

**Grünberg / Lumda,  
Interkommunales  
Gewerbe- und Industriegebiet**

**Neubau Erschließungsstraße  
und Kanal**

**- Baugrunduntersuchung -**

**Projekt- Nr. 2024 15198a1**

**Auftraggeber:** Stadt Grünberg

**Gutachter:** B.Sc. Ang. Geow. Jan Legner  
Dipl.- Geol. Norbert Weller

**Datum:** 10.07.2024

**INHALTSVERZEICHNIS**

	Seite
1 AUFTRAG	1
2 UNTERLAGEN / MASSNAHMEN	1
3 SITUATION	2
4 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	4
4.1 Schichtenbeschreibung	4
4.2 Einstufungen der Bodenarten und charakteristische Bodenkennwerte	7
5 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	9
5.1 Allgemeines, Grundwasserstände und Schutzgebiete	9
5.2 Bemessungswasserstand	10
5.3 Durchlässigkeiten und Versickerungsvermögen	10
5.4 Betonaggressivität	11
5.5 Stahlaggressivität	11
6 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG KANAL	12
6.1 Gründung des Kanals	13
6.2 Leitungszone / Rohraufleger	14
6.3 Leitungsgraben / Wasserhaltung	14
6.3.1 Leitungsgraben	14
6.3.2 Wasserhaltung	16
6.4 Rückverfüllung / Wiedereinbau	16
7 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNGEN -	
STRASSENBAU	18
7.1 Unterbau, Planum	18
7.2 Geländeanschüttung	19
7.3 Herstellung der Geländeanschüttung	20
7.4 Oberbau	23
8 QUALITÄTSSICHERUNG UND VERDICHTUNGSKONTROLLEN	24
9 HINWEISE ZUR EUROPÄISCHEN GRUNDBAUNORMUNG (EC 7)	26
10 ANLAGEN	26

**TABELLENVERZEICHNIS**

		Seite
Tabelle 1	Einstufung der Bodenarten nach ZTV E-StB, ZTV A StB, DIN 18196, DIN 18300, DIN 18301	7
Tabelle 2	Charakteristische Bodenkennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte	8
Tabelle 3	Grundwasserstände	9
Tabelle 4	Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stahlwerkstoffen für die Probe GW aus GWP 14	11
Tabelle 5	Korrosionswahrscheinlichkeit von feuerverzinkten Stählen für die Probe GW aus GWP 14	12
Tabelle 6	Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stahlwerkstoffen für die Probe GW aus RKS 17	12
Tabelle 7	Korrosionswahrscheinlichkeit von feuerverzinkten Stählen für die Probe GW aus RKS 17	12

## 1 AUFTRAG

Die Stadt Grünberg erteilte der Geonorm GmbH, über die Gotthold Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, am 03.05.2024 den Auftrag, auf dem Untersuchungsgelände im Westen von Grünberg-Lumda, für den Neubau der Erschließungsstraße und des Kanals, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und gutachterlich zu bewerten.

Das Baugrundgutachten soll beinhalten:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundung sowie der Labor- und Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge im baugrundrelevanten Tiefenbereich nach DIN ISO EN 14688-1 und DIN EN ISO 22476-2
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach DIN 18196, Bodenklassen nach DIN 18300, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 17<sup>1</sup>
- Angabe relevanter geotechnischer Boden- und Felskennwerte
- Aussagen zur Grundwassersituation auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse
- Bewertung der Bodendurchlässigkeit / Versickerungsvermögen
- Baugrundbeurteilung
- Gründungsempfehlungen für den Leitungsbau
- Empfehlungen zur Anlage von Leitungsgräben und deren Sicherung
- Empfehlung zur Grabenrückverfüllung und Wiedereinbaubarkeit des vorhandenen Materials
- Empfehlung zur Herstellung der Verkehrsflächen mit Angaben von Material- und Verdichtungsanforderungen
- Empfehlung zur ggf. erforderlichen Grundwasserhaltung

## 2 UNTERLAGEN / MASSNAHMEN

Folgende Unterlagen bzw. Maßnahmen dienen zur Beurteilung der Baugrundsituation:

[1] Geologische Karte von Hessen Blatt 5319 (Londorf), M 1 : 25.000

---

<sup>1</sup> Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

- [2] Topographische Karte, Blatt 5319 (Londorf), M 1 : 25.000
- [3] Übersichtslageplan, vom 14.06.2024, M.: 1 : 1000, zur Verfügung gestellt von der Gott-hold Rechtsanwaltsgesellschaft mbH
- [4] Geotechnischer Bericht: Grünberg OT-Lumda, Erschließung Gewerbe- und Industriegebiet Lumda, vom 19.04.2024, Projekt-Nr: 2024 15198a6, Geonorm GmbH
- [5] Ergebnisse der Außenarbeiten vom 23. und 24.05. sowie 03. und 04.06.2024:
  - 13 Rammkernsondierungen (RKS) bis max. 5,0 m unter Geländeoberkante (GOK)
  - Nivellement der Bohransatzpunkte mit GPS

### 3 SITUATION

Auf dem Untersuchungsareal im Westen von Grünberg-Lumda ist die Erschließung des Gewerbe- und Industriegebiets Lumda geplant. Das Areal wird im Südwesten von der L3127, im Südosten von der A5, im Nordwesten von einem Forstwald und im Nordosten von Ackerflächen begrenzt. Das Areal wird zurzeit als Ackerfläche genutzt, liegt an einem Hang und ist unbebaut (siehe Abb. 1 bis 3).



Abbildung 1: Untersuchungsareal (rot umrandet).

Der AG plant am Untersuchungsstandort den Neubau einer Erschließungsstraße auf einer Strecke von rd. 1400 m und die Verlegung eines Regen- sowie Schmutzwasser-Kanals auf

einer Strecke von rd. 1000 m. Mit der Baugrunduntersuchung werden Ausführungsempfehlungen für den Leitungs- / Kanal- und Straßenbau angegeben. Nach den vorliegenden Planunterlagen ist für die Ausführung der Straße die Belastungsklasse Bk 10 sowie Kanaldurchmesser von DN 250 bis DN 700 und Kanalverlegtiefen zwischen 1,3 m und 3,1 m unter OK Straße angegeben. Die genaue Lage und Tiefe der Aufschlusspunkte sind der Anlage 1 und 2 zu entnehmen. Für die Auswertung werden auch die Sondierprofile aus [4] herangezogen.



Abbildung 2: Untersuchungsareal in Blickrichtung Nordwesten.



Abbildung 3: Untersuchungsareal in Blickrichtung Nordosten.



## 4 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

Nach den Ergebnissen der Außenarbeiten und der geologischen Karte wird der gewachsene Untergrund im Untersuchungsgebiet von quartären Lösslehm und den Zersatz- und Verwitterungsprodukten der Basalte und Tuffe gebildet. Zuoberst wurden überall Oberböden und lokal Auffüllungen erbohrt.

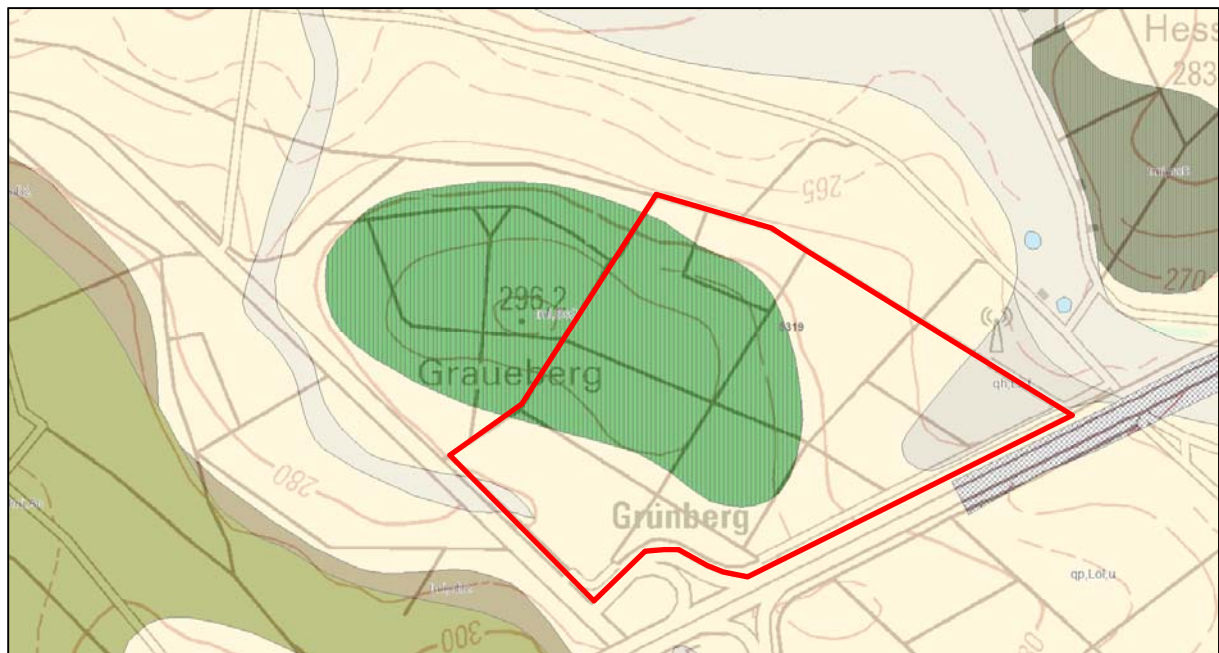


Abbildung 4: Ausschnitt aus geologischer Karte (Untersuchungsareal rot umrandet).

### 4.1 Schichtenbeschreibung

Gemäß der Geländeansprache können im Wesentlichen folgende Bodenhorizonte (vgl. Anlage 2) unterschieden werden:

#### Oberboden, z.T. aufgefüllt und Auffüllung

Aufgrund der organischen Anteile und der charakteristischen braunen bis dunkelbraunen Färbung können die oberen 0,1 m bis 0,3 m in allen Bohrungen als Oberboden eingestuft werden. Bodenmechanisch ist der Oberboden als Schluff mit wechselnden Sand-, Kies- und Tonanteilen zu beschreiben. Aufgrund der unterlagernden Auffüllungen ist der Oberboden in der Sondierung RKS 26 als aufgefüllt zu bewerten.

Lokal wurden in der Sondierung RKS 26 **bindige Auffüllungen** unterhalb des Oberbodens angetroffen. Die hellbraun bis braun gefärbten Auffüllungen sind bodenmechanisch als sandige Schluffe mit örtlichen Kies- und Tongehalten einzustufen. Zum Zeitpunkt der Außenarbeiten zeigten die bindigen Auffüllungen steifplastische Konsistenzen und reichen bis in Tiefen von 1,1 m unter GOK. Innerhalb der Auffüllungen wurden anthropogene Fremdbestandteile in Form von Keramik und Kohle angetroffen.

#### Löss- und Verwitterungslehm sowie Basaltgerölle

Unterhalb des Oberbodens bzw. der Auffüllungen wurden in allen Bohrungen hellbraune bis dunkelbraunviolette und graue Lösslehme sowie Verwitterungslehme der unterlagernden Basalte erbohrt. Des Weiteren wurden in den Sedimenten lokal Tufflagen und rollige Basaltgerölle erbohrt. Die Sedimente wurden bis in Tiefen zwischen 0,8 m und 5,0 m unter jeweiliger GOK erbohrt.

Die **bindigen Lehme** können bodenmechanisch als Schluffe und Tone mit wechselnden Anteilen an Sand und Kies eingestuft werden. Während der Außenarbeiten wiesen die Lehme weichplastische bis halbfeste Zustandsformen auf.

Bodenmechanisch sind die **rolligen Böden** als sandige Kiese mit lokalen Schluffanteilen zu bewerten. Anhand des Sondierfortschritts sind die rolligen Lagen als mitteldicht bis dicht einzustufen.

#### Tuff und Basalt, zersetzt

In den Sondierungen RKS 5, 18 bis 21, 23 und 27 wurde innerhalb und unterhalb der Sedimente ein braunvioletter bis graubrauner Tuff- und Basaltzersatz erbohrt. Der Zersatz wurde ab Tiefen zwischen 0,8 m und 2,8 m unter jeweiliger GOK angetroffen. Der Zersatz ist bindig und rollig ausgebildet.

Bodenmechanisch ist der **bindige Zersatz** als grusiger Schluff mit wechselnden Sand-, Ton- und Kiesanteilen einzustufen. Zum Zeitpunkt der Außenarbeiten wies der bindige Zersatz eine steifplastische Konsistenz auf.

Der **rollige, sehr mürbe bis entfestigte Zersatz** wurde zu überwiegend grusigem, Kies sowie Sand mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff und Ton zerbohrt. Erfahrungsgemäß kann die Lagerungsdichte, nach dem Sondierfortschritt als mindestens mitteldicht bis sehr dicht gelagert eingestuft werden.



Die bindigen Böden lassen sich aufgrund ihrer plastischen Eigenschaften in die Bodengruppe der leicht- bis mittelplastischen Tone und Schluffe sowie schluffigen und tonigen Sande einordnen. Besonders die leichtplastischen Tone und Schluffe (TL/UL) und schluffigen und tonigen Sande (ST\* - SU\*) gelten als sehr wasserempfindlich. Außerdem verfügt das Material über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten des Lehms führen insbesondere bei dynamischen Beanspruchungen dazu, dass das Material durch Gefügezerstörung aus einem steifplastischen Zustand, quasi ohne signifikante Wassergehaltsänderung, in den weichplastischen oder sogar breiigen Zustand (= Bodenklasse 2) wechseln kann.

Innerhalb der erbohrten Bodenschichten muss erfahrungsgemäß mit dem Vorhandensein größerer Gerölle an unverwittertem Basalt sowie kompakteren Basaltlagen / Felsrücken gerechnet werden, die im Rahmen der punktuellen Sondierungsarbeiten nicht erfasst werden können. Es ist daher in den Bodenschichten bereits ab der GOK mit größeren Gesteinsbruchstücken zu rechnen, welche je nach Dimension in die Bodenklasse 6 oder 7 eingestuft werden müssen. Generell ist unterhalb der Bohrendtiefe mit Fels der Bodenklasse 6 und 7 zu rechnen. Wir verweisen auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300.

Die punktuelle Untersuchung des Geländes mittels Rammkernsondierungen ergibt insgesamt ein repräsentatives Bild von der Untergrundsituation. Es ist davon auszugehen, dass sich in Bezug auf die Schichtenbeschreibung und die angegebenen Schichtgrenzen Abweichungen zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten ergeben. Gemäß DIN 4020 sind Aufschlüsse in Boden und Fels als Stichprobe zu bewerten. Sie lassen für zwischen liegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu.

Bezüglich des genauen Verlaufs der Schichtgrenzen, der Verbreitung und der Zusammensetzung der Bodentypen wird auf die BohrprofilDarstellungen in der Anlage 2 verwiesen.

## 4.2 Einstufungen der Bodenarten und charakteristische Bodenkennwerte

**Tabelle 1**      **Einstufung der Bodenarten nach ZTV E-StB, ZTV A StB, DIN 18196, DIN 18300, DIN 18301**

Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogen- bereich (1)	Frost- klasse ZTV E-StB	Boden- gruppe DIN 18196	Boden- klassen DIN 18 300	Bohrarbeiten DIN 18301	Verdichtbar- keitsklassen ZTV A-StB
<b>Oberboden, z.T. aufgefüllt</b>	-	O	-	-	-	-	-
<b>Auffüllungen</b>							
Schluff, sandig, kiesig, tonig	steif	A	F3	A [UL/TL /UM/TM]	4 <sup>(2) (3)</sup>	BB 2 – 3 BS 1 – 4	V 3
<b>Löss- und Verwitterungs- lehm sowie Basaltgerölle</b>							
Schluff / Ton, sandig, kiesig	weich bis halbfest	B1	F3	SU/SU* /UL/TL /UM/TM	4 <sup>(2) (3)</sup>	BB 2 – 3 BS 1 – 4	V 3
Kies, sandig, z.T. schluffig	mitteldicht bis dicht	B2	F1 – F3	GW/ GU/GU*	3, 5 <sup>(3)</sup>	BN 1 – 2 BS 1 – 4	V 1 – V 2
<b>Basalt und Tuff</b>							
<u>Zersatz:</u> bindig, grusig	steif	Z1	F3	TL/UL/ TM/UM/ TA/UA	4 <sup>(2) (3)</sup>	BB 2 BS 1 – 4	V 3
<u>Zersatz:</u> rollig	mitteldicht bis sehr dicht	Z2	F1 – F3	GW/SW/ GU/GU*/ SU/SU*/X	3, 5 <sup>(3)</sup>	BN 1 – 2 BS 1 – 4	V 1 – V 2
<u>verwittert</u> <sup>(4)</sup>	dicht bis kompakt	Z3	-	-	6 – 7	FV 1 – 6 FD 1 – 3	-

<sup>(1)</sup> Boden und Fels, der vor dem Lösen für einsetzbare Erdbaugeräte erfahrungsgemäß vergleichbare Eigenschaften und umweltrelevante Inhaltsstoffe aufweist. Zur genaueren Charakterisierung und Ermittlung von Eigenschaften und Kennwerten der Homogenbereiche sind gem. VOB 2012 (Erg. 2015) weitere bodenmechanische Untersuchungen (u.a. Siebungen, Wiegungen, Dichtebestimmungen, Bestimmung der Lagerungsdichte und Zustandsgrenzen, Scherversuche, Druckfestigkeitsbestimmungen) notwendig. Die Durchführung der dafür notwendigen Kernbohrungen und Baggerschürfe sowie die erforderlichen boden- und felsmechanischen Versuche sind mit der Geonorm GmbH abzustimmen.

<sup>(2)</sup> In breiiger Zustandsform sind die bindigen Böden in die Bodenklasse 2 einzuordnen.

<sup>(3)</sup> In den Böden können erfahrungsgemäß auch größere Gesteinsbruchstücke enthalten sein, welche je nach Anzahl und Dimension in die Bodenklasse 6 oder 7 einzustufen sind. Wir verweisen auf die diesbezüglichen Angaben in der DIN 18300.

<sup>(4)</sup> Gering verwitterter Fels wurde nicht erbohrt, Kennwerte beruhen auf Erfahrungswerten.

**Tabelle 2 Charakteristische Bodenkennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte**

Bodenmaterial	Lagerung bzw. Zustand	Homogen- bereich <sup>(1)</sup>	Wichte $\gamma_k/\gamma_k'$ <sup>(2)</sup> [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion $c_k'$ <sup>(3)</sup> [kN/m <sup>2</sup> ]	undrännierte Scher- festigkeit $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel $\phi_k'$ <sup>(4)</sup> [Grad]	Steife- modul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Oberboden, z.T. aufgefüllt</b>	-	O	-	-	-	-	-
<b>Auffüllungen</b>							
Schluff, sandig, kiesig, tonig	steif	A	20/10	4 – 8	50 – 80	20 – 27,5	-
<b>Löss- und Verwitterungs- lehm sowie Basaltgerölle</b>							
Schluff / Ton, sandig, kiesig	weich	B1	19/9	3 – 5	25 – 50	25	4 – 7
	steif		19,5-20/ 9,5-10	5 – 8	50 – 80	27,5	7 – 10
	halbfest		20/10	8 – 12	80 – 150	27,5	10 – 12
Kies, sandig, z.T. schluffig	mitteldicht	B2	20/10	0 – 2	0	32,5	30 – 50
	dicht		20/10			35	50 – 80
<b>Basalt und Tuff<sup>(5)</sup></b>							
<u>Zersatz:</u> bindig, grusig	steif bis halbfest	Z1	18-20/ 8-10	5 – 30	50 – 250	20 – 27,5	10 – 50
<u>Zersatz:</u> rollig	mitteldicht bis sehr dicht	Z2	19-21/ 9-12	0 – 10	0 – 200	32,5 – 37,5	30 – 150
<u>verwittert<sup>(6)</sup></u>	dicht bis kompakt	Z3	22/12	10 – 100	100 – 800	32,5 – >40	100 – 600

<sup>(1)</sup> (siehe Fußnote Tabelle 1)

<sup>(2)</sup>  $\gamma_k/\gamma_k'$  = charakteristischer Wert für Wichte (erdfeucht) / Wichte unter Auftrieb

<sup>(3)</sup>  $c_k'$  = charakteristischer Wert für die Kohäsion des konsolidierten bindigen Bodens

<sup>(4)</sup>  $\phi_k$  = charakteristischer Wert für den inneren Reibungswinkel des nicht bindigen und des konsolidierten bindigen Bodens

<sup>(5)</sup> Die Scherfestigkeit des verwitterten Festgesteins (Gebirgsfestigkeit) ist abhängig vom Trennflächengefüge (Durchtrennungsgrad, Einfallen, Ausbildung, Klüftung u.a.m.), weshalb hier große Spannen angegeben werden müssen. Die niedrigsten Werte gelten für die Scherfestigkeit auf den Klüftflächen. Für Standsicherheitsberechnungen sind die Werte an der Untergrenze anzusetzen. Wenig verwitterter Fels wurde nicht erbohrt, sodass die angegebenen Werte auf Erfahrungswerten beruhen.

<sup>(6)</sup> Dieser Verwitterungsgrad wurde nicht erbohrt, sodass die Angaben auf Erfahrungswerten beruhen.

## 5 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

### 5.1 Allgemeines, Grundwasserstände und Schutzgebiete

Während der Außenarbeiten im Februar, April, Mai und Juni 2024 konnte in 4 von 16 Sondierungen Grundwasser eingemessen werden. Es werden hier ausschließlich die Wasserstände der RKS für die Erschließungsstraße und den Kanal angegeben. Der nachfolgenden Tabelle 3 können die dokumentierten Wasserstände entnommen werden.

**Tabelle 3 Grundwasserstände**

Aufschlusspunkt	Tag der Messung	Grundwasser am Ende der Bohrarbeiten [m unter GOK]	Grundwasser am Ende der Bohrarbeiten [m NHN]
RKS 14	25.02.2024	0,58	266,03
	09.04.2024	gefallen auf 1,08	gefallen auf 265,53
RKS 17	23.05.2024	3,36 gestiegen auf 0,32	275,55 gestiegen auf 278,59
RKS 22	03.06.2024	3,91	274,89
RKS 26	03.06.2024	1,60 gestiegen auf 0,83	261,13 gestiegen auf 261,90

Bei dem angetroffenen Grundwasser handelt es sich erfahrungsgemäß um Stau- und Schichtwasser, welches sich diffus in den stärker sandigen Lagen bewegt und sich auf undurchlässigeren, stärker bindigen Schichten bzw. auf der stärker gebundenen Felsoberkante aufgestaut hat.

Die Stau- und Schichtwasserbildung wird erfahrungsgemäß insbesondere durch Niederschläge stark beeinflusst. Es ist daher in Abhängigkeit von den Niederschlagsverhältnissen und besonders im Winterhalbjahr mit einem Auftreten von Stau- und Schichtwasser zu rechnen. Für weitere Informationen zum Grundwasser wird hier nochmals auf den geotechnischen Bericht [4] verwiesen.

Der nächste Vorfluter ist ein unbekannter Graben im Nordosten des Areals, welcher nach Nordosten zur Lumda entwässert sowie ein unbekannter Graben im Westen des Areals, gegenüber der L3127, welcher nach Nordwesten ebenfalls zur Lumda entwässert.

Das Untersuchungsareal liegt nach dem Bearbeitungsstand des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) in der amtlich ausgewiesenen Trinkwasserschutzzone III mit dem Namen WSG Brunnen I und II Geilshausen (WSG-ID: 531-065).

## 5.2 Bemessungswasserstand

Die Festlegung eines Bemessungswasserstandes ist aufgrund der angetroffenen Grundwasserverhältnisse und der Hanglage nicht sinnvoll.

## 5.3 Durchlässigkeiten und Versickerungsvermögen

Für die bindigen Böden können erfahrungsgemäß Durchlässigkeiten von  $10^{-6}$  m/s bis  $10^{-11}$  m/s angenommen werden. Sie sind gemäß DIN 18130-1 als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig zu bewerten.

Die Kiese und der rollige Felszersatz weisen in Abhängigkeit der Feinkornanteile Durchlässigkeiten von  $k_f = 10^{-5}$  m/s bis  $\leq 10^{-8}$  m/s auf, womit sie gemäß DIN 18130-1 als durchlässig bis schwach durchlässig zu bewerten sind. Bei Feinkorngehalten von  $> 15\%$  (je nach Schluff- und Tonanteil) entsprechen die Durchlässigkeiten denen von bindigen Böden (siehe oben).

Die Durchlässigkeit der Festgesteine ist von mehreren Faktoren abhängig. Die tatsächliche Durchlässigkeit (Gebirgsdurchlässigkeit) ist entscheidend von der Anzahl und Ausprägung der Trennflächen (Klüftung, Schichtung) abhängig. Je nach Kluftweite und Kluftabstand kann für kompaktes Festgestein eine Spanne für die Durchlässigkeit von  $10^{-3}$  m/s bis  $10^{-13}$  m/s angegeben werden. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Durchlässigkeiten in Festgestein hochgradig anisotrop (richtungsabhängig) sind.

Nach der aktuellen Ausgabe des **Arbeitsblatts DWA-A 138** vom April 2005 wird eine entwässerungstechnische Versickerung in Lockergesteinen bei Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k_f = 1 \times 10^{-3}$  m/s bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s als sinnvoll angesehen. Bei  $k_f$ -Werten  $< 1 \times 10^{-6}$  m/s besagt o.g. Regelwerk, dass eine Entwässerung ausschließlich durch Versickerung mit zeitweiliger Speicherung nicht gewährleistet ist, so dass eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit vorgesehen werden muss (z.B. Drosselabfluss oder Überlauf an örtliches Kanalnetz).

Eine Versickerung in den gering durchlässigen Lehmen ist nicht zu empfehlen. Eine Versickerung ist im kiesigen und sandigen Zersatz prinzipiell möglich, jedoch aufgrund des nicht sicheren hydraulischen Anschlusses (zum Vorfluter), der Tiefenlage, den hohen Feinkorngehalten sowie den als Grundwasserstauer wirkenden gebundenen Felsschichten nicht ohne

weiteres zu empfehlen. Für eine abschließende Bewertung sind die mögliche Lage einer Versickerungsanlage und Versickerungsversuche im Baggerschurf einzubeziehen.

Unabhängig von unseren Empfehlungen, sind unbedingt die zuständigen Fachbehörden bezüglich der zulässigen Rahmenbedingungen bei der Versickerung von Niederschlagswasser zu befragen bzw. die Planung im Vorfeld des eigentlichen Genehmigungsverfahrens mit diesen abzustimmen.

#### 5.4 Betonaggressivität

Im Zuge der Außenarbeiten wurden 2 Grundwasserproben (GW aus GWP 14 im Nordosten und GW aus RKS 17 im Westen des Areals) entnommen und auf Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht. Die Laborarbeiten wurden von dem DAR akkreditierten Labor Dr. Granner & Partner durchgeführt. Anhand der Analyseergebnisse, welche der Anlage 3 zu entnehmen sind, ist das angetroffene Grundwasser als schwach (GW aus GWP 14) bis mäßig (GW aus RKS 17) betonangreifend und somit in die Expositionsklassen XA1 und XA 2 einzustufen.

#### 5.5 Stahlaggressivität

Des Weiteren wurden die Grundwasserproben (GW aus GWP 14 im Nordosten und GW aus RKS 17 im Westen des Areals) auf ihre Stahlaggressivität nach DIN 50929 untersucht. Nach den Untersuchungsergebnissen (siehe Anlage 3) können gem. DIN 50929, Teil 3, folgende Korrosionswahrscheinlichkeiten eintreten:

**Tabelle 4**      **Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stahlwerkstoffen für die Probe GW aus GWP 14**

	Rechenergebnisse	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
freie Korrosion im Unterwasserbereich	$W_0 = -6$	mittel	gering
Korrosion an der Wasser / Luft-Grenze	$W_1 = -8$	mittel	gering

**Tabelle 5      Korrosionswahrscheinlichkeit von feuerverzinkten Stählen für die Probe GW aus GWP 14**

	Rechenergebnisse	Mulden- und Lochkorrosion
Güte der Deckschicht im Unterwasserbereich	$W_D = -7$	befriedigend
Güte der Deckschicht an der Wasser / Luft-Grenze	$W_L = -13$	nicht ausreichend

**Tabelle 6      Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stahlwerkstoffen für die Probe GW aus RKS 17**

	Rechenergebnisse	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
freie Korrosion im Unterwasserbereich	$W_0 = -5$	mittel	gering
Korrosion an der Wasser / Luft-Grenze	$W_1 = -7$	mittel	gering

**Tabelle 7      Korrosionswahrscheinlichkeit von feuerverzinkten Stählen für die Probe GW aus RKS 17**

	Rechenergebnisse	Mulden- und Lochkorrosion
Güte der Deckschicht im Unterwasserbereich	$W_D = -5$	befriedigend
Güte der Deckschicht an der Wasser / Luft-Grenze	$W_L = -11$	nicht ausreichend

## 6 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG KANAL

Gemäß der aktuellen Ausgabe der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 sind für das Untersuchungsgebiet keine Erdbebenzone und keine geologische Untergrundklasse ausgewiesen.

Wie in Kapitel 3 erwähnt, ist die Verlegetiefe mit 1,3 m und 3,1 m unter OK Straße angegeben.

Nach den Sondiererergebnissen wird der Baugrund überwiegend von natürlichen, bindigen Lehmen sowie den Festgesteinen aufgebaut. Des Weiteren ist lokal mit Auffüllungen zu



rechnen. Die bindigen Lehme und der bindige Zersatz liegen in überwiegend steifplastischer bis halbfester und nur untergeordnet in weich- bis steifplastischer Konsistenz vor. Der rollige Zersatz wurde in mind. mitteldichter Lagerung angetroffen.

Es muss mit zersetztem bis kompaktem Fels der Bodenklasse 6 bis 7 gerechnet werden. Für die Ausschreibungen sollte daher in jeden Fall eine Position für leicht bis schwer lösbaren Fels eingeplant werden (z.B. Einsatz eines hydraulischen Meisels, Reißzahn oder Felsfräse). Mit Mehrmassen aufgrund von ausgebrochenen Graben- und Grubenwänden muss gerechnet werden.

Aufgrund der in Teilbereichen bereits vorhandenen Versorgungsleitungen (z.B. Kanal, Telekom- und Stromleitung von Sendemast), ist in den Trassen auch mit Grabenrückverfüllungen zu rechnen, zu deren Zusammensetzung und Tiefenlage derzeit keine Angaben gemacht werden können. Des Weiteren ist in der geplanten Verlegetiefe tlw. und lokal mit Schichtwasserzutritten zu rechnen.

## **6.1 Gründung des Kanals**

Der rollige Zersatz ist, in Abhängigkeit der Feinkornanteile und Lagerungsdichte, als ausreichend bis gut tragfähig und die bindigen, mindestens steifplastischen Böden als ausreichend tragfähig zu bewerten.

Vorhandene aufgeweichte bindige Böden in der Grabensohle sind als nicht ausreichend tragfähig zu bewerten und müssen vollständig entfernt werden bzw. sind bis mind. 0,5 m unter geplante Leitungssohle auszukoffern und gegen ein gut verdichtbares Mineralgemisch (z.B. 0/32 bis 0/45) auszutauschen. Des Weiteren wird empfohlen, ein Geotextil einzulegen, um ein Vermischen des Schotters mit den aufgeweichten Bodenschichten zu vermeiden. Das Geotextil ist so einzubringen, dass es auch an den Grabenwänden ein seitliches Ausweichen des Schotters im Bereich der aufgeweichten Bodenschichten verhindert wird.

Aufgrund der hohen Wasserempfindlichkeit der vorhandenen bindigen Böden sollte die freigelegte Sohle unmittelbar nach Aushub durch eine Sauberkeitsschicht gegen Aufweichen durch Witterungseinflüsse geschützt werden. Der Aushub sollte generell in kurzen Abschnitten und im Bereich der vorhandenen bindigen Bodenmaterialien mittels Glattlöffel erfolgen, um das Bodengefüge nicht zu zerstören.

Vorhandene Auffüllungen in der Gründungssohle (z.B. im Bereich von Leitungen) sind aufgrund unklarer Zusammensetzung und Verdichtung, vollständig aus der Grabensohle zu entfernen.

## **6.2 Leitungszone / Rohraufleger**

Die Gestaltung und Ausführung des Rohrauflegers muss einen dauerhaften Schutz der Rohrleitung gewährleisten. Die unmittelbare Auflagerung des Rohres auf Fels sowie auf groben Steinen (in Anlehnung an DIN EN 1610:  $\leq$  DN 200 bis 22 mm Korngröße,  $>$  DN 200 bis  $\text{DN} \leq 600$  bis 40 mm Korngröße,  $\text{DN} > 600$  bis 60 mm Korngröße) ist unzulässig, sofern es nicht durch besondere Maßnahmen (Fels- oder Steinschutzmatten, Faserzementummantelung) geschützt wird. Werden im Bereich der Rohraufleger größere Bestandteile (als zuvor angeführt) angetroffen, so sind diese auszukoffern oder auf das gewünschte Maß zu zerkleinern.

Gemäß DIN EN 1610 darf die Einbettung des Kanals bis mind. 0,15 m über dem Scheitel bzw. bei hydraulisch gebundenen Baustoffen gemäß den Planungsanforderungen (Leitungszone) nur mit geeigneten, die Rohrleitung nicht schädigenden Erdstoffen erfolgen.

Es ist ein nicht bindiges bis schwach bindiges Material mit einem Größtkorn von 22 mm (bei  $\leq$  DN 200 bis 22 mm Korngröße,  $>$  DN 200 bis  $\text{DN} \leq 600$  bis 40 mm Korngröße,  $\text{DN} > 600$  bis 60 mm) zu verwenden, welches lagenweise einzubauen und mit leichten Verdichtungsgeräten zu verdichten ist.

Generell sind insbesondere die an das Rohr gestellten Anforderungen, die Angaben in den entsprechenden Regelwerken bzw. die Angaben im Leistungsverzeichnis zu berücksichtigen. Im Hinblick auf die mechanische Widerstandsfähigkeit des Rohres sind auch die Hinweise des Rohrerstellers, insbesondere die Maßnahmen für die Auflagerung des Rohres auf Fels oder groben Steinen, zu beachten (Rohrstatik).

## **6.3 Leitungsgraben / Wasserhaltung**

### **6.3.1 Leitungsgraben**

In Abhängigkeit von der Geländeneigung können Leitungsgräben mit einer Tiefe bis zu 1,25 m nach DIN 4124 senkrecht geschachtet werden. Es ist ein mindestens 0,6 m breiter möglichst waagerechter Schutzstreifen anzuordnen. Mit nachbrechenden Grubenwänden und damit verbundenen Mehrmassen muss gerechnet werden.

Bei größeren Einbindetiefen kann im Bauzustand (Lastfall 2 bzw. BS-T) oberhalb des Grundwassers und weiteren in DIN 4124 definierten Randbedingungen, unter folgenden maximal zulässigen Winkeln geböscht werden:

Auffüllung, generell	$\beta \leq 45^\circ$
bindiger Boden, weichplastisch	$\beta \leq 45^\circ$
bindiger Boden, mind. steifplastisch	$\beta \leq 60^\circ$
Kies	$\beta \leq 45^\circ$
Felsersatz	$\beta \leq 45^\circ$ bis $70^\circ$ (je nach Ausprägung)

Die Standsicherheit von Böschungen ist nach DIN EN 1997-1, DIN 1054 bzw. DIN 4084 nachzuweisen, wenn die Standsicherheit von Gebäuden, Leitungen, anderen baulichen Anlagen oder Verkehrsflächen gefährdet werden kann sowie Baugruben und/oder Böschungen von  $\geq 5$  m Höhe erstellt werden. Daraus ergeben sich erfahrungsgemäß flachere Böschungswinkel oder erforderliche Sicherungsmaßnahmen. Diese und weitere in der DIN 4124 definierte Randbedingungen sind unbedingt zu beachten.

Bei eingeschränkten Platzverhältnissen oder sofern angrenzende bestehende Leitungen und Bauwerke ein freies Böschen verhindern, wird grundsätzlich empfohlen die Leitungsgräben und Baugruben durch mobile Verbauelemente zu sichern. Bei querenden Leitungen wird ggf. der Einbau eines Kammerdielenverbaus erforderlich. Des Weiteren ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass zumindest bei größeren Verlegetiefen sowie bei Schachtbauwerken ein Verbau zur Minimierung der Erdarbeiten die wirtschaftlichere Variante ist.

Die Verbauelemente sind erschütterungsfrei (z.B. Eindrücken mit Bagger) - dem eigentlichen Aushub gleichlaufend - den statischen Erfordernissen gemäß in den Untergrund einzubringen. Es ist auf einen kraftschlüssigen Anschluss der Verbauelemente an die umgebenden Bodenschichten zu achten. Es gelten grundsätzlich die Angaben der DIN 4124.

Beim Rückbau der Baugrubensicherung ist zu berücksichtigen, dass die Verbindung zwischen Füllboden und Grabenwand unabhängig von der Verbauart sichergestellt ist. Die Verbauelemente sind abschnittsweise so zu entfernen, dass der Füllboden in dem freigelegten Teil der Baugrube unverzüglich lagenweise eingebracht und verdichtet werden kann. Das Ziehen von Dielen und Verbauplatten nach dem Verfüllen ist unzulässig.

### 6.3.2 Wasserhaltung

Nach den Ergebnissen der Außenarbeiten werden bei vergleichbaren Wasserständen wie zum Zeitpunkt der Außenarbeiten zumindest in Teilbereichen wasserhaltende Maßnahmen während der Bauphase erforderlich.

Generell kann bei Aushubtiefen, die eine Grundwasserabsenkung von ca. 0,5 m (in Abhängigkeit der Durchlässigkeiten und Bodenzusammensetzung) erfordern, das anfallende Grundwasser während der Bauzeit erfahrungsgemäß noch mittels offener Wasserhaltung abgesenkt werden. Das anfallende Wasser ist über Drainagegräben oder eine Flächendrainage mit Dränagerohren, Pumpensümpfe (Schachtbrunnen) und leistungsstarken Schmutzwasserpumpen filterstabil zu fassen und kontrolliert abzuleiten. Die Abstände der Drainagestränge und die Anzahl der Pumpensümpfe sind den tatsächlichen Wasserständen, Aushubtiefen und Baugrubenmaßen entsprechend, während der Bauarbeiten zu wählen. Bei zum Fließen neigenden Böden (z.B. Sande oder breiige Lehme) ist auch bei geringeren Absenkbeträgen erfahrungsgemäß bereits eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich.

Bei höheren Absenkbeträgen von > 0,5 m bis 1,0 m wird eine geschlossene Wasserhaltung mit Brunnen oder Lanzen erforderlich. Die Dimensionierung der Wasserhaltung ist durch eine Fachfirma zu berechnen. Hinsichtlich der Einleitung bedarf es für die Grundwasserabsenkung üblicherweise eine Genehmigung durch die Fachbehörde. Es wird daher empfohlen, vor Beginn der Baumaßnahme, mittels Baggerschürfen den tatsächlichen Grundwasserzufluss zu prüfen.

In Abhängigkeit der Witterung sowie Jahreszeit können zeitweise höhere Grundwasserstände, wie zum Zeitpunkt der Außenarbeiten, nicht ausgeschlossen werden. Speziell während anhaltender Niederschläge können verstärkt Grund-, Sicker- und Oberflächenwasserzutritte erfolgen (siehe Kap. 5.1). Besonders bei Hochwasserereignissen ist ein Baustop einzuplanen (z.B. im Bereich der Lumda).

Aufgrund der Wasserempfindlichkeit der bindigen und gemischtkörnigen Bodenmaterialien ist im Hinblick auf die Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums ein Zulaufen von Oberflächenwasser bauseits zu verhindern. Es ist daher besonders auf eine sorgfältige Tagwasserhaltung zu achten, um die Zustandsform des Bodens nicht zu verschlechtern.

### 6.4 Rückverfüllung / Wiedereinbau

In der Verfüllzone zwischen Leitungszone und Rohplanum (ca. 0,5 - 0,6 m unter späterer Oberkante der Verkehrsflächen) sollten im Bereich von Verkehrsflächen in der Regel grob-

körnige Erdstoffe (z.B. bindigkeitsarme Steinerde) mit einem Anteil der Korngröße < 0,06 mm von weniger als 15 % verwendet werden.

Generell sind bei der Rückverfüllung größere Gesteinsbestandteile auszusortieren oder auf ein verdichtbares Maß zu zerkleinern. Das Größtkorn darf nicht größer als  $\frac{2}{3}$  der Schüttlagenhöhe (30 cm) sein. Grundsätzlich sind für eine Rückverfüllung nicht geeignete Komponenten (z. B. Wurzeln etc.) auszusortieren. Zum Wiedereinbau vorgesehener Erdaushub ist vor Witterungseinflüssen (Niederschlägen) zu schützen (z. B. Abdeckung mittels Folie).

Die Wiedereinbaufähigkeit der beim Aushub anfallenden Auffüllungs- und Bodenmaterialien ist unterschiedlich zu beurteilen (siehe umseitig):

#### rollige Auffüllungs- und Bodenmaterialien (Sand, Kies)

Feinkornarme bzw. –freie Auffüllungs- und Bodenmaterialien sind bei geeigneten Wassergehalten für eine Rückverfüllung des Kanalgrabens geeignet (vorhandener Schotter und feinkornarmer Kies). Bei zu hohen Wassergehalten sind die Materialien vor dem Einbau gravitativ zu entwässern. Bei einem Feinkornanteil von > 15% gelten die Einbauempfehlungen für bindige Bodenmaterialien (z.B. feinkornreicher Kies).

Das Schottermaterial (z.B. aus Wirtschaftswegen) ist nach einem Ausbau und einer Umlagerung erfahrungsgemäß nicht mehr frostsicher, so dass es nicht mehr als Frostschutzmaterial verwendet werden kann. Das vorhandene grobkörnige Schottermaterial ist jedoch sehr gut für die Grabenverfüllung und den Einbau als Unterbauverstärkung geeignet.

#### bindige Auffüllungs- und Bodenmaterialien (Schluff, Ton)

Auffüllungs- und natürliche Bodenmaterialien, auch in steifplastischer Konsistenz, sind aufgrund ihres Wassergehalts und ihrer Wasserempfindlichkeit für die Rückverfüllung ohne zusätzliche Maßnahmen nicht geeignet. Eine Rückverfüllung der bindigen Materialien ist nur in Verbindung mit einer zusätzlichen Bodenverbesserung durch das Einarbeiten von hydraulischem Bindemittel (Weißfeinkalk oder Mischbinder aus Kalk und Zement), z.B. mit einem geeigneten Mischlöffel oder einer Bodenfräse, möglich. Für eine Bodenverbesserung wird auf die Ausführungsempfehlungen in Kap. 7.3 verwiesen.

Die Rückverfüllung hat lagenweise (max. 0,3 m vor der Verdichtung) mit o.g. geeignetem Material zu erfolgen.

Alternativ ist geeignetes, gut verdichtbares Fremdmaterial zu verwenden.

Es sind die geltenden behördlichen, abfall- und umwelttechnischen Vorschriften einzuhalten.

Die Ergebnisse und Bewertung der abfalltechnischen Untersuchungen sind dem abfalltechnischen Kurzbericht (Proj.-Nr.: 2024 15204a3) zu entnehmen.

## 7 BAUGRUNDBEURTEILUNG UND GRÜNDUNGSEMPFEHLUNGEN - STRASSENBAU

Generell wird empfohlen, den Aufbau von Verkehrsflächen gemäß den Empfehlungen der RStO 12<sup>2</sup> auszuführen.

Wie in Kapitel 3 erwähnt, ist für die Straßen die Belastungsklasse Bk 10 angesetzt.

### 7.1 Unterbau, Planum

Für Verkehrsflächen ist für den weiteren Aufbau auf dem Erdplanum eine Mindesttragfähigkeit erforderlich. Gemäß ZTVE-StB und RStO 12 ist auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  bei einem Verhältniswert von  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$  nachzuweisen (Mindestanforderungen an das Erd- bzw. Auffüllungsplanum). Es ist eine ausreichende Flächen- bzw. Planumsentwässerung zu berücksichtigen (siehe Kap. 6.3.2).

In den Bereichen außerhalb rückverfüllter Gräben muss nach den Ergebnissen der Außenarbeiten mit bindigen, nicht ausreichend tragfähigen Bodenmaterialien sowie ggf. Auffüllungen (z.B. aus vorhandenem Wege- und Leitungsbau) gerechnet werden. Des Weiteren sind Geländeanschüttungen erforderlich.

Es ist davon auszugehen, dass das Erd- bzw. Auffüllungsplanum die Anforderungen an die Tragfähigkeit nach ZTVE-StB bzw. RStO 12 (Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  mit  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ ) zumindest in Bereichen mit bindigen und aufgefüllten Bodenmaterialien nicht erfüllt.

Im Bereich von bindigen Lehmen, feinkornreichen Auffüllungen und dem bindigen Zersatz, werden die zuvor genannten Mindestanforderungen erfahrungsgemäß nicht erreicht, so dass eine Unterbauverstärkung aus gut tragfähigem Mineralgemisch (z.B. 0/32 bis 0/80) oder einer Bindemittelverbesserung z.B. durch das Einmischen von Kalk-Zement (z.B. Mischbinder

---

<sup>2</sup> Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen

50/50) notwendig wird. Es wird eine Einbaustärke von  $\geq 0,4$  m empfohlen. Je nach Jahreszeit und Witterung sowie durch Schichtwassereinfluss aufgeweichten Schichten, können im ungünstigen Fall erfahrungsgemäß Schichtstärken von ca. 0,5 m bis 0,8 m erforderlich werden. Um die exakte Schichtstärke der Unterbauverstärkung zu ermitteln sollten unbedingt einige Probefelder angelegt werden. Für die Herstellung der Unterbauverstärkung wird auf die Ausführungsempfehlungen in Kap. 7.3 verwiesen.

Bei rolligen Auffüllungen und den natürlichen rolligen Zersatzmaterialien kann, in Abhängigkeit der Schichtstärken und Feinkornanteile, erfahrungsgemäß davon ausgegangen werden, dass die zuvor genannten Verdichtungsanforderungen, bei günstiger Witterung und Wassergehalten, nach einer Nachverdichtung des freigelegten Planums in feinkornarmen Materialien erreicht werden. Tiefer reichende Auffüllungen sind durch einen aus- und anschließenden kontrolliert verdichteten Wiedereinbau (z.B. mit Bindemittelzugabe) zu verbessern.

Für die Herstellung der Geländeanschüttung wird auf das Kapitel 7.2 und 7.3 verwiesen.

Der Aufbau der Unterbauverstärkung und sämtliche Einbaumaterialien sind lagenweise dynamisch zu verdichten. Es wird empfohlen, das freigelegte Erdplanum vom Gutachter abnehmen zu lassen. Das Verformungsmodul ist mittels Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

## **7.2 Geländeanschüttung**

Nach den Ergebnissen der Außenarbeiten ist in Teilbereichen, nach Abtrag des Oberbodens, mit Geländeanschüttungen zwischen rd. 0,1 m und 1,9 m bis zur UK Straßenoberbau zu rechnen.

### Hinweise

Anders als bei natürlich abgelagerten Böden ist bei Geländeauffüllungen stets ein Setzungspotential, vor allem in den ersten Jahren nach Erstellung zu beobachten. Diese ist umso größer, je schlechter die hergestellte Anschüttung verdichtet wurde. Bei gering verdichteten eingebauten bindigen Böden können durchaus Eigensetzungen von mehr als 10 % der Schütthöhe auftreten. Aber auch bei gut verdichteten Erdbauwerken kann eine Verformung von 0,5 %, das entspricht 5 mm je Meter Auffüllung, als realistisches Maß angenommen



werden. Die Eigensetzungen von Auffüllungen lassen sich durch den Einsatz von hochwertigen Erdstoffen (nicht bindige, gut abgestufte Böden, z.B. GW) oder durch die Verbesserung / Verfestigung der Auffüllungsmaterialien mit Bindemittel (Wasserentzug durch Abbinden und Verhinderung einer Kornumlagerung) reduzieren. Weiterhin werden Setzungen durch das Eigengewicht der Anschüttung in unterlagernden natürlichen Böden verursacht. Bei einer Anschüttung von bis zu 2 m sind hieraus Setzungen von bis zu rd. 2,0 cm zu erwarten. Es wird generell empfohlen, die Herstellung der Anschüttung mit einem Vorlauf von einigen Wochen auszuführen und die Setzungen der Anschüttung und des unterlagernden natürlichen Bodens mit einem Feinnivellement zu überwachen.

Für die Verfüllung wird auch unter umwelt- und abfalltechnischen Gesichtspunkten empfohlen, ortstypisches Material zu verwenden. Für die abfall- und umwelttechnische Unbedenklichkeit sollte bei Fremdmaterial, unbedingt im Vorfeld zur Freigabe des Liefermaterials, eine Bodenanalyse nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV) mit Bericht und Probenahmeprotokoll vorgelegt werden. Die Freigabe kann dann z.B. durch unser Büro erfolgen.

### **7.3 Herstellung der Geländeanschüttung**

Um eine ausreichende Tragfähigkeit zu erreichen, ist wie folgt zu verfahren:

#### Geländeanschüttung

- Oberböden sind, unter Berücksichtigung des Lastausbreitungswinkels von 45°, zu entfernen. Die natürlichen bindigen und gemischtkörnigen Böden können bei bekannter Schichtstärke auch durch eine in situ Verbesserung der untersten Polsterlage verbessert werden (siehe Ausführungsempfehlungen). Es ist jedoch davon auszugehen, dass bereichsweise für ein Einfräsen von Bindemittel zuvor größere Gerölle aussortiert werden müssen.
- Sollten aufgeweichte Böden oder Auffüllungen im Niveau des Erdplanums angetroffen werden, sind diese vollständig zu entfernen und gegen die nachfolgende beschriebene Anschüttung zu ersetzen.
- Es wird weiterhin empfohlen, das Erdplanum durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

#### Ausführungsempfehlungen

- Als Voraussetzung für ein ausreichend tragfähiges Erdplanum und einen erfolgreichen Einbau der Bodenmaterialien ist, aufgrund der Wasserempfindlichkeit der anstehenden

Bodenmaterialien, für das gesamte Gelände eine wirksame Grund- und Tagwasserhaltung einzuplanen.

- Um Auflockerungen zu vermeiden, muss der Aushub zumindest im Bereich von bindigen Böden mit einem Glattlöffel (Baggerlöffel mit Schneide) erfolgen.
- Zur besseren Bearbeitbarkeit wird, in Abhängigkeit der Witterung, empfohlen, die Aufstandsfläche der Anschüttung mittels Einfräßen von Bindemittel in einer Schichtstärke von 0,3 m zu verbessern.
- Ein Befahren des Erdplanums ist zu vermeiden und der Aushub hat rückschreitend und der Einbau vor Kopf zu erfolgen.
- Übergänge und Böschungen sind abgetreppt herzustellen.
- Das freigelegte Planum in bindigen Böden ist, um es vor Aufweichungen und einer dadurch verminderten Tragfähigkeit zu schützen, sofort nach dem Freilegen mit den Anschüttungsmaterialien wieder zu bedecken.
- Bei Verwendung grobkörniger Anschüttungsmaterialien wird als Trennlage zum Lehm ein Geotextil (GRK 3) empfohlen. Um Hohlräume auszuschließen, sollte das verwendete Mineralgemisch eine weitgestufte Sieblinie mit ausreichend Feinkorn aufweisen. Alternativ ist das grobe Material mit Hohlräumen allseitig mit einem Geotextil einzuschlagen.
- Die anstehenden gemischtkörnigen und bindigen Bodenmaterialien können unter Zugabe von Bindemittel lagenweise wieder eingebaut werden (siehe unten). Es ist davon auszugehen, dass für ein Einfräsen von Bindemittel Steine und Blöcke aussortiert werden müssen. Stark organische Böden sind ebenfalls auszusortieren.
- Generell und um Fehlmassen auszugleichen, können folgende Materialien für den Aufbau der Geländeanschüttung und des Gründungspolsters genutzt werden:
  - a) grobkörnige und gemischtkörnige Böden der Gruppen GW, GI, SW, GU
  - b) feinkörnige und gemischtkörnige Böden mit Kalk-Zement (z.B. Mischbinder 50/50) verbessert. Bei einer Bindemittelzugabe ist erfahrungsgemäß von 2 – 5 Gew. % in Abhängigkeit der bindigen Anteile und des Wassergehalts des Bodens auszugehen (entspricht ca. 35 – 87,5 kg/m<sup>3</sup>). Die erforderliche Zugabemenge ist im Vorfeld durch entsprechende bodenmechanische Versuche (u.a. Wassergehaltsbestimmung) festzulegen. Es ist darauf hinzuweisen, dass eine Bindemittelverbesserung nur über einer Temperatur von +5°C sicher ausführbar ist. Bei langanhaltender Trockenperiode kann ein zusätzliches Wässern für den Abbindevorgang erforderlich werden.

Für das Einmischen von Bindemittel sind geeignete Geräte wie z.B. eine Bodenfräse oder ein Schaufelseparator / Mischlöffel vorzusehen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass für ein Einfräsen / Einbau von Bindemittel vereinzelt Steine und Blöcke aussortiert werden müssen.

Die Bindemittelzugabe hat möglichst unmittelbar vor dem Einbau (Verdichtung) zu erfolgen. Als Reaktionszeiten des Bindemittels ist in Abhängigkeit der hydraulischen Anteile von 1 bis 3 Stunden zwischen Einarbeiten des Bindemittels und der Verdichtung auszugehen. Eine darüberhinausgehende Zwischenlagerung ist unbedingt zu vermeiden.

Es ist auf eine mögliche Staubenentwicklung beim Streuen und Einmischen des Bindemittels hinzuweisen. Breiiger Boden lässt sich erfahrungsgemäß nicht oder nur mit großem Aufwand (mehrfaches Mischen, große Zugabemengen an Bindemittel) verbessern und sollte daher abgefahren werden.

- c) Felsbruch (z.B. 0/150)
  - d) Recyclingbaustoffe (z.B. 0/32 - 0/80), solange sie bauphysikalisch geeignet und abfall- sowie umwelttechnisch den entsprechenden behördlichen Vorschriften (EBV) entsprechen.
- Um unterschiedliches Tragverhalten zu vermeiden, ist bei unterschiedlichen Schüttmaterialien eine auf die Fläche und die Höhe gesehene gleichmäßige Verteilung der Erdstoffe anzustreben. Es ist die Sandwichbauweise anzuwenden.
  - Nicht verdichtbare Bestandteile wie Holz, größere Bauschuttkomponenten etc. sowie größere Gerölle, die ein Maß von 0,2 m Durchmesser überschreiten, sind vor dem Einbau zu zerkleinern oder auszusortieren.
  - Das Anschüttungsmaterial ist lagenweise (max. 0,4 m vor der Verdichtung) aufzubauen und intensiv zu verdichten.
  - Die einzelnen Schüttlagen und die Oberfläche müssen eben sein und das für eine Entwässerung notwendige Gefälle besitzen.
  - Zur Verdichtung ist ein geeignetes Verdichtungsgerät einzusetzen.
  - Zur Verringerung des Verhältniswertes ( $E_{v2}/E_{v1}$  aus Lastplattendruckversuchen) und damit das Potential für Setzungen durch Eigenkonsolidation zu minimieren, ist besonders bei rolligen Einbaumaterialien ein mehrmaliges statisches Abwalzen der einzelnen Einbaulagen und ggf. ein vorheriges Wässern vorzunehmen.

- Generell wird empfohlen, die Verdichtungsleistung beim Einbau mittels eines Verdichtungsgeräts mit integrierter Verdichtungsanzeige flächenhaft zu kontrollieren und zu dokumentieren.
- Das Einbaumaterial ist so zu verdichten, dass auf **jeder 2ten Einbaulage und der OK Geländeanschüttung ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  mit einem Verhältnisswert  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$**  erreicht wird.

Die Tragfähigkeit ist mittels statischen Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

#### Wichtig!

Eine ausreichende Tragfähigkeit der flächenhaften Anschüttung mit Bodenverbesserung kann grundsätzlich nur bei fachgerechter Ausführung der Baumaßnahme erreicht werden. Um die fachgerechte Ausführung und die Anforderungen zu gewährleisten, sind unbedingt eine Fremdüberwachung der Erdarbeiten sowie eine Verdichtungskontrolle durch ein unabhängiges Fachbüro erforderlich (siehe Kapitel 8).

## 7.4 Oberbau

Unter der Voraussetzung, dass das Unterbauplanum eine ausreichende Tragfähigkeit ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  mit  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ ) aufweist, wird empfohlen, den Aufbau entsprechend der Belastungsklassenzuordnung nach RStO vorzunehmen.

Der vorgesehene Aufbau ist planungsseitig im Hinblick auf die Ergebnisse der Baugrunderkundung zu überprüfen. Für den Straßenbau ist die Belastungsklasse Bk 10 angegeben. Die RStO 12 gibt für die Dicke des frostsicheren Oberbaus für die Belastungsklasse Bk 10 folgende Richtwerte an (Tabelle 6 der RStO angenommen F 3):

Belastungsklasse 10 = 65 cm

Durch die Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse wie Frosteinwirkungszone, Lage der Gradienten, Lage der Verkehrsfläche, Wasserverhältnisse und Ausführung der Randbereiche (Tabelle 7 der RStO) ergeben sich Mehr- oder Minderdicken, die seitens des Planers auf der Grundlage örtlicher Kenntnisse festzulegen sind. Aus der untersuchten Bodensituation und der uns vorliegenden Informationen ergeben sich zusätzlich folgende Randbedingungen (siehe umseitig):

- Überwiegend die Frostempfindlichkeitsklasse F3
- Frosteinwirkungszone I  $\pm 0,00$  m
- ungünstige Wasserverhältnisse  $\pm 0,05$  m (Schichtwasser)

Der vorgesehene Aufbau ist planungsseitig im Hinblick auf die Ergebnisse der Baugrunderkundung zu überprüfen.

Die Anforderungen an Verdichtungsgrad und Verformungsmodul des Oberbaus und des Untergrundes bzw. Unterbaus sind in den genannten einschlägigen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien enthalten und richten sich ebenfalls nach den Belastungsklassen. Außerdem sind die Bauweise (Frostschuttschicht, Kies- oder Schottertragschicht, hydraulisch gebundene Tragschicht oder Bodenverfestigung) sowie insbesondere die Art der geplanten Fahrbahndecke (Bitumendecke, Betondecke, Pflasterdecke usw.) zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sind Schottertragschichten und Frostschuttschichten aus frostsicherem, natürlichem gebrochenem Schottermaterial der Körnung 0/32 bis 0/45 aufzubauen und lagenweise mit einem dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Die gemäß RStO 12 bzw. ZTV T StB geforderten Verformungsmoduln auf Oberkante Tragschicht (i.d.R. min.  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  unter Asphalt und min.  $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$  unter Pflaster, Verhältnisswert  $\leq 2,2$ ) sind mittels Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 nachzuweisen.

Alternativ ist gemäß RStO 12 auch ein **vollgebundener Asphaltoberbau** möglich. Die Mindestdschichtstärken sind den Belastungsklassen entsprechend der RStO, Tafel 4 zu entnehmen. Für den Unterbau gelten weiterhin die zuvor genannten Angaben.

## 8 QUALITÄTSSICHERUNG UND VERDICHTUNGSKONTROLLEN

Zur Qualitätssicherung ist es erforderlich, neben der Eigenüberwachung (gemäß ZTVE-StB) durch den ausführenden Unternehmer, die Verdichtungsleistung beim Einbau des Verfüllmaterials mittels Lastplattendruckversuchen und Rammsondierungen als Fremdüberwachung prüfen zu lassen.

### Straße

Auf dem rückverfüllten bzw. verstärkten Erdplanum ist erfahrungsgemäß ein  $E_{v2}$ -Wert von  $\geq 45 \text{ MN/m}^2$  und auf OK ungebundener Tragschicht ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  unter Asphalt und min.  $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$  unter Pflaster mit einem Verhältnisswert  $E_{v2}/E_{v1}$  von  $\leq 2,2$  nachzuweisen (abhängig von den Belastungsklassen! siehe Kap. 7).

Wir empfehlen für den Straßenbau folgenden Stichprobenumfang:

⇒ Erdplanum / OK Tragschicht: je 1 statischer Lastplattendruckversuch alle 50 lfd.m.

### Leitungsgraben

Die Rückverfüllung hat in Lagen von maximal 0,3 m (Schütthöhe vor der Verdichtung) zu erfolgen. Das Einbaumaterial ist lagenweise mit einem mittelschweren Verdichtungsgerät zu verdichten. In der Leitungszone ist ein Verdichtungsgrad von mind. 97 % Proctordichte zu erreichen. Außerdem haben der Wiedereinbau der Bodenmaterialien ebenso wie sämtliche Überschüttungs- und Einbauarbeiten gemäß den Angaben in der ZTVE-StB und den Erläuterungen hierzu zu erfolgen.

In Anlehnung an die ZTVE-StB ist an mehreren Prüfpositionen der Verdichtungsgrad nachzuweisen. Danach sind für Eigenüberwachungsprüfungen bei Leitungsgräben mindestens 3 Prüfpunkte je 150 m Länge pro m Grabentiefe erforderlich (Methode M 3).

Der Wiedereinbau der Bodenmaterialien hat ebenso wie sämtliche Überschüttungs- und Einbauarbeiten gemäß den Angaben in der ZTVE-StB und den Erläuterungen hierzu zu erfolgen.

Die Verdichtungsüberprüfung kann neben den direkten Prüfverfahren, wie Proctorversuchen und Dichtebestimmungen auch in Kombination mit indirekten Prüfverfahren (statische Plattendruckversuche nach DIN 18134, dynamische Plattendruckversuche nach TP-BF StB Teil 8.3, Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2:2005) erfolgen. Diese Prüfverfahren zeichnen sich in der Regel durch eine sehr rasche Ausführbarkeit aus.

Die Fremdüberwachung kann durch die Geonorm GmbH ausgeführt werden.

## 9 HINWEISE ZUR EUROPÄISCHEN GRUNDBAUNORMUNG (EC 7)

Die geplante Baumaßnahme ist gemäß DIN 1054 / DIN 4020 aufgrund der bisherigen Erkundungsergebnisse und Projektinformationen (Lasten, etc.) in Verbindung mit den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen. Das vorliegende Gutachten ist daher nach DIN 4020 formal als Geotechnischer Entwurfsbericht einzustufen. Im Hinblick auf die seit Juli 2012 geltende europäische Grundbaunormung ergeben sich hieraus weitere Planungs- sowie Kontrollpflichten für die Bauausführung (siehe auch DIN EN 1997-1:2009-09 (EC 7-1), Kapitel 2.8 und 4).

Nach Vorlage weiterer Planungsdetails ist die Verbindlichkeit der, in dem vorliegenden Entwurfsbericht ausgearbeiteten Empfehlungen, zu prüfen. Es sind dann ggf. für konkrete Gründungs- und Ausführungsempfehlungen ergänzende Erkundungen (z.B. Baggerschürfe) auszuführen, welche dann insgesamt in einem weiteren Geotechnischen Bericht (Endplanung) zusammengefasst werden müssen. Für die Bauphase ergeben sich Kontrollpflichten z.B. in Form von Verdichtungskontrollen und Baugrundabnahmen.

Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig. Die Weitergabe des Gutachtens darf nur ungekürzt vorgenommen werden. Gegenüber Dritten besteht Haftungsausschluss.

**Geonorm GmbH**



**Norbert Weller**  
Dipl.-Geologe

Gießen, 10.07.2024



**Jan Legner**  
B.Sc. Angewandte Geowissenschaften

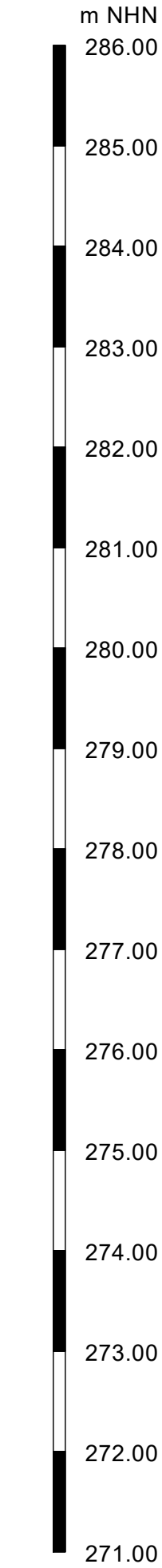
## 10 ANLAGEN

- |          |  |
|----------|--|
| Anlage 1 | Lageplan, M 1 : 1250, mit Eintragung der Aufschlusspunkte  |
| Anlage 2 | Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile nach DIN ISO EN 14688-1  |
| Anlage 3 | Analysenprotokoll zu der analysierten Grundwasserprobe sowie Auswertung auf Beton- nach DIN 4030 und Stahlaggressivität nach DIN 50929-3 |









Legende

halbfest

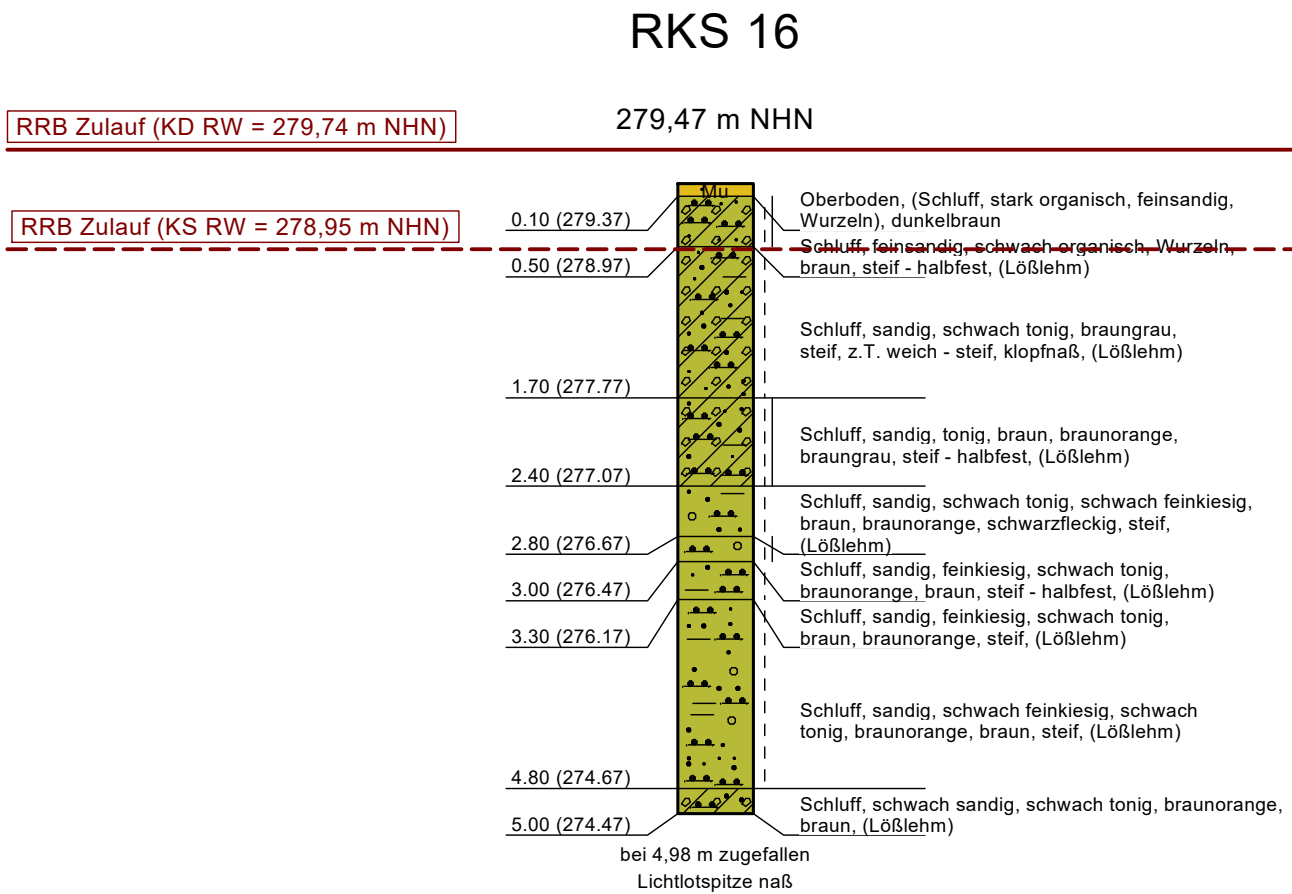
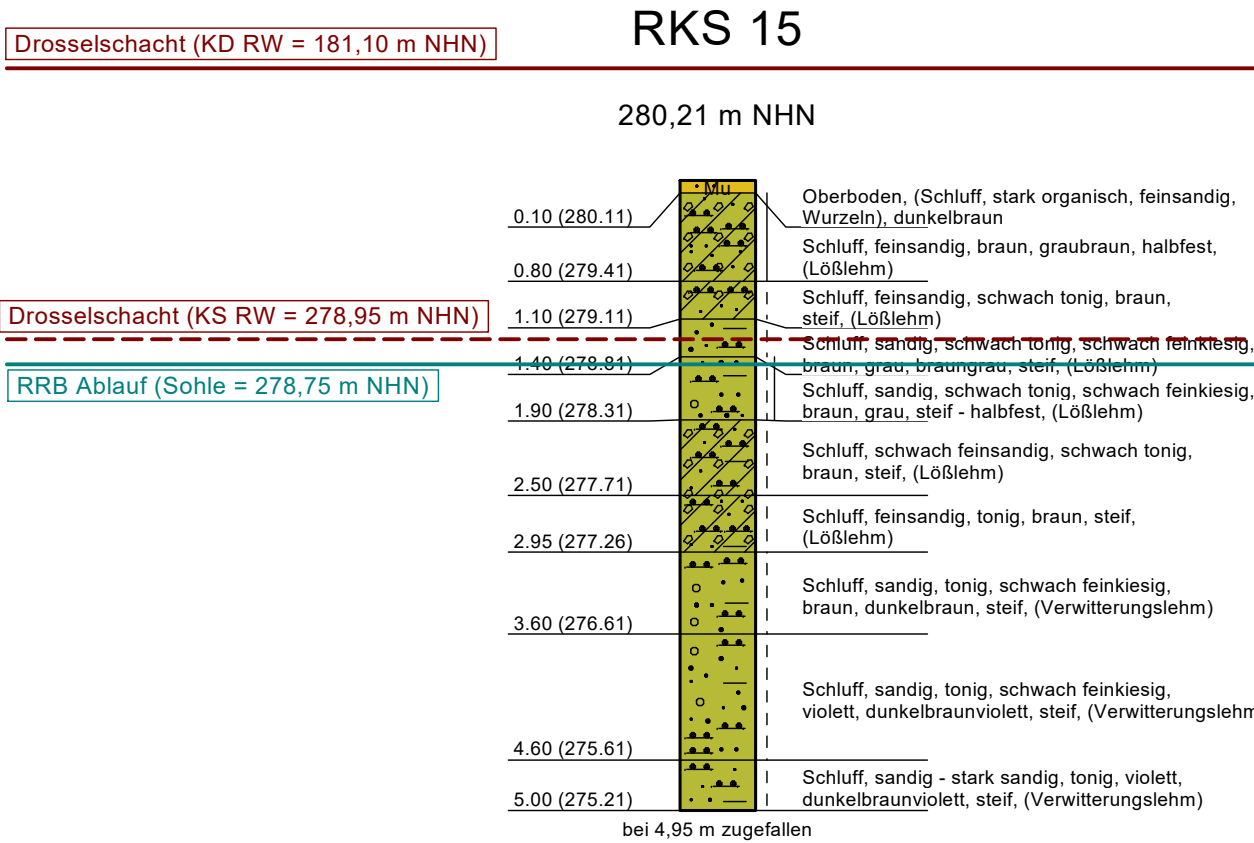
steif - halbfest

steif

Mu

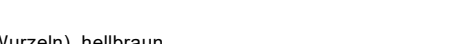
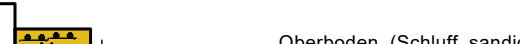
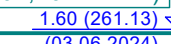
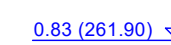
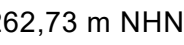
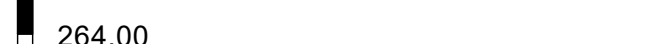
Oberboden

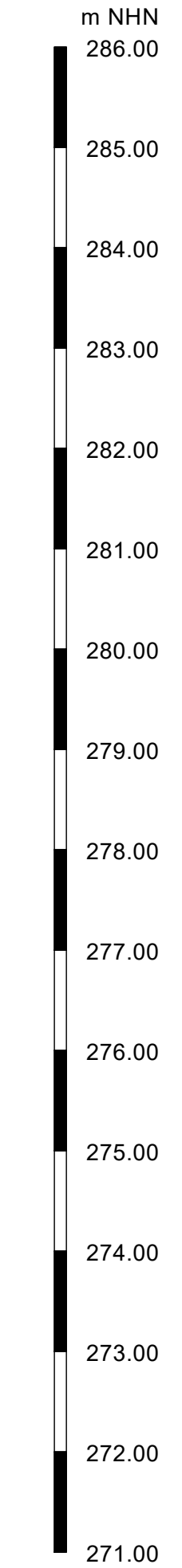
Schluff



RRB 1

<div>Geonorm</div> <div>Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40</div>	Projekt: Grünberg, Stadtteil Lumda, Interkommunales Gewerbe- und Industriegebiet Lumda		gezeichnet:	20.06.2024	K. Heine
			geprüft:		
	Projekt-Nr.: 2024 15198 a 1		Maßstab 1 : 60		
			Sp-Nr.: 15198a1_1	Anlage 2	

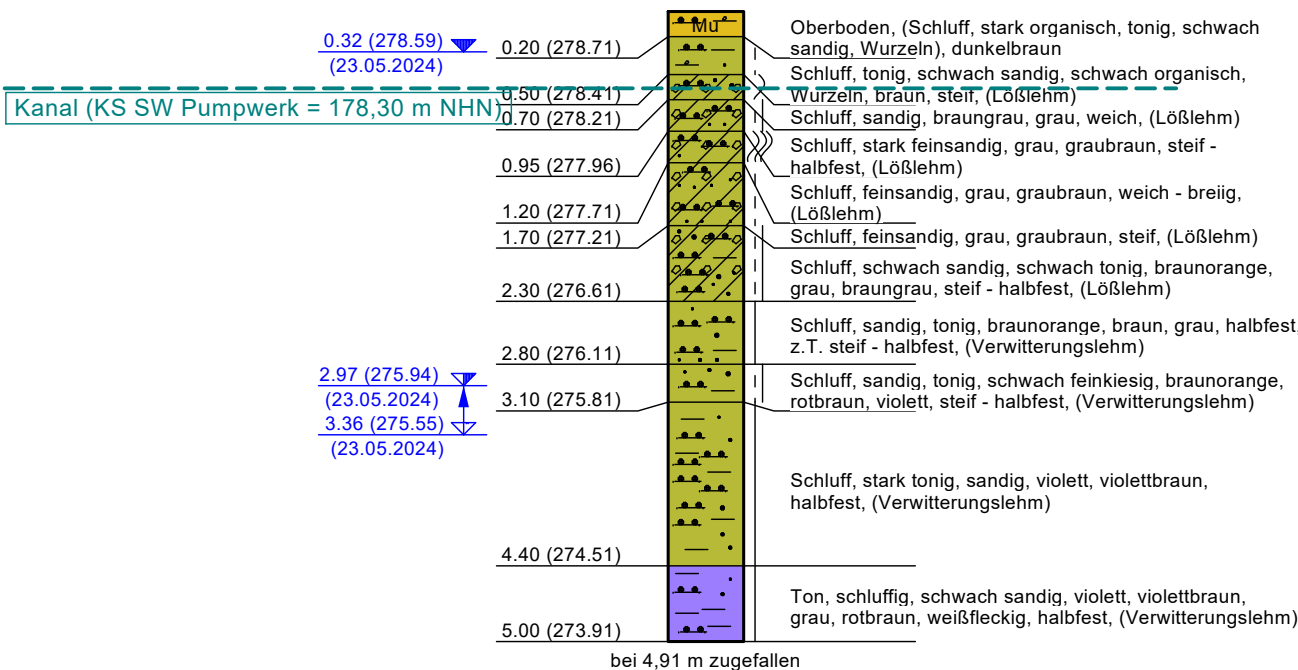




Kanal (KD SW Pumpwerk = 281,10 m NHN)

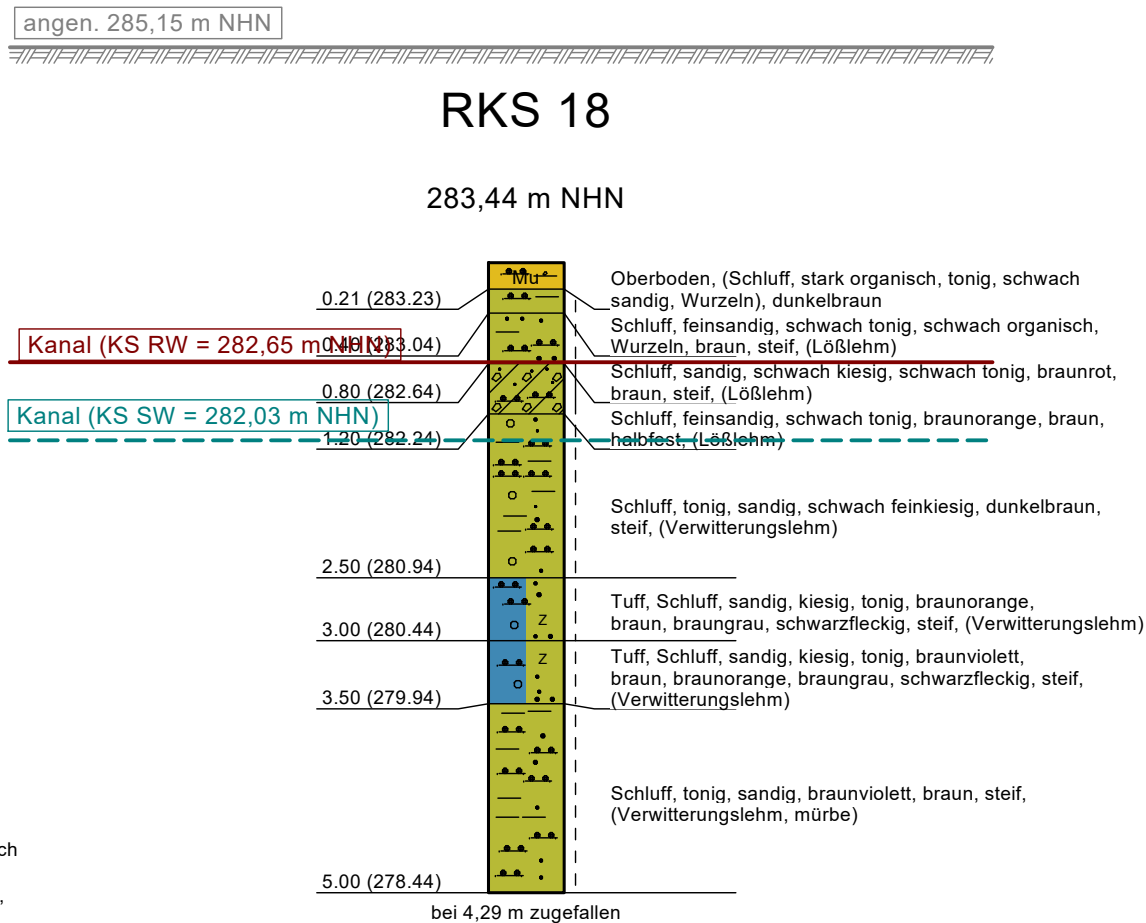
### RKS 17

278,91 m NHN



### RKS 18

283,44 m NHN



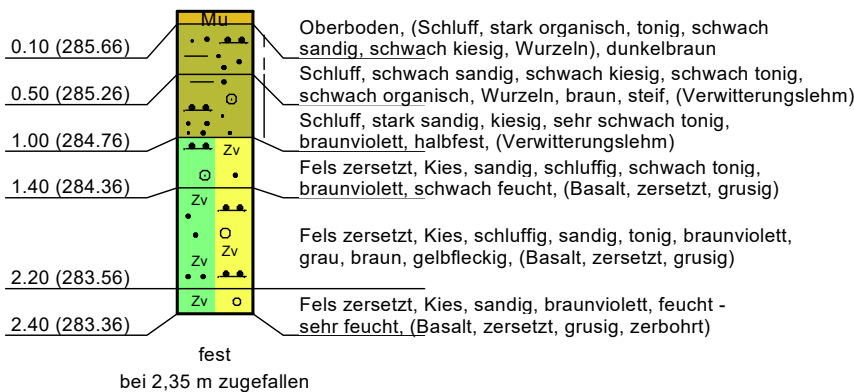
angen. OK Straße

Kanalsole Regenwasserkanal (KS RW)

Kanalsole Schmutzwasserkanal (KS SW) bzw. Kanaldeckel Schmutzwasserkanal (KD SW)

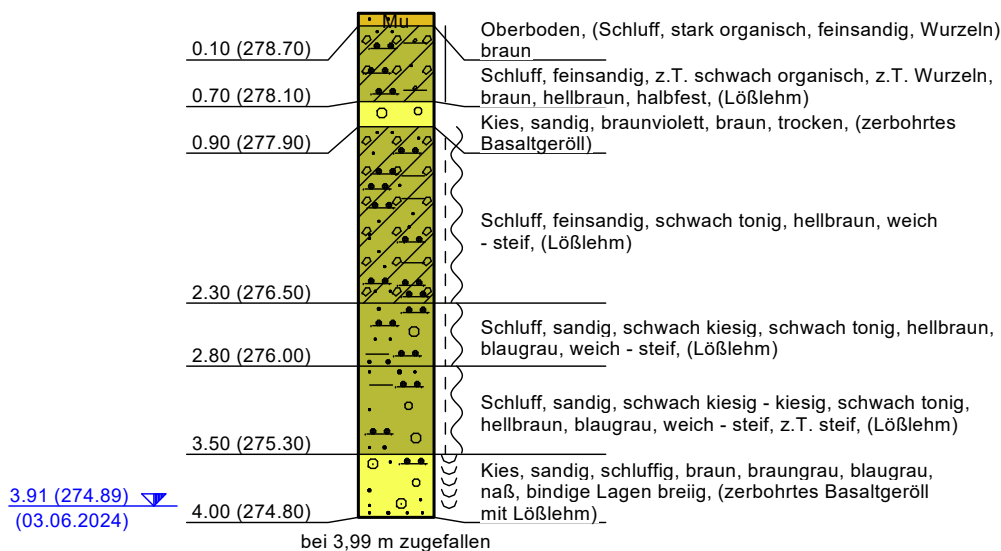
### RKS 21

285,76 m NHN



### RKS 22

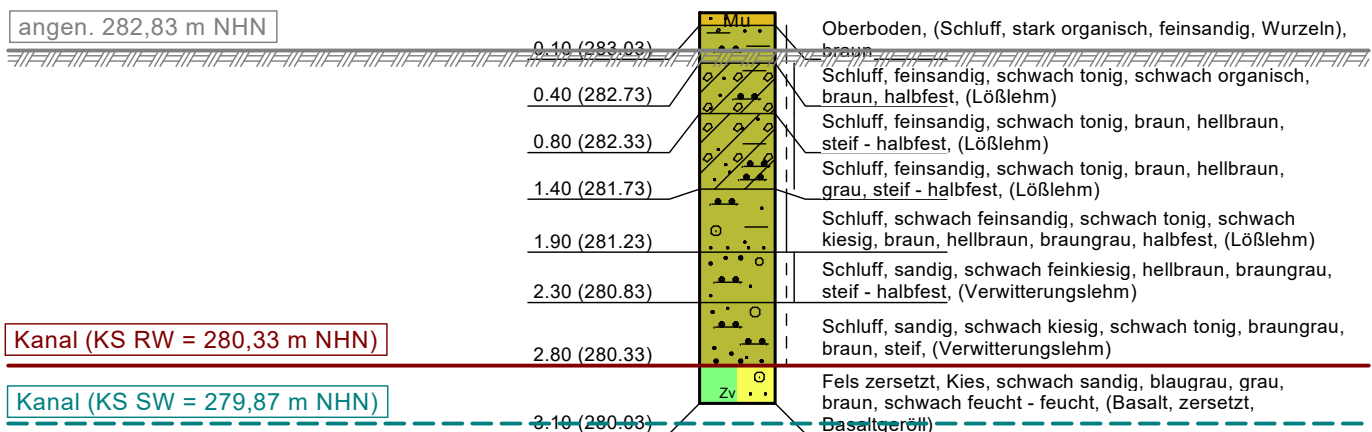
278,80 m NHN



3.91 (274.89) (03.06.2024)

### RKS 27

283,13 m NHN

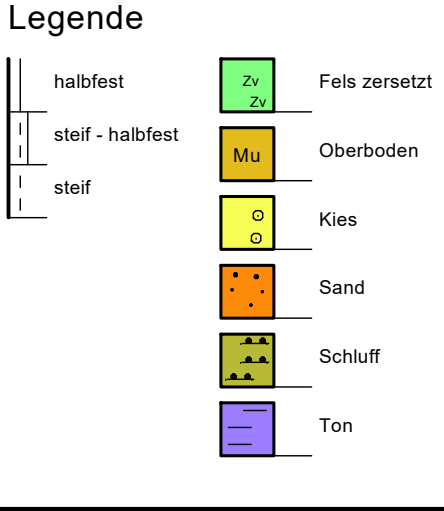
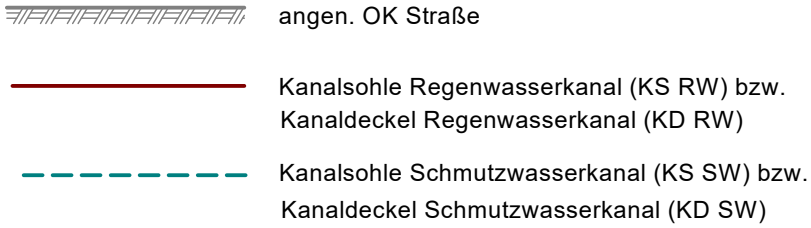
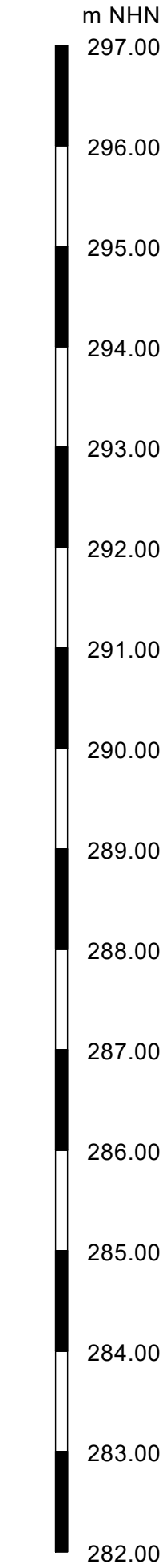


Straße

Geonom  
Ursulum 18  
35396 Gießen  
Tel.: 0641/94360-0  
Fax: 0641/94360-40

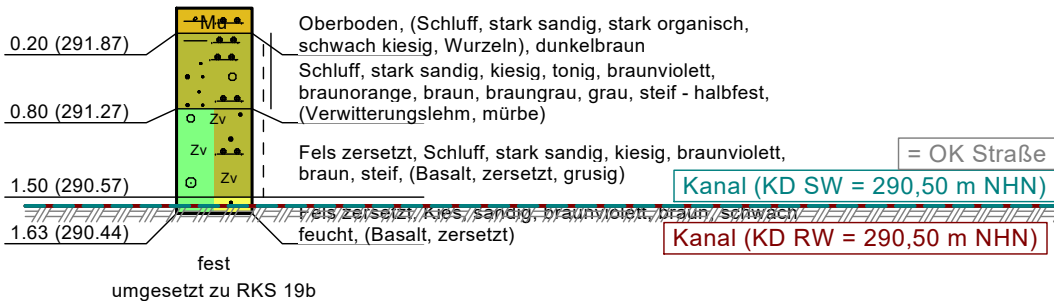
Projekt: Grünberg, Stadtteil Lumda, Interkommunales Gewerbe- und Industriegebiet Lumda  
Projekt-Nr.: 2024 15198 a 1

gezeichnet: 20.06.2024 K. Heine  
geprüft:  
Maßstab 1 : 60  
Sp-Nr.: 15198a1\_3 Anlage 2



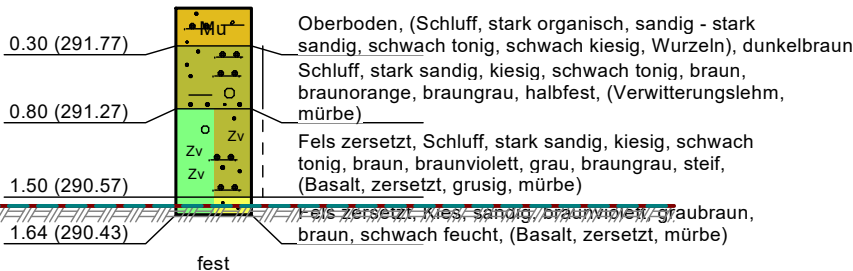
RKS 19a

292,07 m NHN



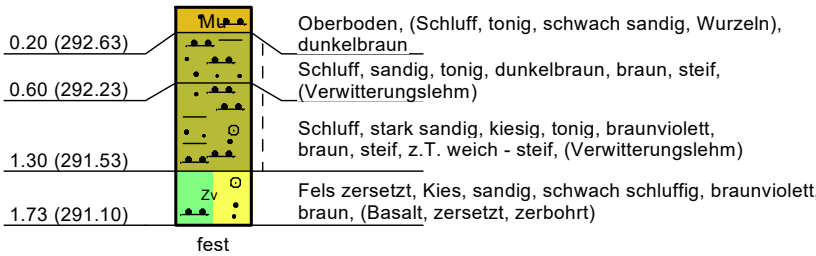
RKS 19b

292,07 m NHN



RKS 20

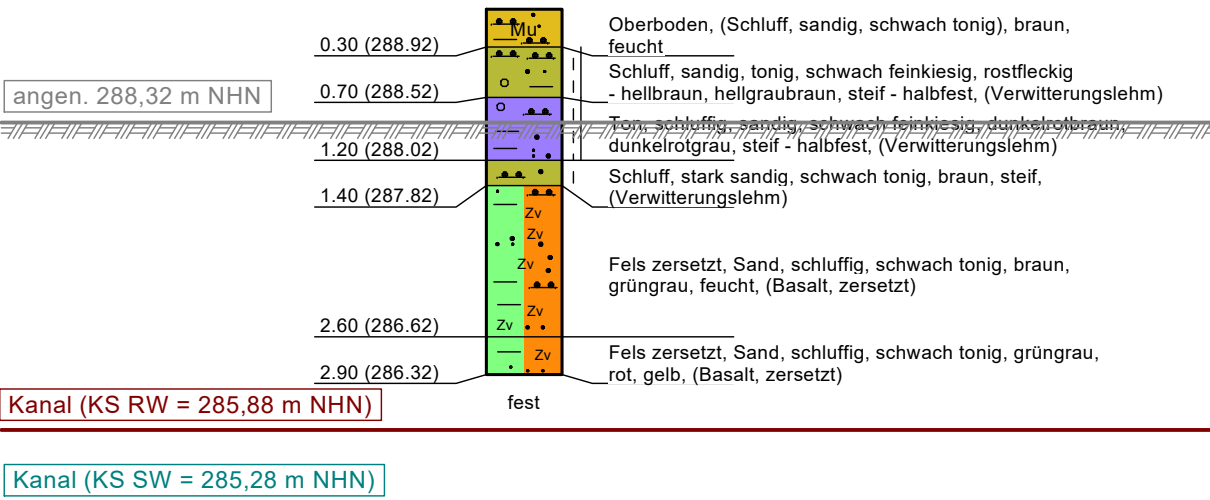
292,83 m NHN



RKS 5

aus 2024 15198a6

289,22 m NHN



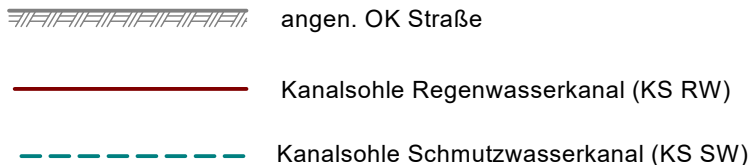
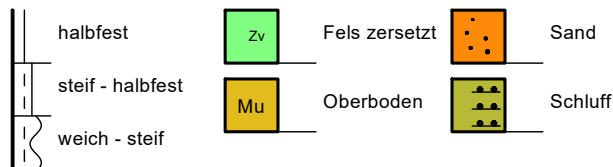
Straße

 Ursulum 18 35396 Gießen Tel.: 0641/94360-0 Fax: 0641/94360-40	Projekt: Grünberg, Stadtteil Lumda, Interkommunales Gewerbe- und Industriegebiet Lumda	gezeichnet: 20.06.2024	K. Heine
	Projekt-Nr.: 2024 15198 a 1	Maßstab 1 : 60	Anlage 2



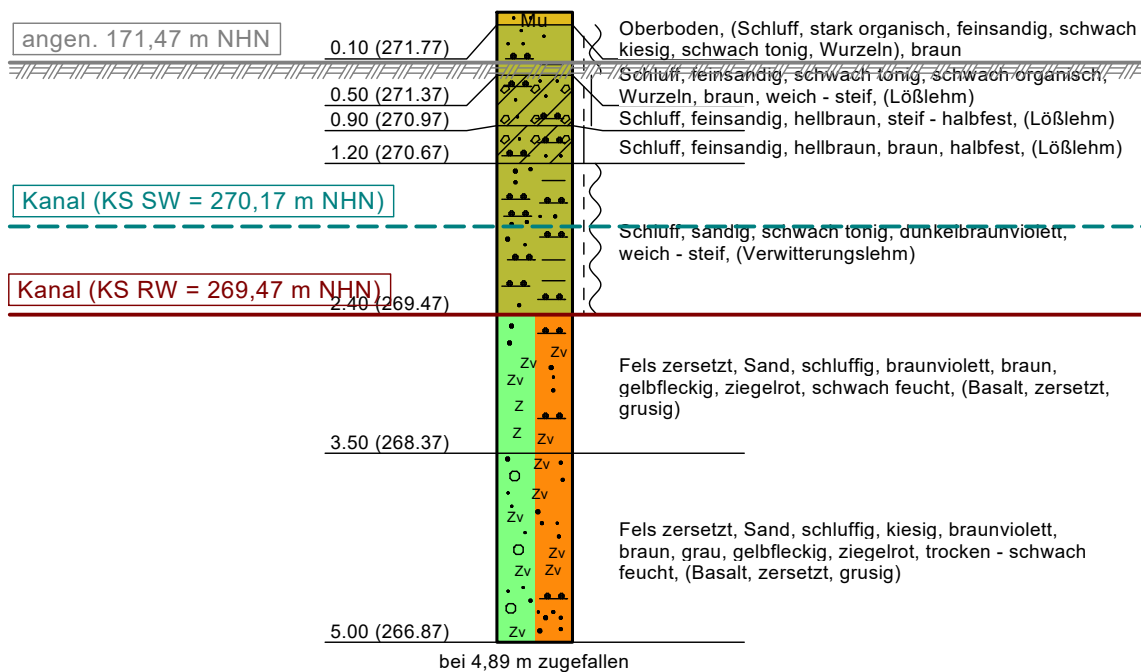
m NHN  
278.00  
277.00  
276.00  
275.00  
274.00  
273.00  
272.00  
271.00  
270.00  
269.00  
268.00  
267.00  
266.00  
265.00  
264.00  
263.00

## Legende



## RKS 23

271,87 m NHN



## Straße

Geonorm

Ursulum 18  
35396 Gießen  
Tel.: 0641/94360-0  
Fax: 0641/94360-40

Projekt: Grünberg, Stadtteil Lumda,  
Interkommunales Gewerbe-  
und Industriegebiet Lumda  
Projekt-Nr.: 2024 15198 a 1

gezeichnet: 20.06.2024 K. Heine

geprüft:

Maßstab 1 : 60

Sp-Nr.: 15198a1\_5

Anlage 2

## ***Anlage 3***



Dr. Graner & Partner GmbH, Lochhausener Str. 205, 81249 München

Geonorm GmbH  
Ursulum 18

35396 Gießen

Dreieich, 31.05.2024

---

## Prüfbericht 2429828

---

Auftraggeber:	Geonorm GmbH
Projektleiter:	Herr Legner
Auftragsnummer:	vom 27.05.2024
Auftraggeberprojekt:	202415198a1 Grünberg/Lumda
Probenahmedatum:	23.05.2024
Probenahmeort:	Grünberg/Lumda
Probenahme durch:	Auftraggeber
Probengefäße:	Glasflasche
Eingang am:	28.05.2024
Zeitraum der Prüfung:	28.05.2024 - 31.05.2024

### Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025: 2018-03 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte, Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Alexander Hartmann  
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922  
IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22, BIC: GENODEFIM07  
Ust-ID DE 129 4000 66

E-Mail: [info@labor-graner.de](mailto:info@labor-graner.de)  
Website: [www.labor-graner.de](http://www.labor-graner.de)

Probenbezeichnung:	GW aus GWP 14			
Probenahmedatum:	23.05.2024			
Labornummer:	2429828-001			
Material:	Wasser			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
pH-Wert	6,3			DIN EN ISO 10523: 2012-04
Säurekapazität (pH 4,3)	0,64	mmol/l	0,1	DIN 38409-7: 2005-12
Sulfat	11	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Chlorid	1,0	mmol/l	0,03	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Sulfat	0,12	mmol/l	0,02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Neutralsalze c(Cl) + 2 c(SO <sub>4</sub> )	1,2	mmol/l		berechnet
Kalklösende Kohlensäure	38	mg/l CO <sub>2</sub>	0,5	DIN 38409-7: 2005-12
Ammonium	u.d.B.	mg/l	0,05	DIN 38406-5: 1983-10
Magnesium	5,7	mg/l	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Calcium	0,44	mmol/l	0,003	DIN EN ISO 11885: 2009-09

### **Ergänzung zu Prüfbericht 2429828**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Parameterspezifische Messunsicherheiten sowie Informationen zu deren Berechnung sind auf Anfrage verfügbar. Die aktuelle Liste der flexibel akkreditierten Prüfverfahren kann auf unserer Website eingesehen werden (<https://labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>).

Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung erlaubt.

BG:	Bestimmungsgrenze
KbE:	Koloniebildende Einheiten
n.a.:	nicht analysierbar
n.b.:	nicht berechenbar
n.n.:	nicht nachweisbar
u.d.B.:	unter der Bestimmungsgrenze
HS:	Headspace
fl./fl.-Extr.	flüssig-flüssig-Extraktion
*	Fremdvergabe



## Betonaggressivität DIN 4030 und Stahlaggressivität DIN 50929-3

Projekt:	Grünberg-Lumda, Erschließung Gewerbe- und Industriegebiet	Datum:	31.05.2024
Projekt-Nr.:	2024 15198a1		
Probenbezeichnung:	GW aus GWP 14		

Analysenergebnisse:	Gehalt	Einheit	Exp.klassen:	Angaben zur Beurteilung von Wässern:			
pH-Wert	6,3		XA1	Bewertungsziffer für			
Säurekapazität bis pH 4,3	0,64	mmol/l		unlegierten Stahl		verzinkten Stahl	
Sulfat	11	mg/l		N <sub>1</sub> =	0	M <sub>1</sub> =	-2
Chlorid	1	mmol/l		N <sub>2</sub> =	1	M <sub>2</sub> =	-6
Sulfat	0,12	mmol/l		N <sub>3</sub> =	-2	M <sub>3</sub> =	0
Neutralsalze c(Cl) + 2 c(SO <sub>4</sub> )	1,2	mmol/l		N <sub>4</sub> =	1	M <sub>4</sub> =	-1
Kalklösende Kohlensäure	38	mg/l CO <sub>2</sub>	XA1	N <sub>5</sub> =	-1	M <sub>5</sub> =	0
Ammonium	0	mg/l		N <sub>6</sub> =	-2	M <sub>6</sub> =	-4
Magnesium	5,7	mg/l		N <sub>3</sub> /N <sub>4</sub> =	-2,00		
Calcium	0,44	mmol/l		Betonaggressivität:		schwach angreifend	

### Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen

	Wert	Ergebniss	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
freie Korrosion im Unterwasserbereich	W <sub>0</sub> =	-6,00	mittel	gering
Korrosion an der Wasser / Luft Grenze	W <sub>1</sub> =	-8,00	mittel	gering

### Korrosionswahrscheinlichkeit von feuerverzinkten Stählen

	Wert	Ergebniss	Mulden- und Lochkorrosion
Güte der Deckschicht im Unterwasserbereich	W <sub>D</sub> =	-7,00	befriedigend
Güte der Deckschicht an der Wasser / Luft-Grenze	W <sub>L</sub> =	-13,00	nicht ausreichend

Berechnungsformeln:

$$W_0 = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3/N_4$$

$$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 \cdot N_3$$

$$W_D = M_1 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$$

$$W_L = W_D + M_1$$

geprüft: Legner

Dr. Graner & Partner GmbH, Lochhausener Str. 205, 81249 München

Geonorm GmbH  
Ursulum 18

35396 Gießen

Dreieich, 31.05.2024

---

## Prüfbericht 2429829

---

Auftraggeber:	Geonorm GmbH
Projektleiter:	Herr Legner
Auftragsnummer:	vom 27.05.2024
Auftraggeberprojekt:	202415198a1 Grünberg/Lumda
Probenahmedatum:	23.05.2024
Probenahmeort:	Grünberg/Lumda
Probenahme durch:	Auftraggeber
Probengefäße:	Glasflasche
Eingang am:	28.05.2024
Zeitraum der Prüfung:	28.05.2024 - 31.05.2024

### Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025: 2018-03 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte, Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben, Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB

Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Alexander Hartmann  
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922  
IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22, BIC: GENODEFIM07  
Ust-ID DE 129 4000 66

E-Mail: [info@labor-graner.de](mailto:info@labor-graner.de)  
Website: [www.labor-graner.de](http://www.labor-graner.de)

Probenbezeichnung:	GW aus RKS 17			
Probenahmedatum:	23.05.2024			
Labornummer:	2429829-001			
Material:	Wasser			
	Gehalt	Einheit	BG	Verfahren
pH-Wert	6,2			DIN EN ISO 10523: 2012-04
Säurekapazität (pH 4,3)	0,51	mmol/l	0,1	DIN 38409-7: 2005-12
Sulfat	17	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Chlorid	4,4	mmol/l	0,03	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Sulfat	0,18	mmol/l	0,02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07
Neutralsalze c(Cl) + 2 c(SO <sub>4</sub> )	4,8	mmol/l		berechnet
Kalklösende Kohlensäure	87	mg/l CO <sub>2</sub>	0,5	DIN 38409-7: 2005-12
Ammonium	u.d.B.	mg/l	0,05	DIN 38406-5: 1983-10
Magnesium	20	mg/l	0,1	DIN EN ISO 11885: 2009-09
Calcium	0,83	mmol/l	0,003	DIN EN ISO 11885: 2009-09

### **Ergänzung zu Prüfbericht 2429829**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Parameterspezifische Messunsicherheiten sowie Informationen zu deren Berechnung sind auf Anfrage verfügbar. Die aktuelle Liste der flexibel akkreditierten Prüfverfahren kann auf unserer Website eingesehen werden (<https://labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>).

Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung erlaubt.

BG:	Bestimmungsgrenze
KbE:	Koloniebildende Einheiten
n.a.:	nicht analysierbar
n.b.:	nicht berechenbar
n.n.:	nicht nachweisbar
u.d.B.:	unter der Bestimmungsgrenze
HS:	Headspace
fl./fl.-Extr.	flüssig-flüssig-Extraktion
*	Fremdvergabe



## Betonaggressivität DIN 4030 und Stahlaggressivität DIN 50929-3

Projekt:	Grünberg-Lumda, Erschließung Gewerbe- und Industriegebiet	Datum:	31.05.2024
Projekt-Nr.:	2024 15198a1		
Probenbezeichnung:	GW aus RKS 17		

Analysenergebnisse:	Gehalt	Einheit	Exp.klassen:	Angaben zur Beurteilung von Wässern:			
pH-Wert	6,2		XA1	Bewertungsziffer für			
Säurekapazität bis pH 4,3	0,51	mmol/l		unlegierten Stahl		verzinkten Stahl	
Sulfat	17	mg/l		N <sub>1</sub> =	0	M <sub>1</sub> =	-2
Chlorid	4,4	mmol/l		N <sub>2</sub> =	1	M <sub>2</sub> =	-6
Sulfat	0,18	mmol/l		N <sub>3</sub> =	-2	M <sub>3</sub> =	0
Neutralsalze c(Cl) + 2 c(SO <sub>4</sub> )	4,8	mmol/l		N <sub>4</sub> =	1	M <sub>4</sub> =	-1
Kalklösende Kohlensäure	87	mg/l CO <sub>2</sub>	XA2	N <sub>5</sub> =	0	M <sub>5</sub> =	2
Ammonium	0	mg/l		N <sub>6</sub> =	-2	M <sub>6</sub> =	-4
Magnesium	20	mg/l		N <sub>3</sub> /N <sub>4</sub> =	-2,00		
Calcium	0,83	mmol/l		Betonaggressivität:		mäßig angreifend	

### Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten Stählen

	Wert	Ergebniss	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
freie Korrosion im Unterwasserbereich	W <sub>0</sub> =	-5,00	mittel	gering
Korrosion an der Wasser / Luft Grenze	W <sub>1</sub> =	-7,00	mittel	gering

### Korrosionswahrscheinlichkeit von feuerverzinkten Stählen

	Wert	Ergebniss	Mulden- und Lochkorrosion
Güte der Deckschicht im Unterwasserbereich	W <sub>D</sub> =	-5,00	befriedigend
Güte der Deckschicht an der Wasser / Luft-Grenze	W <sub>L</sub> =	-11,00	nicht ausreichend

Berechnungsformeln:

$$W_0 = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3/N_4$$

$$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 \cdot N_3$$

$$W_D = M_1 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$$

$$W_L = W_D + M_1$$

geprüft: Legner