

# Erschließung Gewerbepark Endsee

## Geotechnischer Bericht



Quelle Luftbild: BayernAtlas

**Ort:** Steinsfeld/Endsee  
**Auftraggeber:** Gemeinde Steinsfeld  
**Projektleiter:** Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen  
**GMP-Projektnr.:** 221117\g1geändert Jo/fr  
**Datum:** 28.05.2021

**GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen** | Hedanstraße 17 | 97084 Würzburg  
Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

**GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG**  
Beratende Ingenieure und Geologen  
Würzburg,  
Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

**Pers. haft. Gesellschafterin:**  
**GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH**  
Würzburg,  
Amtsgericht Würzburg, HRB 10485

**Geschäftsführer:**  
Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke  
Dipl.-Ing. Hubert Hansel  
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen  
Dr. Verena Herrmann

Akkreditiertes Prüflabor  
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018  
**DAkS-Akkreditierungsnr.**  
**D-PL-14479-01-00**

**Unterlagen: Härtfelder IT GmbH:**

/1/ Entwurfskonzept, M = 1:2.5000 mit Lageplan der Schürfe

**Anlagen:**

1. Übersichtslageplan, M = 1:25.000
2. Lageplan der Aufschlüsse mit Tiefenprofilen, M = 1:2.500/100
3. Bilddokumentation Schürfe
4. Entnommene Bodenproben Geotechnik
5. Zusammenstellung der Laborversuche
6. Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4
7. Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
8. CERCHAR-Abrasivitätstest nach NF P 94-430-1

## Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang .....	5
2. Örtliche Verhältnisse .....	5
2.1 Geplante Baumaßnahme .....	5
2.2 Geotechnische Kategorien und Erdbebenzone .....	5
2.3 Frosteinwirkung .....	5
2.4 Schutzgebiet .....	6
3. Untergrunderkundung .....	6
3.1 Durchgeführte Aufschlüsse .....	6
3.2 Geotechnische Probenahme .....	6
3.3 Umwelttechnische Probenahme .....	7
3.4 Einmessung der Aufschlüsse .....	7
4. Untergrundverhältnisse .....	7
4.1 Geologische Verhältnisse .....	7
4.2 Oberboden .....	8
4.3 Auffüllungen .....	8
4.4 Quartäre Schichten .....	8
4.5 Anstehender Fels .....	8
5. Grundwasserverhältnisse .....	9
6. Grundwasserchemismus .....	9
7. Geotechnische Laborversuche .....	10
8. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen .....	10
9. Geotechnische Kenngrößen .....	11
10. Geotechnische Empfehlungen zur Verlegung der Kanäle .....	11
10.1 Kanalgrabensicherung .....	11
10.2 Wasserhaltung .....	12
10.3 Rohrbettung .....	12
10.4 Rohrgrabenverfüllung .....	13
11. Grundbautechnische Empfehlungen für den Ausbau der Straße .....	14
11.1 Tragfähigkeit des Planums .....	14
11.2 Beurteilung der Frostsicherheit .....	15
11.3 Hinweise für die Bauausführung .....	16

12.	Homogenbereiche .....	16
12.1	Geotechnische Klassifizierung .....	16
12.2	Schichteinteilung .....	17
12.3	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320 .....	18
12.4	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300 .....	18
12.4.1	Boden.....	19
12.4.2	Fels.....	20
13.	Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen .....	20
13.1	Bauausführung.....	20
13.2	Empfehlungen zur weiteren Erkundung .....	21
13.3	Orientierende abfalltechnische Untersuchungen.....	21

## **1. Vorgang**

Die Härtfelder IT GmbH plant für die Gemeinde Steinsfeld die Erschließung des Gewerbepark Endsee im Ortsteil Endsee.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde über die Härtfelder IT GmbH von der Gemeinde Steinsfeld mit der Baugrunduntersuchung und Ausarbeitung des geotechnischen Berichts beauftragt.

## **2. Örtliche Verhältnisse**

### **2.1 Geplante Baumaßnahme**

Das geplante Gewerbegebiet liegt östlich des Ortsteils Endsee in unmittelbarer Nähe zur Autobahn BAB 7, Anschlussstelle Bad Windsheim.

Aus den vorliegenden Plänen der Härtfelder IT GmbH soll das Gewerbegebiet mit einer Fläche von insgesamt ca. 24 ha erschlossen werden.

Die Erschließung soll über verschiedene Straßen erfolgen, in denen auch die Kanäle verlegt werden.

### **2.2 Geotechnische Kategorien und Erdbebenzone**

Diese Baumaßnahme fällt nach EN 1997-1, DIN 1054 und DIN 4020 in die geotechnische Kategorie GK 2.

Das Baugelände gehört gemäß DIN EN 1998-1 keiner Erdbebenzone und keiner Untergrundklasse an.

### **2.3 Frosteinwirkung**

Endsee liegt gemäß der RStO in der Frosteinwirkungszone II. Damit ist ein Frostindex von  $F_i > 250$  bis  $\leq 330$  [ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ] anzusetzen. Daraus lässt sich eine Frosteindringung zwischen 80 cm und 90 cm abschätzen.

## **2.4 Schutzgebiet**

Die Baumaßnahme befindet sich außerhalb von Wasserschutz- und Heilquellenschutzgebieten.

## **3. Untergrunderkundung**

### **3.1 Durchgeführte Aufschlüsse**

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Gewerbegebiet insgesamt vier Schürfe bis in Tiefen von maximal ca. 3,6 m unter GOK ausgehoben. Die Lage der Schürfe wurde vom Ingenieurbüro Härtfelder vorgegeben.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Lageplan der Anlage 2 im Maßstab 1:2.500 eingetragen. Farbfotos der Aufschlussstellen sind in Anlage 3 beigelegt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von Tiefenprofilen ebenfalls in den Lageplan der Anlage 2 eingetragen (MdH = 1:100).

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben und die geologischen Kennzeichnungen.

Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind links neben den Tiefenprofilen angegeben.

Die verwendeten Signaturen der Tiefenprofile und die Kurzzeichen für Boden- und Felsarten sind in der Legende der Anlage 2 erläutert.

### **3.2 Geotechnische Probenahme**

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen Proben entnommen, die tabellarisch in der Anlage 4 zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlage 2 angegeben.

Nach Sichtung und Beurteilung wurden an ausgewählten Proben Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt (siehe Anlage 4). Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 5 zusammengestellt. Die übrigen Proben werden rückgestellt und bei GMP eingelagert. Die Rückstellproben werden bis drei Monate nach Abgabe des Gutachtens aufbewahrt und anschließend fachgerecht entsorgt soweit keine längere Aufbewahrung durch den Auftraggeber gefordert wird.

### **3.3 Umwelttechnische Probenahme**

Auffüllungen wurden nur im Schurf Sch 1 in geringer Mächtigkeit angetroffen, so dass keine Proben für eine weitere umwelttechnische Untersuchung entnommen wurden.

### **3.4 Einmessung der Aufschlüsse**

Die Aufschlusspunkte wurden mittels GPS durch das Ingenieurbüro Härtfelder eingemessen und die Daten an GMP übergeben.

## **4. Untergrundverhältnisse**

### **4.1 Geologische Verhältnisse**

Nach der Geologischen Karte von Bayern liegt das Baufeld geologisch gesehen an der Grenze der Schichten des Unteren und Mittleren Keuper. Diese wurden auch in den Schürfen erkundet. Überlagert wird der Fels von quartären Lehmen sowie bereichsweise Auffüllungen sowie dem Mutterboden.

Vereinfacht lässt sich der Untergrund in vier Schichten aufteilen:

1. Oberboden
2. Auffüllungen
3. Quartäre Überlagerungen
4. Anstehender Fels des Mittleren und Unteren Keuper

## **4.2 Oberboden**

Die Aufschlüsse wurden alle im Bereich von Grünflächen ausgeführt, so dass zunächst der Oberboden mit einer Stärke von ca. 0,2 - 0,3 m angetroffen wurde. Mutterboden wird nach DIN 4023 mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

## **4.3 Auffüllungen**

Nur im Schurf Sch 1 wurden unter dem Mutterboden zunächst Auffüllungen angetroffen. Sie bestehen aus Schluffen mit einem hohen Kiesanteil sowie tonigen und sandigen Beimengungen (Kurzzeichen: U, t, g, s). Die bindigen Bestandteile haben eine steife Konsistenz.

Unter den Auffüllungen wurde eine lehmige Schicht mit organischen Beimengungen festgestellt. Hierbei handelt es sich möglicherweise um den alten Oberboden, der vor dem Einbau der Auffüllungen nicht abgeschoben wurde.

## **4.4 Quartäre Schichten**

Der anstehende Fels wird außer im Schurf Sch 3 von quartären Verwitterungsschichten eingeleitet. Hierbei handelt es sich um vollständig verwitterte Felsschichten, die aber bodenmechanisch als Tone und Schluffe mit sandigen und kiesigen Beimengungen zu bezeichnen sind (Kurzzeichen: T, u bzw. U, t, g, fs). Teilweise sind Gipsreste beigemischt. Die Verwitterungsschichten haben eine steife bis halbfeste Konsistenz.

## **4.5 Anstehender Fels**

Unter den Verwitterungsschichten bzw. bei Schurf Sch 3 direkt unter dem Oberboden folgen Felsschichten des Mittleren bzw. Unteren Keuper. Die Grenze vom Mittleren zum Unteren Keuper verläuft nach der geologischen Karte in etwa mittig durch das Baugebiet. Hierbei handelt es sich um Wechselfolgen von unterschiedlich stark verwitterten Ton-, Sand- und Dolomitsteinen (Kurzzeichen Tst, Sst, Dst) sowie bei Schurf Sch 2 und 3 in der Schurfendtiefe um Breccie (Gst).



Ein tieferer Aushub war zum einen mit dem vorhandenen Gerät, teilweise aber auch aufgrund der kompakten Ausbildung der Felsschichten nicht mehr möglich, so dass die Schürfe bei 1,2 m (Sch 3) bzw. zwischen 3,1 und 3,6 m abgebrochen werden mussten. Unterhalb der jeweiligen Aufschlussendtiefe sind kompakte, vermutlich nur gering verwitterte Felsschichten des Mittleren und Unteren Keuper zu erwarten. In diese können teilweise auch Gipsschichten eingelagert sein.

## **5. Grundwasserverhältnisse**

Bei der Baugrunduntersuchung wurde in keinem der Aufschlüsse Grundwasser angetroffen, so dass keine Aussagen zum Grundwasserstand möglich sind. Auch zu jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen sowie zum höchsten und niedrigsten Grundwasserstand können keine Angaben gemacht werden, da keine langjährigen Pegelbeobachtungen vorliegen.

In oder nach Nässeperioden muss aber in allen Bereichen in unterschiedlichen Tiefen mit Sicker- bzw. Schichtwasser gerechnet werden, wobei keine Aussagen zur Stärke des Wasserandrangs möglich sind.

## **6. Grundwasserchemismus**

Der Grundwasserchemismus wurde nicht bestimmt, da keine Wasserprobe entnommen werden konnte. Aufgrund der Gipsbeimengungen ist aber bei Antreffen von Wasser mit einem erhöhten Sulfatgehalt zu rechnen.

## 7. Geotechnische Laborversuche

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Eigenschaften wurden an repräsentativ ausgewählten Bodenproben im geotechnischen Labor Versuche entsprechend folgender Normen ausgeführt:

**Tabelle 1: Normung Laborversuche**

Art	Versuch	Norm	Ausgabe
<b>Boden</b>	Bestimmung des Wassergehalts	DIN EN ISO 17892 - 1	03-2015
	Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN EN ISO 17892 - 4	04-2017
	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen	DIN EN ISO 17892 - 12	10-2018
	Konsistenz und Plastizität	DIN EN ISO 14688 - 2	11-2020
	Klassifizierung	DIN 18196	05-2011
<b>Fels</b>	CERCHAR Abrasivitätsindex - CAI	NF P 94-430-1 und DGGT Merkblatt Nr. 23	10-2000

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 5 zusammengefasst. Eine detaillierte Dokumentation der jeweiligen Versuche ist in den Anlagen 6 bis 8 beigelegt.

## 8. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

Wie bereits erwähnt, wurden nur in einem Schurf geringmächtige Auffüllungen angetroffen, die organoleptisch unauffällig waren. Daher wurde auf eine chemische Analytik dieser Probe verzichtet.

## 9. Geotechnische Kenngrößen

Nach den Ergebnissen der Aufschlüsse und Laborversuche sowie den Erfahrungen des Gutachters können für erdstatische Berechnungen die nachfolgenden charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

**Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte**

Baugrund	Wichte $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte unter Auftrieb $\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel $\phi'_k$ [°]	Kohäsion $c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul <sup>1)</sup> (min - max) $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllung	20,0	10,0	30,0 <sup>2)</sup>	---	5 - 8
Verwitterungsschicht	21,0	11,0	25,0	10	15 - 25
Fels	23,0	13,0	27,5	15	25 - 50

<sup>1)</sup> in Abhängigkeit vom Spannungsbereich (150 – 300 kN/m<sup>2</sup>)

<sup>2)</sup> Ersatzreibungswinkel

## 10. Geotechnische Empfehlungen zur Verlegung der Kanäle

Genauere Angaben zur Tiefenlage sowie zum Durchmesser und Gefälle der Kanäle liegen noch nicht vor. Im Folgenden können daher zunächst nur generelle Empfehlungen gegeben werden.

### 10.1 Kanalgrabensicherung

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind die angetroffenen Böden zumindest kurzzeitig senkrecht standsicher. Somit kann zur Sicherung des Kanalgrabens ein Verbau z.B. mit Großflächenschalung erfolgen, der nach dem Aushub des Rohrgrabens eingestellt wird. Hohlräume hinter den Verbaulementen sollten fachgerecht mit Sand verfüllt werden, damit ein Nachbruch des Erdreiches nicht möglich ist.

Bei dem Aushub des Kanalgrabens muss berücksichtigt werden, dass bei Einbindung in den unverwitterten Fels zum Lockern und Lösen der Einsatz eines Felsmeißels erforderlich werden kann. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass hinter den Verbaulementen größere Hohlräume entstehen. Diese Hohlräume sind unverzüglich, z.B. mit Sand, zu verfüllen, damit es nicht zu einem Nachbruch bzw. zu Setzungen im angrenzenden Erdreich kommen kann.

Alternativ kann der Kanalgraben unter Berücksichtigung der DIN 4124 geböschert hergestellt werden. In den Verwitterungsschichten können dabei Böschungswinkel von  $60^\circ$  angenommen werden. Im verwitterten Fels kann die Böschung unter ca.  $70^\circ$ , im unverwitterten Fels unter ca.  $80^\circ$  hergestellt werden.

## 10.2 Wasserhaltung

Bei der Baugrunduntersuchung wurde in keinem der Aufschlüsse Grund- oder Sickerwasser angetroffen. Bei Ausführung der Baumaßnahme in Nässeperioden oder nach starken Regenfällen muss aber mit Sicker- bzw. Schichtwasser gerechnet werden.

In den Bereichen, in denen Sickerwasser angetroffen wird, muss zur fachgerechten Verlegung der Kanäle eine Wasserhaltung ausgeführt werden. Anfallendes Sickerwasser kann mit einer offenen Wasserhaltung über Baudrainagen und Pumpensümpfe einer geeigneten Vorflut zugeführt werden.

## 10.3 Rohrbettung

Je nach Tiefenlage liegt die Rohrgrabensohle teilweise noch innerhalb der Verwitterungsschichten, teilweise bereits auf anstehenden Schichten des Mittleren bzw. Unteren Keuper.

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind alle angetroffenen Schichten gut tragfähig, so dass voraussichtlich keine Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich werden.

Die lehmigen Verwitterungsschichten sind aber ebenso wie Tonsteine sehr wasserempfindlich, so dass durch Einfluss von Sicker- bzw. Schichtwasser die Rohrgrabensohle tiefgründig aufweichen kann. In diesem Fall müssten zur fachgerechten Auflagerung der Rohre Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Stabilisierung müsste in diesem Fall durch einen Austausch aus Mineralbeton der Körnung 2/56 mm erfolgen. Die genaue Mächtigkeit des Austausches muss vor Ort bei Bauausführung festgelegt werden.

Bei Lage der Kanalsole auf unverwitterten Felsschichten wird empfohlen, die die Splittbettung entsprechend DIN EN 1610 auf mindestens 15 zu verstärken, damit keine Punktlagerung auftreten kann. Ein Betonbett kann nicht empfohlen werden, da auf Höhe der Rohrgrabensohle Gips vorhanden sein kann und ein direkter Kontakt zwischen dem frischen Beton und dem Gips zu Quellhebungen führen kann.

Bei der Massenermittlung für das Splittbett muss berücksichtigt werden, dass durch die bankige Ausbildung der Felsschichten ein unvermeidlicher Mehraushub auftreten kann. Dieser Mehraushub darf nicht mit Aushubmaterial ausgeglichen werden, da hiermit eine ausreichende und gleichmäßige Verdichtung nicht gewährleistet werden kann. Somit ergibt sich ein entsprechender Mehrverbrauch an Beton- bzw. Splitt. In der Ausschreibung sollte daher für die Bereiche, in denen die Rohre auf unverwitterten Felsschichten liegen, von einem Mehrverbrauch im Schnitt von etwa 10 cm ausgegangen werden.

## 10.4 Rohrgrabenverfüllung

Der Rohrgraben sollte gemäß den Hinweisen für das Zufüllen von Leitungsgräben im Straßenkörper nach ZTVA-StB 12 in der Leitungszone entsprechend den Vorgaben der jeweiligen Leitungsbetreiber verfüllt werden.

Für die Verfüllung des restlichen Kanalgrabens sollte geeignetes, gut verdichtbares und gut tragfähiges Material verwendet werden, das lagenweise einzubringen und zu verdichten ist. Die Dicke der einzelnen Lagen ist gemäß ZTVA-StB in Abhängigkeit von der Bodenart und dem Verdichtungsgerät zu wählen.

Für die Verdichtung sollten folgende Verdichtungskriterien eingehalten und nachgewiesen werden:

**Tabelle 3: Verdichtungskriterien**

Schicht	Verdichtungskriterium	
	bis 1,0 m unter OK Planum	> 1,0 m unter OK Planum
Proctordichte	≥ 100 %	≥ 98 %
Luftporengehalt	< 6 - 12 % <sup>1)</sup>	< 6 - 12 % <sup>1)</sup>
Tragfähigkeit E <sub>v2</sub>	≥ 45 MN/m <sup>2</sup>	---

1) Gem. ZTVE sind die Anforderungen an den Luftporenanteil abhängig von der Art des Verfüllbodens. Bei wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden ist der Luftporenanteil auf 8%, bei Einbau von veränderlich festen Gesteinen auf 6% zu begrenzen. Diese Anforderungen sind mit in das LV aufzunehmen.

Die beim Aushub anfallenden verwitterten Sandsteine können für die Rohrgrabenverfüllung verwendet werden. Größere Steine müssten ausgesondert werden, da dieses Material nicht ausreichend hohlraumarm verdichtet werden kann.

Bei Verwendung von Tonsteinmaterial für die Rückverfüllung ist zu beachten, dass dieses Material weder in zu feuchtem noch in zu trockenem Zustand ausreichend verdichtet werden kann. Besonders bei einem zu trockenen Einbau ist zunächst scheinbar eine gute bis sehr gute Tragfähigkeit gegeben. Nachträglich kann es dann aber mit dem Zutritt von Wasser zu größeren Setzungen innerhalb der Grabenverfüllung kommen. Sollen die Tonsteine wieder eingebaut werden, muss daher in einer Probeverdichtung unbedingt der Nachweis erbracht werden, dass besonders im Hinblick auf das Porenvolumen mit dem gewählten Verdichtungsgerät eine ausreichende Verdichtung möglich ist. Eine Verdichtungskontrolle allein mit Rammsondierungen und Plattendruckversuchen ist in den Tonsteinen nicht ausreichend.

Insgesamt dürfte damit nur ein geringer Teil des Aushubmaterials für eine Rückverfüllung geeignet sein. Im Hinblick auf den Baustellenablauf (Trennung von geeignetem und nicht geeignetem Material; erforderliche Zwischenlagerung; Abdeckung der Miete etc.) wird daher empfohlen, die Rückverfüllung vollständig mit Fremdmaterial durchzuführen.

Eine Aufbereitung des Aushubmaterials mit Bindemittel kann nicht empfohlen werden, da in dem Aushubböden teils Gipsreste vorhanden sind, so dass bei Kontakt mit Bindemittel es zu Quellhebungserscheinungen kommen kann.

## **11. Grundbautechnische Empfehlungen für den Ausbau der Straße**

Genauere Angaben über die geplante Höheneinstellung der Straße liegen nicht vor. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Oberkante der geplanten Straße in etwa auf derzeitiger GOK liegt.

### **11.1 Tragfähigkeit des Planums**

In den Bereichen, in denen die Oberkante der Straße auf bzw. unter derzeitiger GOK liegt, dürften bei einer angenommenen Mächtigkeit des Straßenoberbaus von ca. 60 - 70 cm auf Höhe des Planums überwiegend Verwitterungsschichten vorhanden sein.

Gemäß ZTVE-StB bzw. RStO muss auf Höhe des Planums eine Tragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  gewährleistet werden. Diese Tragfähigkeit ist auch bei bestmöglicher Verdichtung des Planums nicht bzw. nur in Ausnahmefällen zu erzielen.

Aus diesem Grund muss eine Stabilisierung des Planums durchgeführt werden. Bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen wird empfohlen, die Stabilisierung durch einen Bodenaustausch aus Schottermaterial oder Felsklein der Körnung 10/120 mm durchzuführen. Wird die Rohrgrabenverfüllung wie in Kapitel 10 beschrieben ausgeführt, ist im Bereich der Kanalgräben bereits eine ausreichende Tragfähigkeit gegeben. Eine Stabilisierung wird somit nur außerhalb der Leitungszone erforderlich.

Die genaue Mächtigkeit des Austausches ist abhängig von verschiedenen Faktoren, im Wesentlichen auch von den Witterungsverhältnissen vor und während der Bauausführung, so dass endgültige Angaben erst nach Anlegen von Probefeldern und Ausführung von Plattendruckversuchen gemacht werden können.

Bei den zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung festgestellten Verhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass auf der Verwitterungsschicht eine Stabilisierung von ca. 20 - 30 cm erforderlich wird.

Wird ein Bodenaustausch durchgeführt, muss vor dem Einbringen der Stabilisierung auf das vorhandene Planum ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 (Flächengewicht ca. 250 – 300 g/m<sup>2</sup>) verlegt werden. Das Geotextil verhindert ein Eindringen von Feinteilen aus dem Untergrund in die Stabilisierungsschicht, die damit geringer tragfähig werden würde. Auf das Geotextil ist dann das Schottermaterial/Felsklein in Lagen von maximal 30 cm aufzubringen und lagenweise zu verdichten.

Auch hier kann eine Stabilisierung des Planums mit Bindemittel wegen der festgestellten Gipsanteile im Boden nicht empfohlen werden.

Auf das ausreichend tragfähige Planum kann die erforderliche Frostschutzschicht eingebaut werden. Die erforderliche Mächtigkeit und Tragfähigkeit auf OK Frostschutz ergibt sich in Abhängigkeit von Bauart und Bauklasse gemäß RStO.

## **11.2 Beurteilung der Frostsicherheit**

Nach den durchgeführten Baugrunduntersuchungen sind im Planum der Straße überwiegend Verwitterungsschichten vorhanden.

Nach den durchgeführten Untersuchungen sind diese Böden nach DIN 18196 als mittel bis ausgeprägt plastische Tone mit dem Gruppensymbol TM bzw. TA zu bezeichnen. Diese Böden sind teils gering bis mittel, teils sehr frostempfindlich und somit nach ZTVE-StB in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 oder F 3 einzuordnen.

Da optisch eine Unterscheidung des Bodens nach Frostempfindlichkeitsklassen nicht oder nur schwer möglich ist, wird empfohlen, die Mächtigkeit der Frostschuttschicht generell auf die Klasse F 3 auszulegen.

In den Bereichen, in denen eine Stabilisierung des Planums erforderlich wird, ist die Mächtigkeit der Frostschuttschicht abhängig von der Frostempfindlichkeit der stabilisierten Schicht. Bei einem Bodenaustausch mit einer Mächtigkeit von mindestens 20 cm kann bei Verwendung von geeignetem, frostsicherem Material die Frostschuttschicht nach der Klasse F2 ausgelegt werden.

### **11.3 Hinweise für die Bauausführung**

Sollte die Baumaßnahme nach länger anhaltenden Nässeperioden ausgeführt werden, können die bei der Baugrunduntersuchung im Planum der Straße angetroffenen sandigen Schluffe eine geringere Konsistenz besitzen. In diesem Fall müssten zur Erreichung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Planums zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt werden, deren Art und Umfang vor Ort festzulegen sind.

## **12. Homogenbereiche**

### **12.1 Geotechnische Klassifizierung**

Nach der aktuellen Norm (VOB/C, September 2019) sind die bekannten Bodenklassen (z.B. DIN 18300 u. a.) durch Homogenbereiche ersetzt worden. Homogenbereiche sind z. B. in DIN 18300 definiert als:

*„[...] ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felschichten, der für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.“*

Für das geplante Bauvorhaben wird davon ausgegangen, dass nur Homogenbereiche für das/die folgenden Gewerke anzugeben sind:

- ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“



## 12.2 Schichteinteilung

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wird die in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Schichteinteilung verwendet. Der Aufbruch von Verkehrsflächen ist in einer gesonderten Position auszuschreiben.

**Tabelle 4: Schichteinteilung**

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung	
		Boden	Fels
1	Oberboden	x	
2	Auffüllung	x	
3	Verwitterungsschichten	x	
4	Fels, verwittert		x
5	Fels, unverwittert		X

Die Homogenbereiche werden wie folgt definiert:

**Tabelle 5: Festlegung Homogenbereiche**

Schicht-Nr.	Homogenbereich nach DIN 18320	Homogenbereich nach DIN 18300
1	HOB 1	---
2	---	HEB 1
3	---	HEB 2
4	---	HEF 1
5	---	HEF 1

Da es sich bei Schicht 2 um Auffüllungen handelt, sind diese gesondert zu behandeln (siehe hierzu Kapitel 13.3).

Die endgültigen Homogenbereiche sowie ggf. erforderliche Homogenbereiche für weitere Gewerke sind im weiteren Verlauf der Planungen in enger Abstimmung zwischen den Fachprojektanten und GMP festzulegen.

Die angegebenen Grenzwerte der nachfolgenden Tabellen ergeben sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie der Auswertung von zahlreichen Versuchen in

vergleichbaren geologischen Verhältnissen. Unter Berücksichtigung der Entstehungsgeschichte sowie durch äußere Einflüsse (z.B. Witterungsverhältnisse) können Abweichungen nach oben wie unten nicht ausgeschlossen werden.

### 12.3 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

Oberboden wird hinsichtlich der Bearbeitbarkeit nach DIN 18915 in Oberbodengruppen eingeteilt. Die Ausschreibung erfolgt nach DIN 18320.

**Tabelle 6: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320**

Homogenbereich	HOB 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OT, OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	4 - 9	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	

<sup>1)</sup> indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

*kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt*

### 12.4 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300

Infolge der Abhängigkeit der Homogenbereiche von den Bauverfahren können diese nur soweit eingeteilt werden, als sie zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung und Gutachtererstellung bekannt sind.

Bei der vorgenommenen Einteilung der Homogenbereiche werden folgendes Vorgehen und folgende Planungsgrundlagen vorausgesetzt:

- Einsatz eines Kettenbaggers von ca. 20 bis 30 t Betriebsgewicht (z.B. Liebherr R 920)

- Ausreichend Flächen zur Zwischenlagerung des Aushubs sind vorhanden.
- Kontinuierliche geotechnische Fachbetreuung zur Separation des Aushubs.

## 12.4.1 Boden

**Tabelle 7: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300**

Homogenbereich	HEB 1		HEB 2	
	2		3	
Schicht-Nr.				
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung		Verwitterungsschichten	
Bodengruppe (DIN 18196)	alle grob-, gemischt- und feinkörnigen Böden nach DIN 18196		GU*GT* SU*/ST* TL, TM, TA	
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 6.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 6.2)	
Massenanteil Steine, D > 63 mm (DIN EN ISO 14688-1) [Gew. %]	0	25	0	25
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm (DIN EN ISO 14688-1) [Gew. %]	0	15	0	10
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm (DIN EN ISO 14688-1) [Gew. %]	nb		nb	
Dichte (DIN 18125-2) [g/cm³]	1,8	2,1	1,8	2,2
undrainierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4) [kN/m²]	nb		nb	
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) [-]	0,08	0,25	0,15	0,40
Plastizitätszahl (DIN EN ISO 17892-12) [-]	0,10	0,35	0,15	0,50
Konsistenzzahl (DIN EN ISO 17892-12) [-]	0,50	>1,25	0,50	>1,25
Lagerungsdichte <sup>1)</sup> (DIN EN ISO 14688-2) [-]	nb		nb	
Organischer Anteil (DIN 18128) [Gew. %]	0	5	nb	

<sup>1)</sup> indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

## 12.4.2 Fels

**Tabelle 8: Homogenbereiche Fels entsprechend VOB DIN 18300**

Homogenbereich		HEF 1		HEF 1	
Schicht Nr.		4		5	
Eigenschaft/Kennwert		von	bis	von	bis
<b>Ortsübliche Bezeichnung</b>		Tonstein, Sandstein, Dolomitstein, Breccie, Gipsstein		Tonstein, Sandstein, Dolomitstein, Breccie, Gipsstein	
<b>Benennung von Fels</b> (DIN EN ISO 14689)		Sedimentär, metamorph		Sedimentär, metamorph	
<b>Dichte</b> (DIN EN ISO 17892-1)	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,1	2,3	2,2	2,4
<b>Verwitterung und Veränderung</b> , (DIN EN ISO 14689)		verfärbt	zerfallen	frisch	verfärbt
<b>Veränderlichkeit</b> (DIN EN ISO 14689)		nicht veränderlich <sup>1)</sup> nicht veränderlich <sup>2)</sup>	stark veränderlich <sup>1)</sup> stark veränderlich <sup>2)</sup>	nicht veränderlich <sup>1)</sup> nicht veränderlich <sup>2)</sup>	stark veränderlich <sup>1)</sup> stark veränderlich <sup>2)</sup>
<b>einaxiale Druckfestigkeit</b> (DIN 18141-1)	[N/mm <sup>2</sup> ]	1	50	50	150
<b>Trennflächenrichtung</b> <sup>3)</sup> (DIN EN ISO 14689)	[°]	nb		nb	
<b>Trennflächenabstand</b> (DIN EN ISO 14689) - Schichtflächenabstand - Klufflächenabstand		sehr engständig nb	mittel nb	sehr engständig nb <sup>4)</sup>	mittel nb <sup>4)</sup>
<b>Gesteinskörperform</b> (DIN EN ISO 14689)		tafelförmig, prismatisch		tafelförmig, prismatisch	

<sup>1)</sup> atmosphärisch

<sup>2)</sup> unter Wasserabdeckung

<sup>3)</sup> Klufflächenabstand mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht bestimmbar

<sup>4)</sup> K/S Hauptklüftung/Schichtflächen, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar  
K/K: Hauptklüftung/Nebenklüftung, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

*kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt*

## 13. Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen

### 13.1 Bauausführung

Im Bereich des Kanals werden voraussichtlich keine gesonderten Stabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Entlang der Straße muss jedoch zur Erreichung einer ausreichenden Tragfähigkeit stabilisiert werden.

## 13.2 Empfehlungen zur weiteren Erkundung

Die Aufschlüsse wurden in einem relativ großen Abstand ausgeführt. Zudem konnten die Schürfe teilweise nicht bis auf die geplante Endtiefe niedergebracht werden. Es wird daher empfohlen, ergänzend Schürfe mit einem entsprechend leistungsfähigen Bagger auszuführen, um die im Gutachten gemachten Angaben zu verifizieren.

## 13.3 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

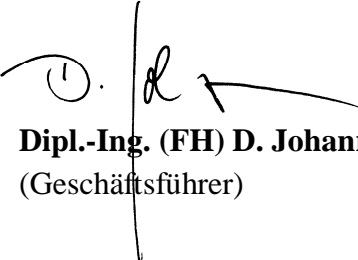
Wie bereits erwähnt, wurden nur in Teilbereichen Auffüllungen angetroffen, so dass keine umwelttechnische Untersuchung veranlasst wurde.

Für eine orientierende Beurteilung könnten im Vorfeld der Baumaßnahme an den entnommenen Proben Analysen gemäß LAGA durchgeführt werden.

Unabhängig von den Ergebnissen dieser Untersuchungen muss für die Festlegung der Wiederverwertung/Entsorgung das Aushubmaterial auf Mieten mit einer Größe von maximal 500 m<sup>3</sup> zwischengelagert und repräsentativ beprobt werden. Erst nach Vorliegen dieser Analyseergebnisse können endgültige Aussagen zur Wiederverwertung/Entsorgung gemacht werden.

Offensichtlich unterschiedliches Aushubmaterial bzw. sensorisch auffällige Auffüllungen sollten getrennt auf Mieten zwischengelagert werden.

Bei der Planung der Baustellenlogistik ist zu berücksichtigen, dass für die chemische Analytik ein Zeitaufwand von fünf bis sechs Werktagen benötigt wird. Bis zum Vorliegen der Analyseergebnisse darf das Haufwerk nicht mehr durch weitere Anschüttungen oder Abgrabungen verändert werden.



**Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen**  
(Geschäftsführer)

### Verteiler:

Härtfelder IT GmbH (2x Papierform, 1x digital)