steife und zur Tiefe deutlich toniger ausgeprägte quartäre Umlagerungsbildungen (qum);



Bild 2  
Blick in Schürfgrube SG 2; Durchführung von dynamischen Plattendruckversuchen unterhalb des Oberbodens innerhalb der quartären Umlagerungsbildungen (qum) auf 0,7 m u. GOK

# SG 3



Oberboden (Ton, schluffig, schwach kiesig), 1, Grasnarbe, durchwurzelt, humos, braun-dunkelbraun

Umlagerungsbildung/ Fließerde, Ton, schwach feinsandig, schluffig, 4, 5, homogen, ber. weich, zur Tiefe verlehmt, hellbraun-beige

Verwitterungslehm, Ton, schluffig, schwach feinsandig, kiesig, sehr schwach steinig, 4, 5, s.o. jedoch deutlich höherer Kies-/Steinanteil, verwitterte und plattige Kst.-Brocken in schluffiger Matrix, hellbraun-beige

Verfahrensbedingt baggerbar bis 4,1 m u. GOK  
 standfest  
 trocken; kein GW  
 Dyn. + Stat. PDV auf 0,5 m u. GOK

**Bauvorhaben:**  
 BV Gewerbegebiet Eichenried II  
 in 72587 Römerstein-Donnstetten

**Planbezeichnung:**  
 Schürfgrube (SG) 3

Plan-Nr: BGEICH SG 3	Maßstab: 1:50	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliestraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc.	Datum: 30.11.18
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BGEICH		

Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II,72587 Römerstein-Donnstetten

Datum: 30.11.2018

Anlage: 2.3.2

Seite: 1

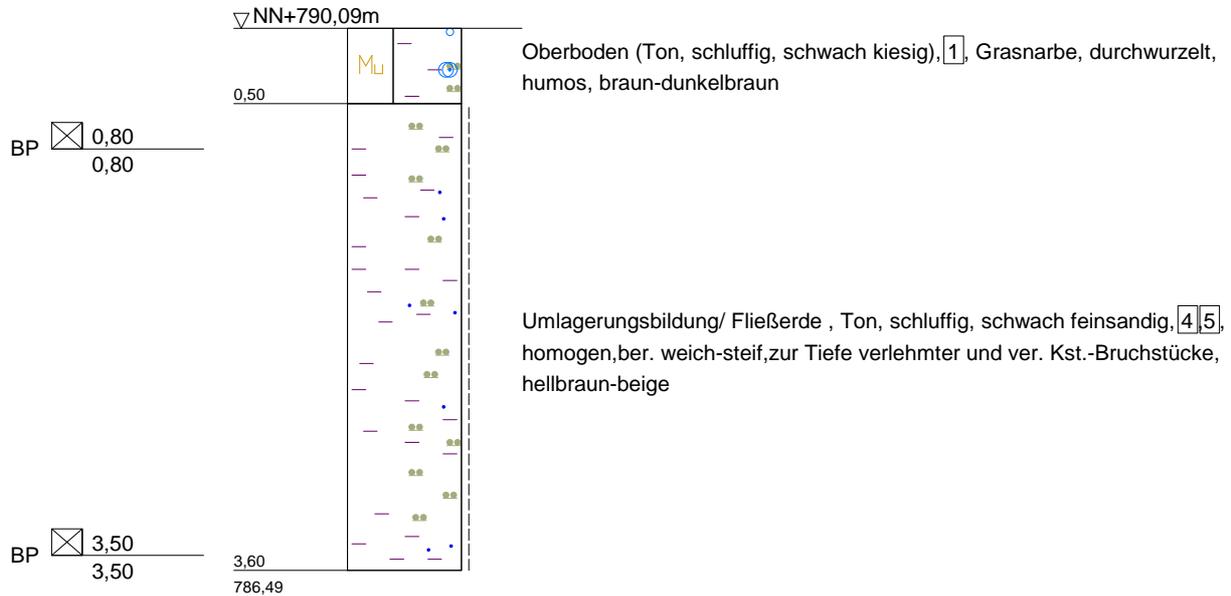


Bild 1  
Blick in Schürfgrube SG 3  
nach dem  
Ausbaggern;baggerbar bis in  
Tiefe von ca. 4,1 m u.  
GOK;bis 3,1 m u. GOK  
überw. homogene, steife  
quartäre  
Umlagerungsbildungen  
(qum); z. Tiefe bis Sohle dann  
tonige Verwitterungslehme



Bild 2  
Blick in Schürfgrube SG 3;  
Durchführung von  
dynamischen  
Plattendruckversuchen (dyn.  
PDV) und statischem  
Plattendruckversuch (stat.  
PDV) unterhalb des  
Oberbodens innerhalb der  
quartären  
Umlagerungsbildungen (qum)  
auf 0,5 m u. GOK

# SG 4



Verfahrensbedingt baggerbar bis 3,6 m u. GOK  
standfest  
trocken;kein GW

**Bauvorhaben:**  
BV Gewerbegebiet Eichenried II  
in 72587 Römerstein-Donnstetten

**Planbezeichnung:**  
Schürfgrube (SG) 4

Plan-Nr: BGEICH SG 4	Maßstab: 1:50	
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: 30.11.18
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert: _____	
	Gesehen: _____	
Projekt-Nr: BGEICH		

**Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II,72587 Römerstein-Donnstetten**

Datum: 30.11.2018

Anlage: **2.4.2**

Seite: 1

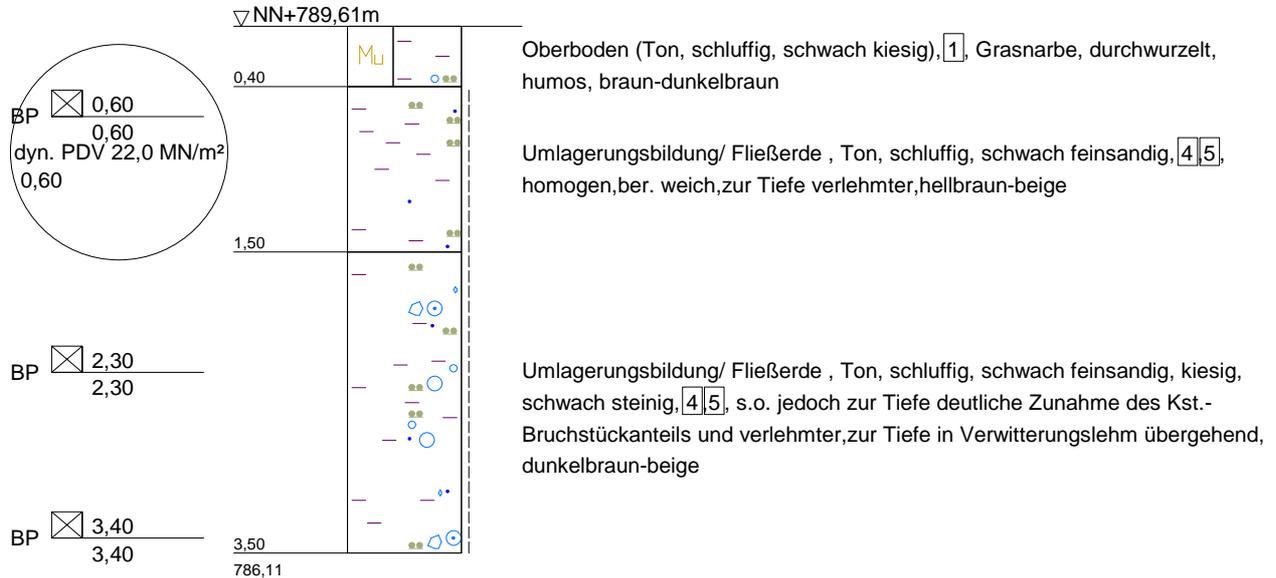


Bild 1  
Blick in Schürfgrube 4 nach dem Ausbaggern; baggerbar bis in Tiefe von ca. 3,6 m u. GOK; bis zur Sohle überw. homogene, steife quartäre Umlagerungsbildungen (qum)



Bild 2  
Aushubmaterial aus Schürfgrube SG 4

# SG 5



Verfahrensbedingt baggerbar bis 3,5 m u. GOK  
standfest  
trocken; kein GW  
Dyn. PDV auf 0,6 m u. GOK

<b>Bauvorhaben:</b> BV Gewerbegebiet Eichenried II in 72587 Römerstein-Donnstetten		
<b>Planbezeichnung:</b> Schürfgrube (SG) 5		
Plan-Nr: BGEICH SG 5	Maßstab: 1:50	
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: 30.11.18
	Gezeichnet: Ma	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: BGEICH		

Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein-Donnstetten

Datum: 30.11.2018

Anlage: 2.5.2

Seite: 1

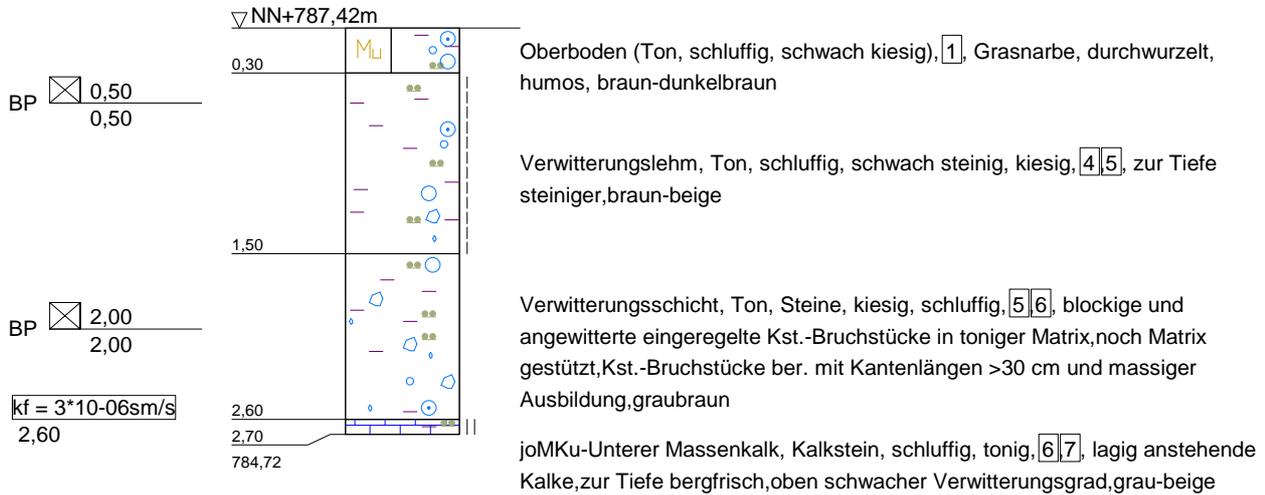


Bild 1  
Blick in Schürfgrube 5 nach dem Ausbaggern; baggerbar bis in Tiefe von ca. 3,5 m u. GOK; bis zur Sohle überw. homogene, steife und zur Tiefe deutlich toniger ausgeprägte quartäre Umlagerungsbildungen (qum);



Bild 2  
Blick in Schürfgrube SG 5; Durchführung von dynamischen Plattendruckversuchen unterhalb des Oberbodens innerhalb der quartären Umlagerungsbildungen (qum) auf 0,6 m u. GOK

## SG 6



Verfahrensbedingt baggerbar bis 2,6 m u. GOK  
standfest  
trocken; kein GW  
Versickerungsversuch auf Sohle 2,6 m u. GOK

## Bauvorhaben:

BV Gewerbegebiet Eichenried II  
in 72587 Römerstein-Donnstetten

## Planbezeichnung:

Schürfgrube (SG) 6

Plan-Nr: BGEICH SG 6

Maßstab: 1:50

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: 30.11.18  
Gezeichnet: Ma

Geändert: \_\_\_\_\_

Gesehen: \_\_\_\_\_

Projekt-Nr: BGEICH

Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II,72587 Römerstein-Donnstetten

Datum: 30.11.2018

Anlage: 2.6.2

Seite: 1



Bild 1  
Blick in Schürfgrube 6 nach dem Ausbaggern; baggerbar bis in Tiefe von ca. 2,6 m u. GOK; ab ca. 1,5 m u. GOK tonig-steinige Verwitterungsschicht, ab ca. 2,6 m u. GOK anstehende, massig-lagig ausgebildete Untere Massenkalk (joMKu); Versickerungsversuch auf Sohle ca. 2,6 m u. GOK



Bild 2  
Aushubmaterial aus Schürfgrube SG 6

## ANLAGE 2.7

### 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

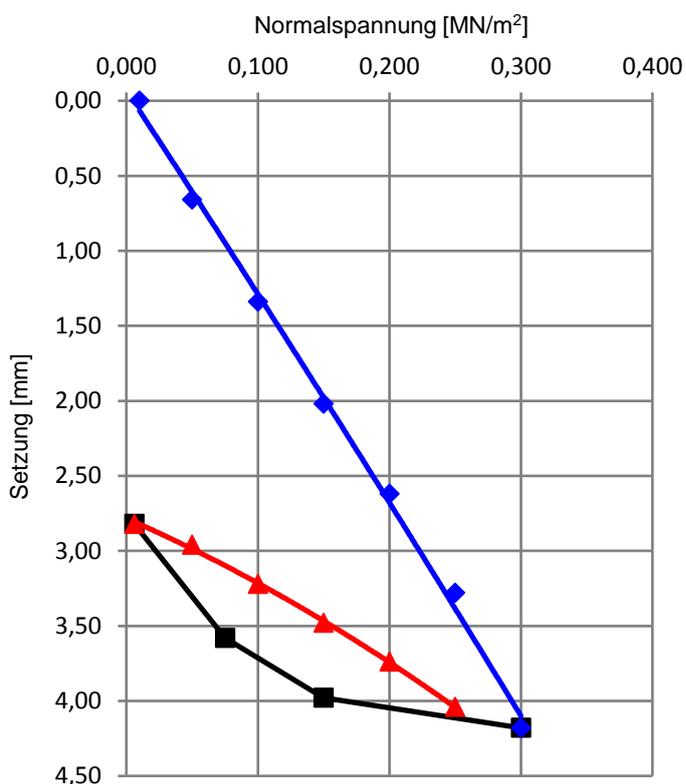
### Probenentnahmen und Grundwasser

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

## ANLAGE 3.1

Projekt: Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II	Datum/Uhrzeit: 30.11.2018/14:00
Messstelle: SG 3 0,5 m u. GOK	Bearbeiter: Ma
Lage: siehe Anlagen 1.2 und 1.3	Höhenlage: 790,06 mNN
Bodenart: quartäre Umlagerungsbildungen/Fließerde	Ausgleichsschicht: Sand
Messarmverhältnis: 1: 2	Plattendurchmesser: 300 mm
Wetter/Temperatur: regenerisch	Prüfmittel Inv.-Nr: 11158

Bodenpressung	Setzungen (Messuhr)	Setzungen (Platte)
[MN/m <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]
0,010	0,00	0,00
0,050	0,33	0,66
0,100	0,67	1,34
0,150	1,01	2,02
0,200	1,31	2,62
0,250	1,64	3,28
0,300	2,09	4,18
0,150	1,99	3,98
0,075	1,79	3,58
0,006	1,41	2,82
0,050	1,48	2,96
0,100	1,61	3,22
0,150	1,74	3,48
0,200	1,87	3,74
0,250	2,02	4,04



	Erstbelastung	Zweitbelastung
$s_{0,max}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0,30	0,250
$a_1$ [mm/(MN/m <sup>2</sup> )]	11,176	3,840
$a_2$ [mm/(MN <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )]	7,286	4,798
$E_v$ [MN/m <sup>2</sup> ]	16,8	42,6

$E_{v1}$	$E_{v2}$	$E_{v2}/E_{v1}$
[MN/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[-]
<b>16,8</b>	<b>42,6</b>	<b>2,53</b>
$\geq 0.6 \cdot E_{v2}(soll)$		

<b>Ergebnis:</b>			
<b>Anforderungen:</b>			

Ausgangstragfähigkeit des anstehenden Bodens (Quartäre Umlagerungsbildungen,qum) bestimmt

# Dynamischer Plattendruckversuch nach TP BF-Stb. Teil 8.3

HENKE UND PARTNER GMBH

Ingenieurbüro für Geotechnik

## ANLAGE 3.2

Projekt: BV Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II, Römerstein-Donnstetten									
Wetter: regnerisch									
Prüflos: SG 2, SG 3, SG 5									
Bodenart: Quartäre Umlagerungsbildungen (qum)					Datum: 30.11.2018				
Versuch- stelle	dynamischer Plattendruckversuch				Verdicht- ungsgrad	statischer Plattendruckversuch			Bemerkungen
	S <sub>4</sub> mm	S <sub>5</sub> mm	S <sub>6</sub> mm	E <sub>vd</sub> MN/m <sup>2</sup>		D <sub>Pr</sub> %	E <sub>V2</sub> MN/m <sup>2</sup>	E <sub>V2</sub> / E <sub>V1</sub>	
<b><u>SG 2</u></b>									
0,7 m u. GOK	1,131	1,099	1,078	20,4					
0,7 m u. GOK	1,363	2,357	1,320	16,7					
0,7 m u. GOK	1,223	1,182	1,156	19,0					
Mittelwert	1,2	1,5	1,2	18,7					
<b><u>SG 3</u></b>									
0,5 m u. GOK	0,898	0,817	0,795	27,4					
0,5 m u. GOK	0,683	0,664	0,658	33,7					
0,5 m u. GOK	0,499	0,495	0,492	45,5					
Mittelwert	0,7	0,7	0,6	35,5		42,6	2,53	1,2	
<b><u>SG 5</u></b>									
0,6 m u. GOK	0,999	0,952	0,920	23,5					
0,6 m u. GOK	1,020	1,021	0,995	22,2					
0,6 m u. GOK	1,142	1,104	1,057	20,4					
Mittelwert	1,1	1,0	1,0	22,0					
<b>Anforderungen</b>									

bearb.  gepr.  geseh

**ANLAGE 4**

Projekt: Erweiterung Baugebiet Eichenried II,72587 Römerstein-Donnstetten									
Schürfgrubenbezeichnung: SG 6					Versuchsdatum: 30.11.18				
Bodenart Schürfgrubensohle: Verwitterungsschicht (jo)									
Grundwasserabstand $l_s$ [m]: 5									
Schürfgrubenabmessungen: Länge [m]: 1,8                      Breite [m]: 0,8                      Tiefe [m]: 2,6 flächengleicher Kreis $R_f$ [m]: 0,677                      umfanggleicher Kreis $R_u$ [m]: 0,828									
Zeit [hh:mm:ss]	Intervalldauer [s]	Pegelhöhe z [m]	dh dz [m]	Qs [m <sup>3</sup> /s]	$i_a$ $(l_s+z)/(l_s+z/2)$	$A_a$ [m <sup>2</sup> ] $(R_u^2 z + (z^2/4)) \cdot \pi$	$i_i$ $(l_s+z)/l_s$	$A_i$ [m <sup>2</sup> ] $R_f^2 \cdot \pi$	$k_f$ $Qs / (i_a \cdot A_a + i_i \cdot A_i)$
0:07:30		1,100							
0:11:30	240	1,100	0,000	0,0E+00	1,0991	3,8103	1,220	1,44	0,000E+00
0:15:00	210	1,085	0,015	1,0E-04	1,0979	3,7456	1,217	1,44	1,754E-05
0:33:30	1110	1,070	0,015	1,9E-05	1,0967	3,6812	1,214	1,44	3,364E-06
1:03:00	1770	1,050	0,020	1,6E-05	1,0950	3,5959	1,210	1,44	2,865E-06
1:19:00	960	1,040	0,010	1,5E-05	1,0942	3,5535	1,208	1,44	2,665E-06
1:54:30	2130	1,010	0,030	2,0E-05	1,0917	3,4272	1,202	1,44	3,706E-06
2:33:30	2340	0,980	0,030	1,8E-05	1,0893	3,3023	1,196	1,44	3,471E-06
3:40:00	3990	0,920	0,060	2,2E-05	1,0842	3,0568	1,184	1,44	4,314E-06

**Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert): ca.  $3 \times 10^{-6}$  m/s**

bearb.  gepr.  geseh.

Projekt:		Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II, 72587 Römerstein-Donnstetten							PL / PB: Ma			Projektkürzel: BGEICH				
Probe	Material	w <sub>n</sub> %	w <sub>l</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Kon- sistenz	Körnungsziffer T - U - S - G	BA nach DIN 18196	ρ t/m <sup>3</sup>	ρ <sub>D</sub> t/m <sup>3</sup>	φ' (°)	c' kN/m <sup>2</sup>	c <sub>u</sub> kN/m <sup>2</sup>	E <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>	Bemerkungen
<b>SG 1</b>																
2,0	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	28,7	51,8	22,9	28,9	0,67	weich		TA							
3,5	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	35,4					<i>weich</i>									
<b>SG 2</b>																
2,5	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	29,4					<i>steif</i>									
3,6	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	29,3					<i>steif</i>									
<b>SG 3</b>																
0,5	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	27,1	63,8	25,2	38,6	0,92	steif		TA							
2,0	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	31,9					<i>steif</i>	5-4-1-0								
4,0	Verwitterungslehm	25,4	66,2	27,5	38,7	0,78	steif		TA							
<b>SG 4</b>																
0,8	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	29,7					<i>steif</i>									
3,5	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	30,3	50,5	24,1	26,4	0,77	steif		TA							
<b>SG 5</b>																
0,6	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	21,0					<i>halbfest</i>									
2,3	Quart. Umlagerungsbildung (qum)	20,0					<i>halbfest</i>									
3,4	Verwitterungslehm	23,1					<i>halbfest</i>									

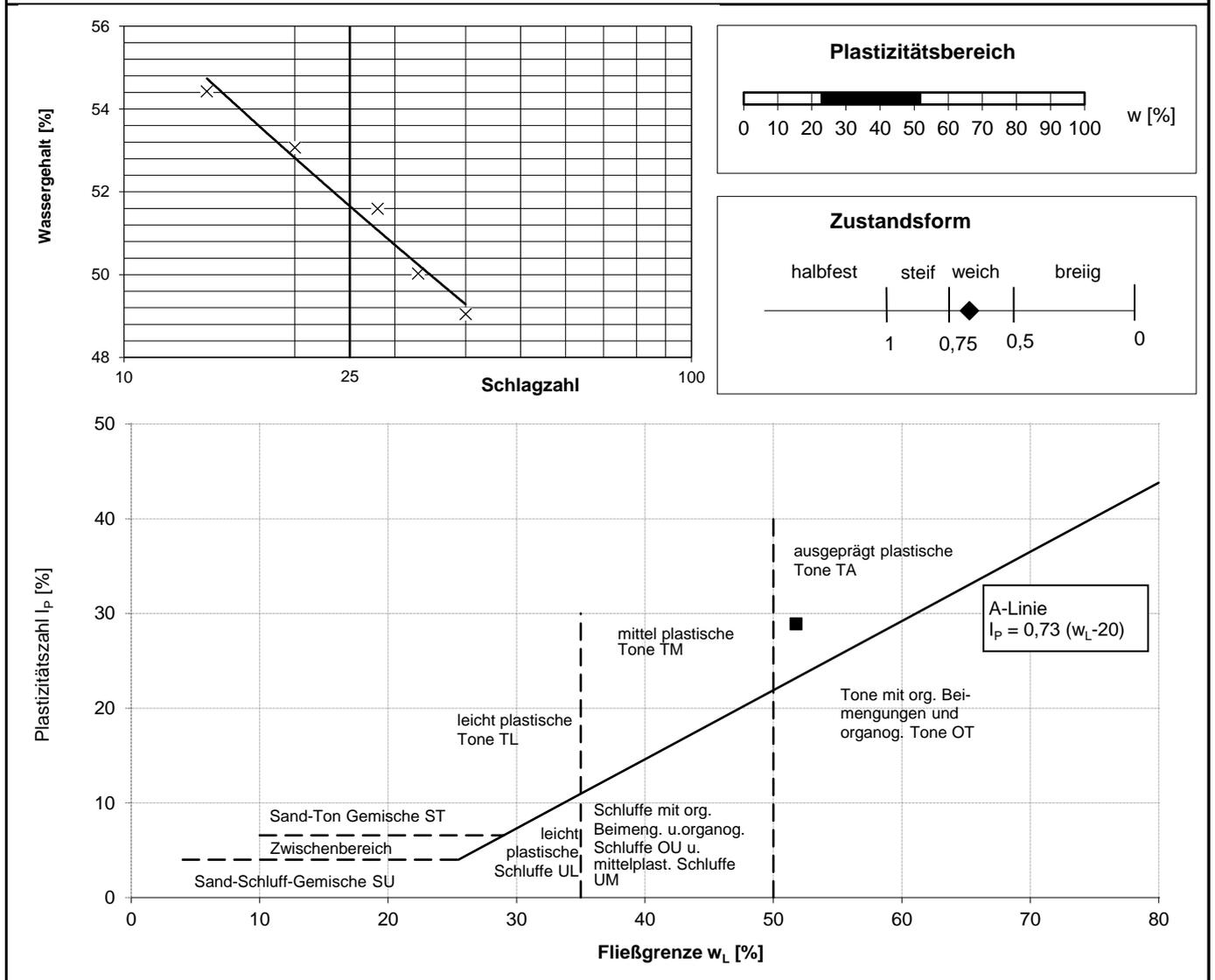
ANLAGE 5.1

*kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand wn*

# Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

## ANLAGE 5.2.1

Projekt:	Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein			Kürzel:	BGEICH
Probe:	SG 1 2,0 m	geol. Bez.:	qum	Versuchsdatum:	05.12.18
nat. Wassergehalt $w_n$ :	28,7	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	11,4	%
Fließgrenze $w_L$ :	51,8	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$ :	32,4	%
Ausrollgrenze $w_P$ :	22,9	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ :	28,9	
Konsistenz:	weich		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$ :	0,67	
Bodenart:	<b>TA</b>				
Maximaler Wassergehalt <b>halbfest</b> ( $I_C = 1,0$ ):					<b>22,9</b> %
Wassergehalt <b>steif</b> ( $I_C = 0,75-1,0$ ) von:	<b>30,1</b> %		bis	<b>23,0</b> %	
Wassergehalt <b>weich</b> ( $I_C = 0,5-0,75$ ) von:	<b>37,3</b> %		bis	<b>30,2</b> %	
Wassergehalt <b>breiig</b> ( $I_C = 0,0-0,5$ ) von:	<b>51,8</b> %		bis	<b>37,4</b> %	

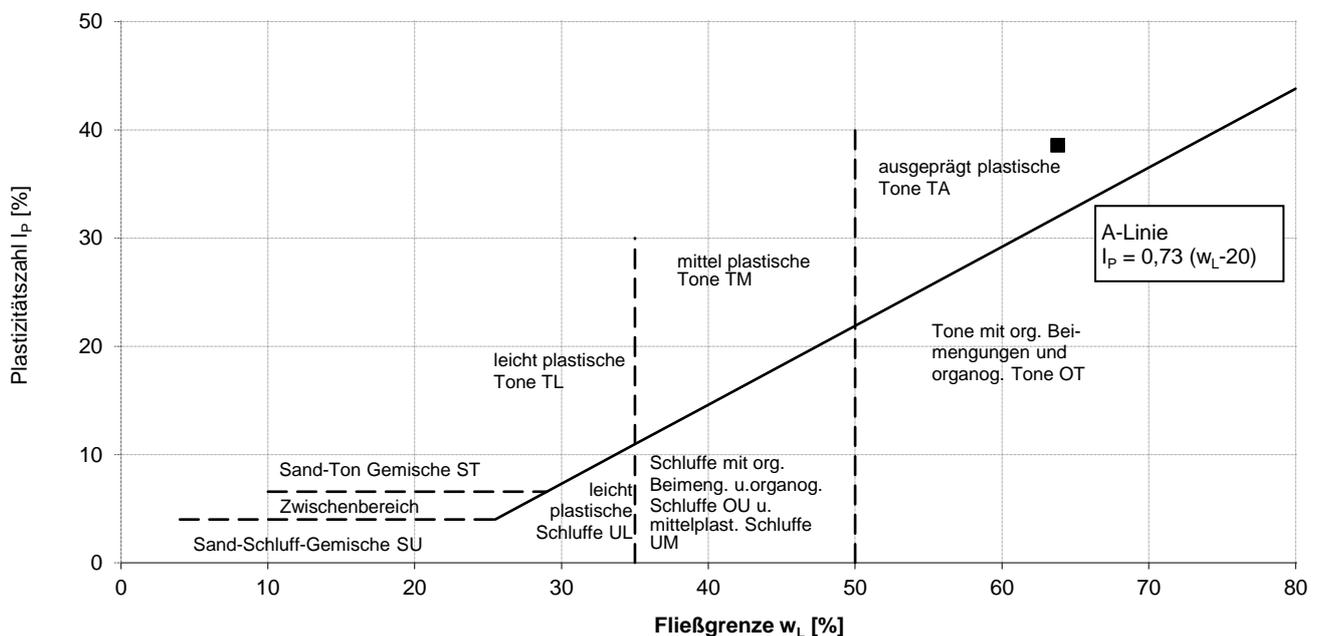
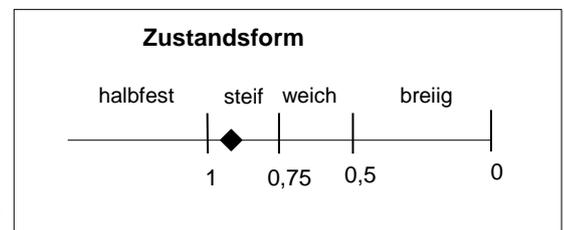
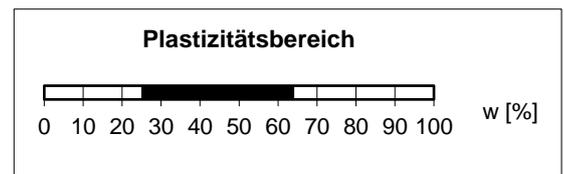
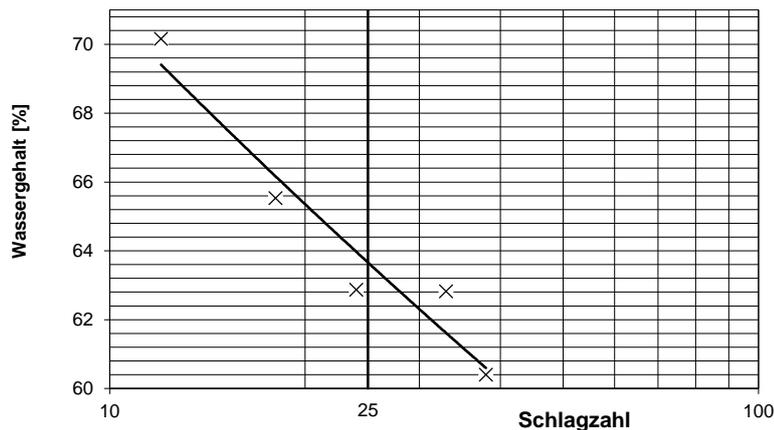


verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452/10452      Laborbearbeiter: XU/AK      ausgewertet & geprüft/freigegeben: Ma/Ma

# Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

## ANLAGE 5.2.2

Projekt:	Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein			Kürzel:	BGEICH
Probe:	SG 3 0,5 m	geol. Bez.:	qum	Versuchsdatum:	05.12.18
nat. Wassergehalt $w_n$ :	27,1	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	4,2	%
Fließgrenze $w_L$ :	63,8	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$ :	28,3	%
Ausrollgrenze $w_P$ :	25,2	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ :	38,6	
Konsistenz:	steif		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$ :	0,92	
Bodenart:	<b>TA</b>				
Maximaler Wassergehalt <b>halbfest</b> ( $I_C = 1,0$ ):				<b>25,2</b>	%
Wassergehalt <b>steif</b> ( $I_C = 0,75-1,0$ ) von:	<b>34,9</b>	%	bis	<b>25,3</b>	%
Wassergehalt <b>weich</b> ( $I_C = 0,5-0,75$ ) von:	<b>44,5</b>	%	bis	<b>35,0</b>	%
Wassergehalt <b>breiig</b> ( $I_C = 0,0-0,5$ ) von:	<b>63,8</b>	%	bis	<b>44,6</b>	%

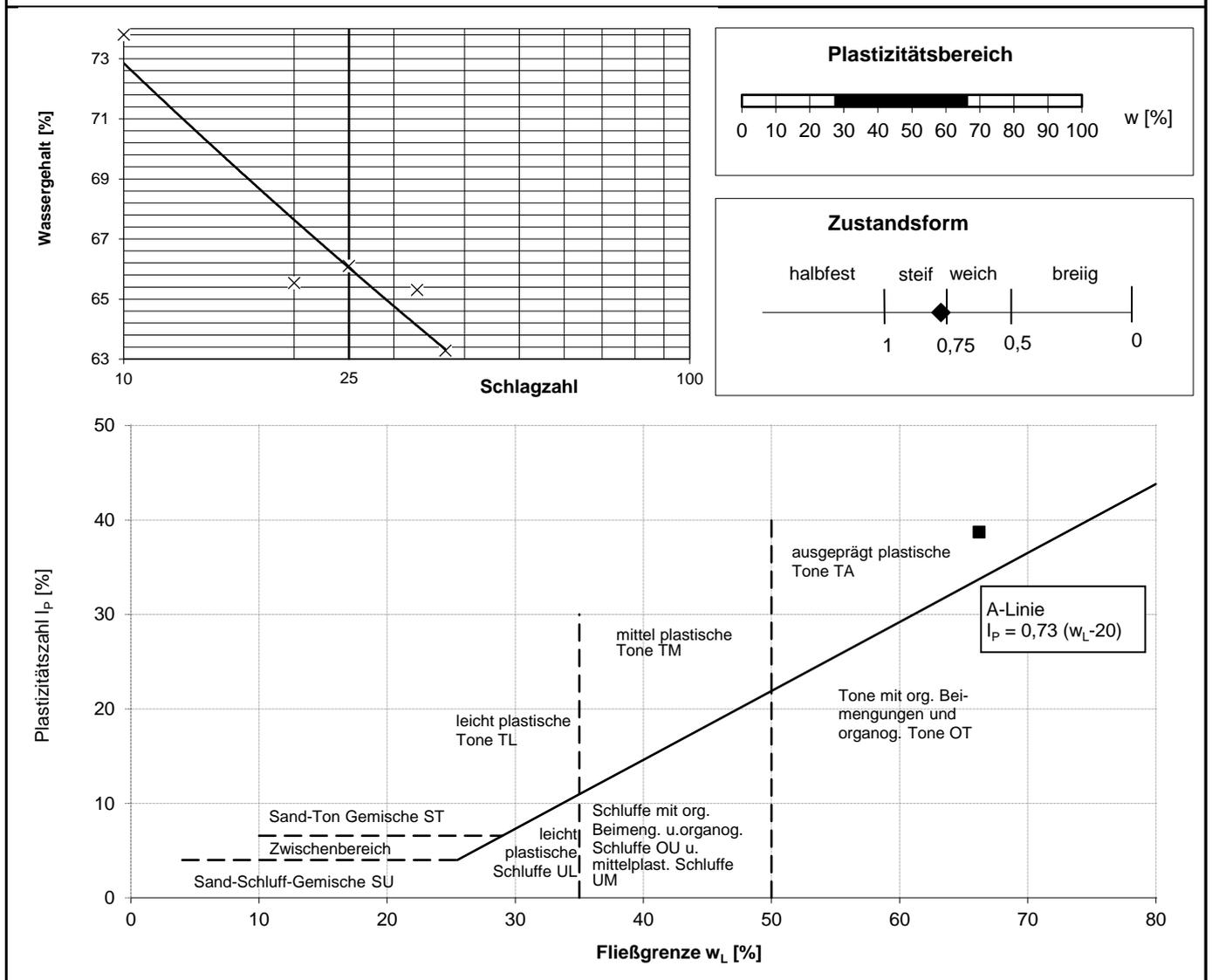


verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452/10452      Laborbearbeiter: XU/AK      ausgewertet & geprüft/freigegeben: Ma/Ma

# Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

## ANLAGE 5.2.3

Projekt:	Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein			Kürzel:	BGEICH
Probe:	SG 3 4,0m	geol. Bez.:	Verwitterungslehm	Versuchsdatum:	06.12.18
nat. Wassergehalt $w_n$ :	25,4	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	29,8	%
Fließgrenze $w_L$ :	66,2	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$ :	36,2	%
Ausrollgrenze $w_P$ :	27,5	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ :	38,7	
Konsistenz:	steif		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$ :	0,78	
Bodenart:	<b>TA</b>				
Maximaler Wassergehalt <b>halbfest</b> ( $I_C = 1,0$ ):					<b>27,5</b> %
Wassergehalt <b>steif</b> ( $I_C = 0,75-1,0$ ) von:	<b>37,2</b>	%	bis	<b>27,6</b>	%
Wassergehalt <b>weich</b> ( $I_C = 0,5-0,75$ ) von:	<b>46,8</b>	%	bis	<b>37,3</b>	%
Wassergehalt <b>breiig</b> ( $I_C = 0,0-0,5$ ) von:	<b>66,2</b>	%	bis	<b>46,9</b>	%

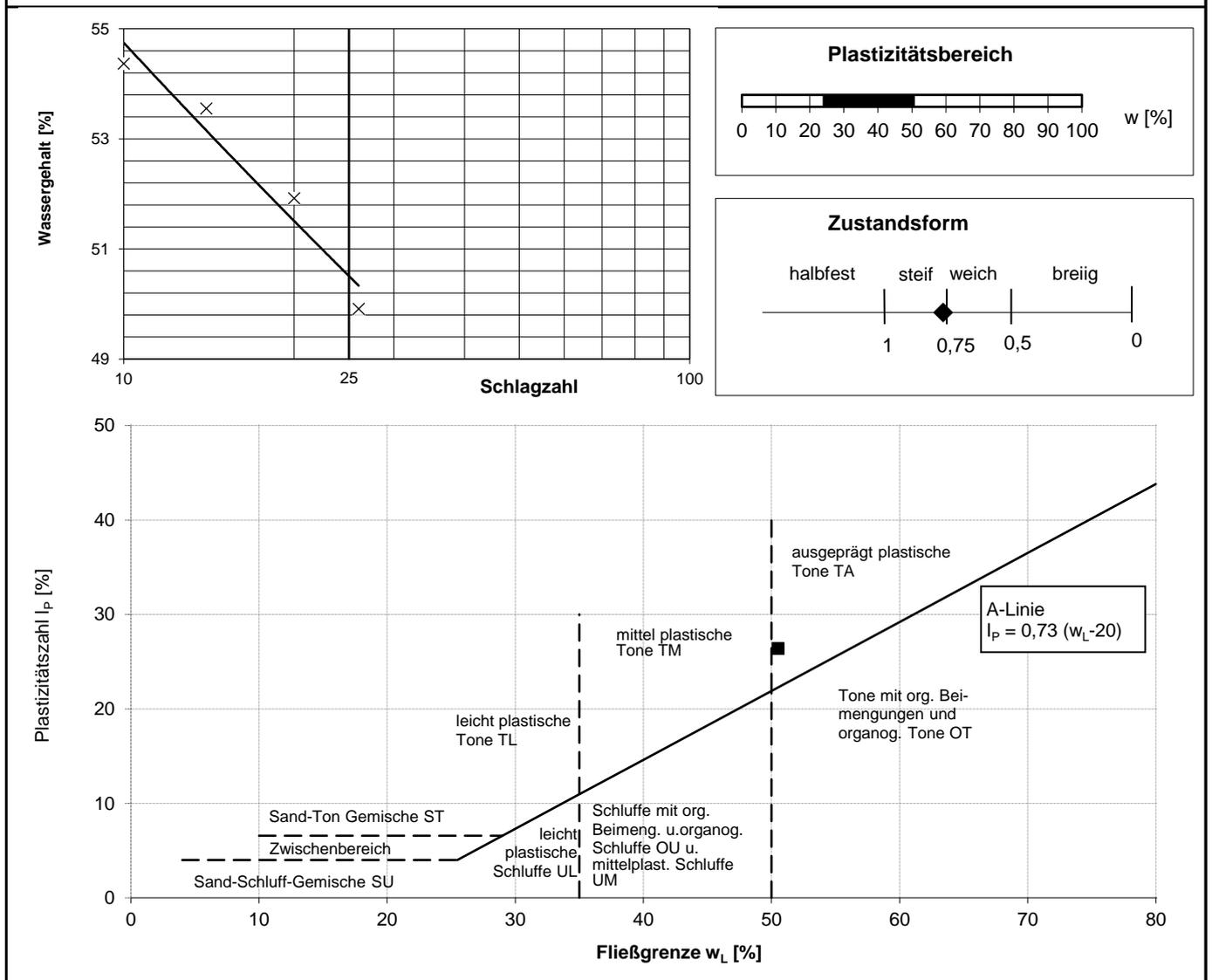


verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452/10452      Laborbearbeiter: AK      ausgewertet & geprüft/freigegeben: Ma/Ma

# Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

## ANLAGE 5.2.4

Projekt:	Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein			Kürzel:	BGEICH
Probe:	SG 4 3,5 m	geol. Bez.:	qum	Versuchsdatum:	06.12.18
nat. Wassergehalt $w_n$ :	30,3	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze $w_L$ :	50,5	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$ :	-	%
Ausrollgrenze $w_P$ :	24,1	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$ :	26,4	
Konsistenz:	steif		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$ :	0,77	
Bodenart:	<b>TA</b>				
Maximaler Wassergehalt <b>halbfest</b> ( $I_C = 1,0$ ):					<b>24,1</b> %
Wassergehalt <b>steif</b> ( $I_C = 0,75-1,0$ ) von:	<b>30,7</b>	%	bis	<b>24,2</b>	%
Wassergehalt <b>weich</b> ( $I_C = 0,5-0,75$ ) von:	<b>37,3</b>	%	bis	<b>30,8</b>	%
Wassergehalt <b>breiig</b> ( $I_C = 0,0-0,5$ ) von:	<b>50,5</b>	%	bis	<b>37,4</b>	%



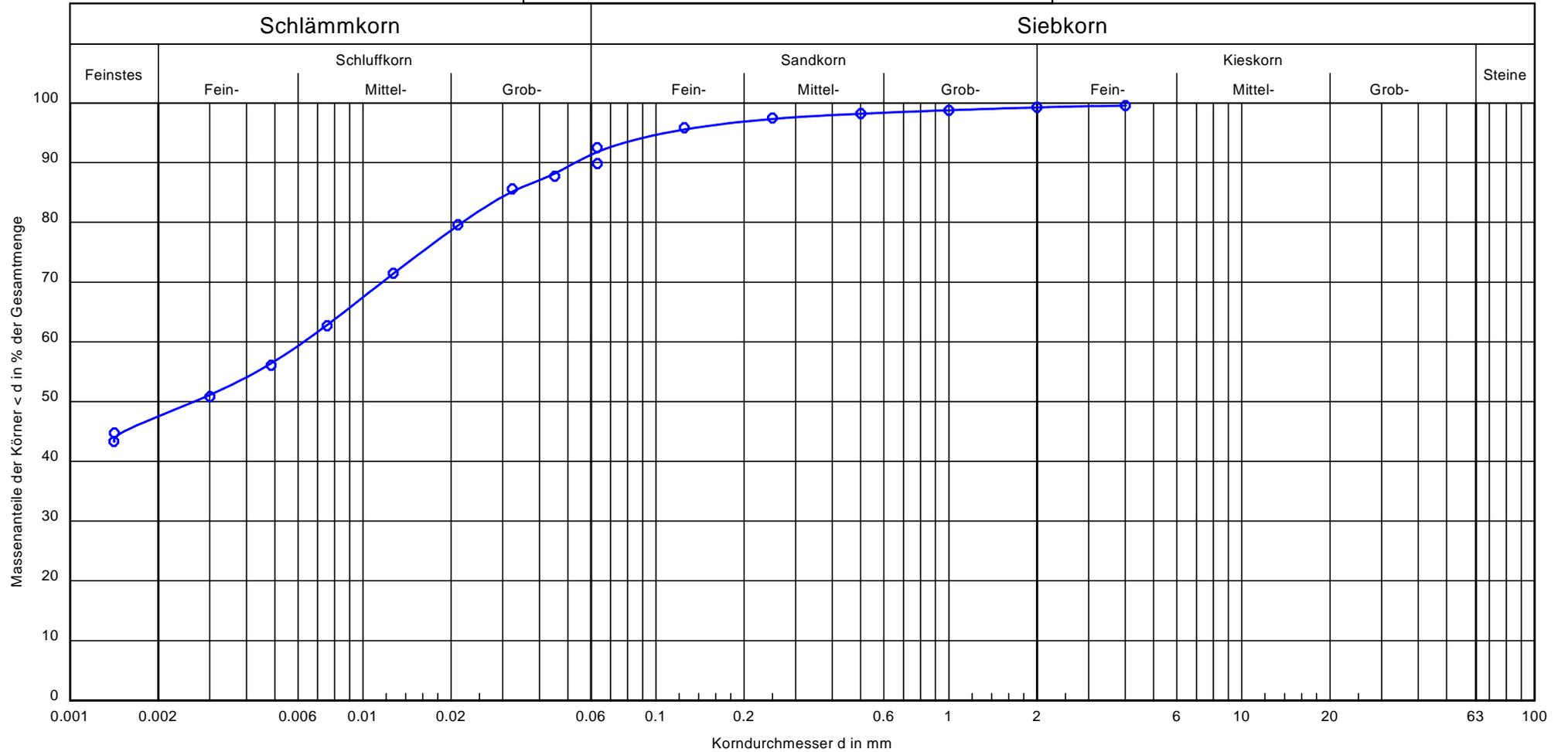
verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452/10452      Laborbearbeiter: AK      ausgewertet & geprüft/freigegeben: Ma/Ma

Projekt: BV Gewerbegebiet Eichenried II  
72587 Römerstein-Donnstetten

# Körnungslinie

nach DIN 18123: 2011-04

HENKE UND PARTNER GMBH  
Ingenieurbüro für Geotechnik  
[www.henkegeo.de](http://www.henkegeo.de)



geol. Bezeichnung:	Quartäre Umlagerungsbildung (gum)	Bemerkungen: Wassergehalt 31,9 %	Bericht: BGEICH G01 Anlage: 5.3
Entnahmestelle/Tiefe:	SG 3 2,0 m		
Entnommen am:	30.11.2018		
Laborbearb./Bearb.-datum:	Me/ 10.12.2018		
Abgeschlämmt?:	ja		
d10	-		
d30	-		
d60	0.0063		
Cu/Cc	-/-		
T/U/S/G [%]:	5410		
Bodengruppe:			

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: 1812011

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

**Auftraggeber:** Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart  
**Projekt:** BGEICH/ Erweiterung Baugebiet Eichenried II, 72587 Römerstein- Donnstetten  
**Projektbearbeiter:** Herr Mangold  
**Probenahme:** 30.11.2018 durch Auftraggeber  
**Bearbeitungszeitraum:** 04.12.- 10.12.2018

**Untersuchungsbefund für die Probe:** SP Quartär

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,01
Acenaphthylen	< 0,01
Acenaphthen	< 0,01
Fluoren	< 0,01
Phenanthren	0,01
Anthracen	< 0,01
Fluoranthren	0,01
Pyren	0,01
Benzo(a)anthracen	0,01
Chrysen	0,01
Benzo(b/k)fluoranthren	0,01
Benzo(a)pyren	0,01
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01
Benzo(ghi)perylene	< 0,01
<b>Summe PAK 16*</b>	<b>0,07</b>
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
<b>Summe PCB*</b>	<b>&lt; 0,01</b>

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
<b>Summe LHKW*</b>	<b>&lt; 0,010</b>
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen <b>As</b>	17
Blei <b>Pb</b>	38
Cadmium <b>Cd</b>	< 0,40
Chrom, ges. <b>Cr</b>	120
Kupfer <b>Cu</b>	43
Nickel <b>Ni</b>	94
Quecksilber <b>Hg</b>	0,12
Thallium <b>Tl</b>	< 0,50
Zink <b>Zn</b>	77
<b>EOX [mg/kg TS]</b>	<b>&lt; 0,50</b>
<b>MKW C<sub>10</sub>-C<sub>22</sub> [mg/kg TS]</b>	<b>&lt; 50</b>
<b>MKW C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> [mg/kg TS]</b>	<b>&lt; 50</b>
<b>Cyanide, ges. [mg/kg TS]</b>	<b>&lt; 0,10</b>

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
<b>Summe AKW*</b>	<b>&lt; 0,010</b>
Eluat	
pH-Wert	6,4
Temperatur [°C]	22
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	21
Chlorid [mg/l]	< 3,0
Sulfat [mg/l]	5,6
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen <b>As</b>	< 0,0030
Blei <b>Pb</b>	< 0,010
Cadmium <b>Cd</b>	< 0,0010
Chrom <b>Cr</b>	< 0,010
Kupfer <b>Cu</b>	< 0,010
Nickel <b>Ni</b>	< 0,010
Quecksilber <b>Hg</b>	< 0,0001
Zink <b>Zn</b>	< 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:	SP Quartär
Labornummer:	1811011
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 1,0kg

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

Fellbach, den 10. Dezember 2018  
 Analytik-Team GmbH



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

Homogenbereich: **A 18300**

**ANLAGE 7.1**

Projekt: BV Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II,72587 Römerstein

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	<b>Quartäre Umlagerungsbildungen (qum)</b>					
Bodengruppe		[-]	3	TA			TM/TA	
Korngrößenverteilung	T/ U		1	90			80	100
	S	[%]		10			10	30
	G			0			0	5
Massenanteil	Steine	X					0	<5
	Blöcke	Y					0	0
	gr. Blöcke	Y					0	0
Dichte	$\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]					1,5	2,1
Wassergehalt	$w_n$	[%]	10	20	35,4	27,7	15	40
Plastizitätszahl	$I_p$	[-]	3	26,4	38,6	32,5	25	45
Konsistenzzahl	$I_c$	[-]	3	0,67	0,92	0,795	0,5	1
Konsistenz		[-]		steif	steif	steif	weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					n.b	n.b
Kohäsion	c	[kN/m <sup>2</sup> ]						
undrained Scherfestigkeit	$c_u$	[kN/m <sup>2</sup> ]					50	150
Sensitivität	$S_t$	[-]						
Durchlässigkeit	$k_f$	[m/s]						
Kalkgehalt	$V_{Ca}$	[%]						
Sulfatgehalt	$V_S$	[%]						
Abrasivität <sup>1)</sup>		[-]						
organischer Anteil	$V_{gl}$	[Gew.-%]					2	5
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	4/5					

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

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

Homogenbereich: **B 18300**

**ANLAGE 7.2**

Projekt: BV Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II, 72587 Römerstein

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	<b>Verwitterungslehm</b>					
Bodengruppe		[-]	1	TA			TM/TA	
Korngrößenverteilung	T/ U						60	90
	S	[%]					10	15
	G						0	<5
Massenanteil	Steine	X					0	5
	Blöcke	Y	[%]				0	2,5
	gr. Blöcke	Y					0	2
Dichte	$\rho$	[g/cm³]					1,5	2,1
Wassergehalt	$w_n$	[%]	2	23,1	25,4	24,25	20	40
Plastizitätszahl	$I_p$	[-]	1	38,7			25	45
Konsistenzzahl	$I_c$	[-]	1	0,78			0,5	1
Konsistenz		[-]		steif			weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					n.b	n.b
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undrained Scherfestigkeit	$c_u$	[kN/m²]					50	200
Sensitivität	$S_t$	[-]						
Durchlässigkeit	$k_f$	[m/s]						
Kalkgehalt	$V_{Ca}$	[%]						
Sulfatgehalt	$V_S$	[%]						
Abrasivität <sup>1)</sup>		[-]						
organischer Anteil	$V_{gl}$	[Gew.-%]					1	5
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	4/5					

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

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

Homogenbereich: **C 18300**

**ANLAGE 7.3**

Projekt: **BV Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II, 72587 Römerstein**

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	<b>Verwitterungsschicht (jo)</b>					
Bodengruppe		[-]					GW,GU,GU*,GT,GT*,Y,Y'	
Korngrößenverteilung	T/ U						10	80
	S	[%]					5	20
	G						10	60
Massenanteil	Steine	X					5	25
	Blöcke	Y	[%]				5	20
	gr. Blöcke	Y					0	10
Dichte	$\rho$	[g/cm³]					1,7	2,3
Wassergehalt	$w_n$	[%]					0	20
Plastizitätszahl	$I_p$	[-]						
Konsistenzzahl	$I_c$	[-]						
Konsistenz		[-]						
Lagerungsdichte	D	[%]						
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undrained Scherfestigkeit	$c_u$	[kN/m²]						
Sensitivität	$S_t$	[-]						
Durchlässigkeit	$k_f$	[m/s]						
Kalkgehalt	$V_{Ca}$	[%]						
Sulfatgehalt	$V_S$	[%]						
Abrasivität <sup>1)</sup>		[-]						
organischer Anteil	$V_{gl}$	[Gew.-%]					1	5
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	5,6,(7)					

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

\* informell, nicht verbindlich  
<sup>1)</sup> gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **D 18300**

**ANLAGE 7.4**

Projekt: **BV Erweiterung Gewerbegebiet Eichenried II, 72587 Römerstein**

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	<b>Unterer Massenkalk (joMKu)</b>					
Benennung von Fels		[-]	teilw. geschichtete, massige und dichte und ber. als Lochfels ausgebildete Kalksteine					
Dichte	$\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]					2,4	2,9
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	$q_u$	[MN/m <sup>2</sup> ]					15,0	200,0
Spaltzugfestigkeit	$q_z$	[MN/m <sup>2</sup> ]						
Verwitterung und Veränderung		[-]						
Veränderlichkeit								
Kalkgehalt	$V_{Ca}$	[%]						
Sulfatgehalt	$V_s$	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					vertikal	horizontal
Trennflächenabstand		[cm]						
Gesteinskörperform		[-]						
Öffnungsweite und Kluffüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	$k_G$	[m/s]						
Abrasivität <sup>1)</sup>		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	(6),7					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

\* informell, nicht verbindlich

<sup>1)</sup> gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)