

Büro Nordhausen Am Sportplatz 1 D-99 734 Nordhausen Telefon: (03631) 8906- 0 Telefax: (03631) 890629	Niederlassung Halle-Merseburg Eisenbahnstraße 3 D-06 132 Halle/Saale Telefon: (03 45) 52088-0 Telefax: (0345) 5208821	Büro Bad Salzungen Andreasstraße 11 D-36 433 Bad Salzungen Telefon: (03695) 85720 Telefax: (03695) 857220	e-mail: geotechnik@ihu-gmbh.com internet: http://www.ihu-gmbh.com zertifiziert nach EN ISO 9001 Reg.-Nr.: CERT-08816-2000 AG ESN-TGA
---	--	--	--

Geotechnische Stellungnahme **zur Baugrunduntersuchung**

Bauvorhaben: Umbau zur Fahrradstraße
Straße der Einheit, 4. BA
Landgemeinde Stadt Heringen/Helme, OT Auleben

Projekt-Art: Baugrunduntersuchung, gutachterliche Stellungnahme

Projekt-Nr.: 256 172

Auftraggeber:

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Gerd Witte

Datum: 19.11.2025

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Allgemeines	3
1.1 Bauvorhaben	3
1.2 Bearbeitungsgrundlagen	3
2 Standortbeschreibung	4
2.1 Bebauung, Morphologie und örtliche Gegebenheiten	4
2.2 Ingenieurgeologische Situation	5
2.3 Hydrogeologische Situation	5
3 Untersuchungen	6
3.1 Baugrundaufschlüsse	6
3.2 Bodenmechanische Laboruntersuchung	6
3.3 Umweltrelevante Deklarationsanalyse	6
4 Ergebnisse der Untersuchungen	6
4.1 Baugrundsichtung	6
4.2 Klassifizierung und Eigenschaften der Bodenschichten	7
4.3 Homogenbereiche für Erdarbeiten	9
4.4 Erdstatische Kennwerte	10
4.5 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse	11
5 Altlastenbewertung Erdaushub	12
6 Geotechnische Empfehlungen für den Straßenumbau	13
6.1 Maßgebliche Bemessungsparameter	13
6.2 Herstellung Planum	14
6.3 Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus	14
6.4 Mindestdicke des frostsicheren Gehwegaufbaus	16
6.5 Straßenentwässerung, Versickerung von Niederschlagswasser	16
7 Empfehlungen für die Verlegung von Rohrleitungen	17
7.1 Aushub Leitungsgräben	17
7.2 Herstellung tragfähige Leitungsgrabensohle	17
7.3 Verfüllung Leitungszone	17
7.4 Verfüllung Verfüllzone (Grabenhauptverfüllung)	17
8 Schutzmaßnahmen gegen Erdfallgefahr	19
9 Schlussbemerkungen	19

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Lageplan der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 2: Schichtenverzeichnisse der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 3: Zeichnerische Darstellung der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 4: Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- Anlage 5: Bodenanalysen nach Ersatzbaustoffverordnung

1 Allgemeines

1.1 Bauvorhaben

Die Stadt Heringen/Helme plant den Umbau der Straße der Einheit zur Fahrradstraße. Für die Straßenentwässerung waren die Varianten Versickerung und Ableitung des anfallenden Niederschlagswassers zu prüfen.

Die IHU Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH Nordhausen wurde am 25.09.2025 beauftragt, für das Bauvorhaben die Baugrundverhältnisse zu untersuchen und zu begutachten.

1.2 Bearbeitungsgrundlagen

- Schriftgut:

[U 1] Angebot der IHU GmbH Nordhausen vom 12.09.2025

[U 2]

- Karten und Pläne:

[U 3] Lageplan zum Bauvorhaben, M 1 : 250, Vorplanung 02.02.2024

[U 4] Topografische Karte, Blatt 4531 Heringen (Helme), Maßstab 1 : 25 000

[U 5] Geologische Karte, Blatt 4531 Heringen (Helme), Maßstab 1 : 25 000

[U 6] Grundwassergleichenplan und Grundwasserflurabstandskarte, Geodatenportal des Thüringer Landesamtes für Umwelt, Bergbau und Naturschutz

[U 7] Hydrogeologische Karte, Blatt 1103-3/4 Bleicherode/Nordhausen-Süd,
Maßstab 1 : 50 000

- Aufschluss- und Untersuchungsergebnisse:

[U 8] Schichtenverzeichnisse der Baugrundaufschlüsse

[U 9] Laborprotokolle des Erdbaulabors der IHU GmbH Nordhausen

[U 10] Analysenprotokolle des Thüringer Umweltinstituts Henterich GmbH Krauthausen

- Normen und Technische Regeln:

[U 11] Eurocode EC 7 und gültige DIN-Normen für Erd- und Grundbau

[U 12] Ersatzbaustoffverordnung vom 09.07.2021

[U 13] RAS-Ew 05: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung, 2005

[U 14] weitere technische Regeln und Merkblätter für den Grundbau: AbemBO 04, EAU 40,
RAS-Ew 05, ZTVE-StB 09, ZTVA-StB 12

2 Standortbeschreibung

2.1 Bebauung, Morphologie und örtliche Gegebenheiten

Die Straße der Einheit weist eine mit Schotter bedeckte Fahrbahn auf, die beidseitig von mit Betonpflastern befestigten Gehwegen umgeben wird. Die angrenzenden Flächen bestehen aus Wohn-, Gewerbegrundstücken und mit Wiese und Gehölzvegetation bestandenen Grünflächen.

Die Geomorphologie ist geprägt von der Lage des Untersuchungsgebietes im südlichen Randbereich der Niederung „Goldene Aue“. Die Straße der Einheit verläuft entlang des Hangfußes der südwestlich und südöstlich angrenzenden Anhöhen „Eichenbiel“ und „Kirchberg“.

Das Niederungsgelände fällt sehr schwach nach Norden in Richtung zum Vorflutergewässer „Helme“ ein. Das Untersuchungsgelände befindet sich nach [U 3] in einer Höhenlage von etwa 182 m NHN.

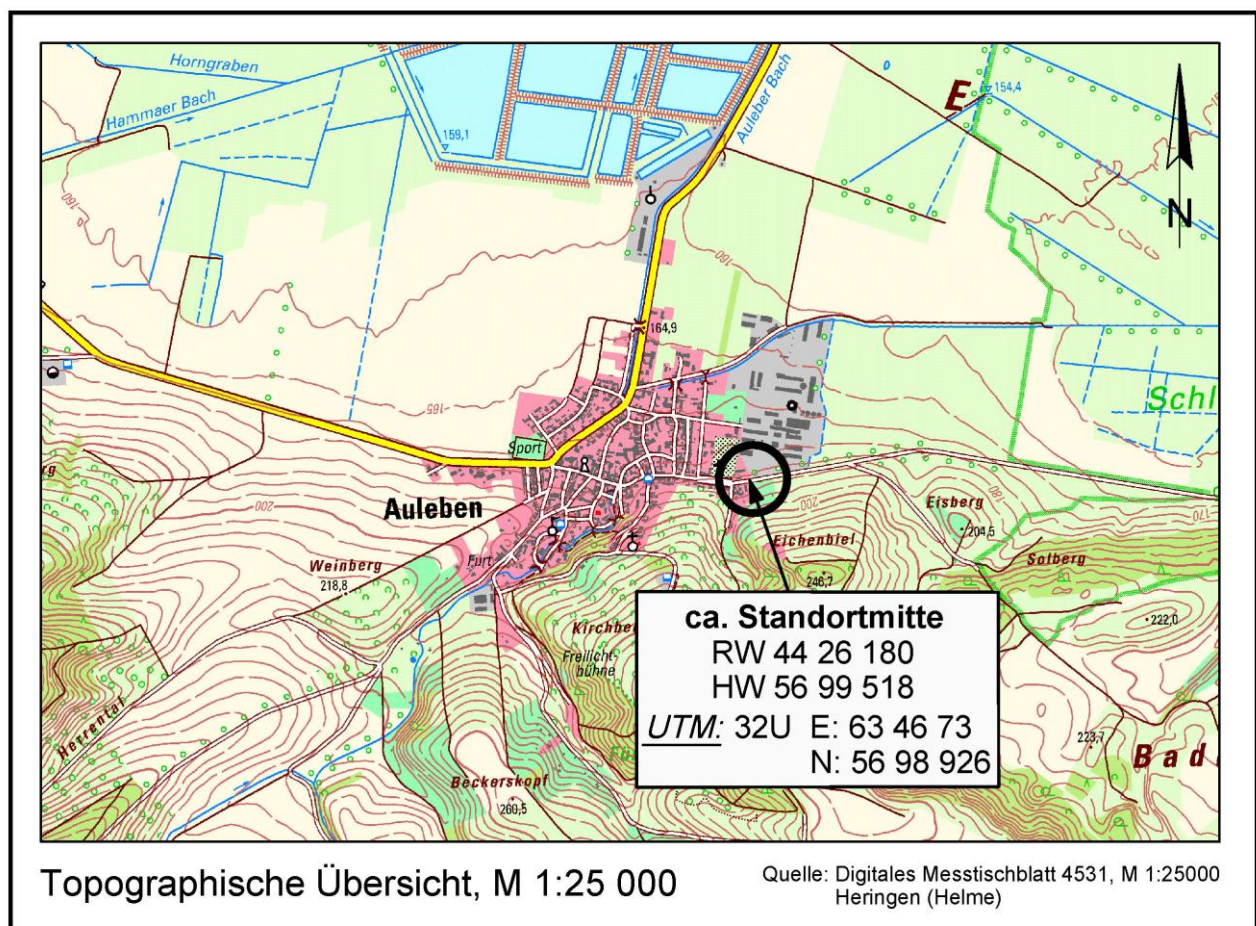


Abbildung 1: Übersichtslageplan nach topografischer Karte [U 4]

2.2 *Ingenieurgeologische Situation*

Der Untersuchungsbereich liegt am Südrand der Niederung „Goldene Aue“. Er erstreckt sich entlang des Hangfußes der südöstlich und südwestlich angrenzenden Anhöhen „Eichenbiel“ und „Kirchberg“.

Der Baubereich befindet sich im Grenzbereich zwischen holozänen Fließgewässerablagerungen der Niederung im Nordwesten und Buntsandsteinbildungen im Südosten.

Für die Niederung sind in [U 5] holozäne Schwemmkiese und -sande im Einmündungsbereich von Seitentälern („Aulebener Tal“ und Tal zwischen dem „Eichenbiel“ und dem „Kirchberg“) ausgewiesen. In den angrenzenden Hangbereichen streichen geländenah Verwitterungs-, Hangböden und Festgesteine des Unteren Buntsandsteins aus. Bei den Festgesteinen handelt es sich um z. T. oolithische dolomitische Sandsteine. An den Hangfüßen ist mit einer Verzahnung von Schwemmsedimenten und Hangböden zu rechnen.

Unterlagert werden die Festgesteine des Unteren Buntsandsteins von Anhydritsteinen und Tonsteinen der Fulda-Formation bis Staßfurt-Folge des Zechstein-Erdzeitalters. Diese Gesteine streichen ca. 400 m südlich des Untersuchungsbereichs im Gelände aus.

Bei den Anhydritsteinen handelt es sich um wasserlösliche und quellfähige Sulfatgesteine, in denen durch zutretende Grund- und Sickerwasser Auslaugungen bzw. Karstprozesse stattfinden. Im Baubereich sind Karsterscheinungen (Auslaugungshohlräume) in den Anhydritsteinen nicht auszuschließen. Es besteht die Möglichkeit zukünftiger Erdfälle im Baubereich. Der Baubereich ist als erdfallgefährdet einzustufen. Bei Bedarf können von uns vom Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) Informationen zur Erdfallgefahr des Baubereichs und Empfehlungen für Sicherungsmaßnahmen abgefragt werden.

2.3 *Hydrogeologische Situation*

Das Grundwasser ist in den holozänen Talsedimenten der „Goldenen Aue“ sowie in den Sandsteinklüften des Unteren Buntsandsteins ausgebildet.

Für den Untersuchungsbereich wird in [U 6] und [U 7] eine nach Norden bis Nordosten in Richtung zur „Helme“ und dessen Entwässerungsrichtung geneigte Grundwasseroberfläche in einer Tiefe von mehr als 10 m unter Gelände ausgewiesen.

Über dem Grundwasserleiter muss im Bereich bindiger Bodenschichten mit Schichtenwasser und Staunässe gerechnet werden.

3 Untersuchungen

3.1 Baugrundaufschlüsse

Zur Untersuchung des Baugrundes wurden am 01.10.2025 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

- 2 Rammkernsondierungen mit Entnahme von Bodenproben bis in Tiefen von 2,1 - 3,0 m (Bohrdurchmesser 35 - 50 mm)

Die Rammkernsondierung RKS 1 wurde am Standort eines evtl. zu planenden Versickerungsbeckens und die RKS 2 in der Fahrbahn der Straße durchgeführt.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist im Aufschlussplan der Anlage 1 dargestellt.

3.2 Bodenmechanische Laboruntersuchung

Aus den Bohrungen wurden schichtbezogene Bodenproben entnommen. Im Baugrundlabor der IHU GmbH wurde folgende bodenmechanische Untersuchung durchgeführt (Anl. 4):

- 1 Korngrößenanalyse mittels Sieb-/Schlammanalysen nach DIN 18123

3.3 Umweltrelevante Deklarationsanalyse

Im Labor des Thüringer Umweltinstituts Henterich GmbH Krauthausen wurde folgende umweltrelevante Deklarationsanalysen durchgeführt (Anl. 5):

- 2 Analysen von Bodenmischprobe nach der Ersatzbaustoffverordnung [U 11]

4 Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 Baugrundsichtung

Die Erkundungsergebnisse werden in Anlage 2 als Schichtenverzeichnisse und in Anlage 3 als Bohrprofile dargestellt.

Die erkundeten Böden lassen sich in folgendem Schichtenaufbau definieren:

- Schicht 1: Mutterboden, aufgefüllt
auf der Grünfläche im geplanten Versickerungsbereich in einer Mächtigkeit von 0,5 m angetroffen
- Schicht 2: Auffüllungen außer Mutterboden
- Schicht 2.1: aufgefüllter z. T. lehmiger Kies,

In der Fahrbahn der Straße der Einheit bis 0,8 m unter GOK (Geländeoberkante bzw. OK Fahrbahn) u.a. als ungebundener Oberbau erkundet

- Schicht 2.2: aufgefüllter stark sandiger Ton,
im Rahmen früherer Erdarbeiten umgelagerter Boden aus Schicht 3,
von der RKS 1 unterhalb Schicht 1 in einer Mächtigkeit von 0,2 m durchteuft
- Schicht 3: Hanglehm, Schwemmsediment,
stark sandiger schwach kiesiger Ton in steifer bis halbfester Konsistenz,
unterhalb der Auffüllungen bis 1,25 – 2,1 m unter GOK nachgewiesen
- Schicht 4: Sandsteinersatz,
Verwitterungsboden des unterlagernden Sandsteins,
von der RKS 2 unterhalb 1,25 m u. GOK bis zur Endteufe bei 3,0 m erkundet

4.2 Klassifizierung und Eigenschaften der Bodenschichten

Die erkundeten Bodenschichten werden im Folgenden anhand der Untersuchungsergebnisse und der gültigen DIN-, ZTVE- und ZTVA-Normen klassifiziert und deren Eigenschaften ausgewiesen.

Schicht 1:

- Mutterboden, aufgefüllt Sand, schluffig, kiesig, humos
- Bodengruppe nach DIN 18196: [OH]
- Bodenklasse n. DIN 18300 (2010, *alt*): Klasse 1 – Oberboden
- Homogenbereich n. DIN 18300 (2015): Homogenbereich A (Pkt. 4.3)
- Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB: F 2 – gering bis mittel frostempfindlich

Schicht 2:

- Auffüllungen außer Mutterboden

Schicht 2.1:

- aufgefüllter z.T. lehmiger Kies Kies, sandig bis stark sandig, tonig oder schwach schluffig
- Bodengruppen nach DIN 18196: [GT*], [GU]
- Konsistenz [GT*]: weich

- Lagerungsdichte [GU]:	mitteldicht bis dicht
- Bodenklassen. DIN 18300 (2010, <i>alt</i>):	[GT*]: Klasse 4 – mittelschwer lösbare Bodenart [GU]: Klassen 3 – leicht lösbare Bodenart
- Homogenbereich n. DIN 18300 (2015):	Homogenbereich B (Pkt. 4.3)´
- Aufweichgefahr bei Wasserzutritt:	[GT*]: gering
- Verdichtungsfähigkeit:	gut bis mittel
- Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB:	[GT*]: F 3 – sehr frostempfindlich [GU]: F 2 – gering bis mittel frostempfindlich
- Erosionsempfindlichkeit lt. DIN 18196:	gering bis mittel
- Durchlässigkeit nach DIN 18130:	[GT*]: schwach durchlässig [GU]: durchlässig bis stark durchlässig

Schicht 2.2:

• aufgefüllter stark sandiger Ton	Ton, stark sandig, schwach kiesig, Gipseinlagerungen
- Bodengruppe nach DIN 18196:	[TL]
- Konsistenz:	steif
- Bodenklasse n. DIN 18300 (2010, <i>alt</i>):	Klasse 4 – mittelschwer lösbare Bodenart
- Homogenbereich n. DIN 18300 (2015):	zu Homogenbereich C (Pkt. 4.3)
- Aufweichgefahr bei Wasserzutritt:	groß
- Verdichtungsfähigkeit:	mäßig
- Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB:	F 3 – sehr frostempfindlich
- Erosionsempfindlichkeit lt. DIN 18196:	groß
- Durchlässigkeit nach DIN 18130:	sehr schwach durchlässig
- Durchlässigkeitsbeiwert k:	$k \sim 1 \cdot 10^{-10}$ bis $1 \cdot 10^{-08}$ m/s

Schicht 3:

• Hanglehm, Schwemmsediment	Ton, stark sandig, schwach kiesig
- Bodengruppe nach DIN 18196:	TL
- Konsistenz:	steif bis halbfest
- Bodenklasse n. DIN 18300 (2010, <i>alt</i>):	Klassen 4 – mittelschwer lösbare Bodenart
- Homogenbereich n. DIN 18300 (2015):	zu Homogenbereich C (Pkt. 4.3)
- Aufweichgefahr bei Wasserzutritt:	groß
- Verdichtungsfähigkeit lt. DIN 18196:	mäßig
- Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB:	F 3 – sehr frostempfindlich
- Erosionsempfindlichkeit lt. DIN 18196:	groß
- Durchlässigkeit nach DIN 18130:	sehr schwach durchlässig
- Durchlässigkeitsbeiwert k:	$k \sim 1 \cdot 10^{-10}$ bis $1 \cdot 10^{-08}$ m/s

Schicht 4:

- | | |
|---|--|
| • Sandsteinzersatz | Kies (Sandsteinreste), stark sandig, schluffig |
| - Bodengruppe nach DIN 18196: | GU* |
| - Konsistenz: | steif |
| - Bodenklasse n. DIN 18300 (2010, <i>alt</i>): | Klasse 4 – mittelschwer lösbare Bodenart |
| - Homogenbereich n. DIN 18300 (2015): | Homogenbereich D (Pkt. 4.3) |
| - Aufweichgefahr bei Wasserzutritt: | gering |
| - Verdichtungsfähigkeit lt. DIN 18196: | gut bis mittel |
| - Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB: | F 3 – sehr frostempfindlich |
| - Erosionsempfindlichkeit lt. DIN 18196: | groß bis mittel |
| - Durchlässigkeit nach DIN 18130: | schwach durchlässig |
| - Durchlässigkeitsbeiwert k: | $k \sim 1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s |

4.3 Homogenbereiche für Erdarbeiten

Für das Gewerk Erdarbeiten sind die erkundeten Böden nach der aktuell gültigen DIN 18300 (2019) in folgende Homogenbereiche einzuteilen:

Homogenbereich A:	aufgefüllter Mutterboden (Schicht 1)
Mächtigkeit:	0,5 m am Erkundungsstandort RKS 1
Massenanteil Steine und Blöcke:	~ 0 Mass. %
organischer Anteil:	~ 2 - 6 Mass. %
Bodengruppe nach DIN 18196:	[OH]

Homogenbereich B:	aufgefüllter z. T. lehmiger Kies (Schicht 2.1)
Mächtigkeit:	0,8 m am Erkundungsstandort RKS 2
Korngrößenverteilung:	Kies, sandig bis stark sandig, tonig oder schwach Schluffig (Schicht 2.1)
Massenanteil Steine und Blöcke:	~ 0 - 10 Mass.% Steine
undrÄnierte Scherfestigkeit:	$c_u \sim 0 - 20 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt:	erdfeucht
Plastizitätszahl:	$I_p \sim 0 - 0,2$
Konsistenzzahl [GT*]:	$I_c = 0,5 - 0,75$ (weich)
Lagerungsdichte [GU]:	mitteldicht bis dicht
organischer Anteil:	0 Mass. %
Bodengruppen nach DIN 18196:	[GT*], [GU]
Altlasten, EBV-Materialwert:	>BM-F3 (Sulfat)

Homogenbereich C:	aufgefüllter und gewachsener stark sandiger Ton (aufgefüllter Ton, Hanglehm, Schwemmsediment, Schichten 2.2 und 3)
Korngrößenverteilung:	Ton, stark sandig, schwach kiesig
Massenanteil Steine und Blöcke:	0 Mass. %
undräßierte Scherfestigkeit:	$c_u \sim 0 - 80 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt *):	$w = 7 \text{ %}$ (Probe AE1.3 nach [U 9])
Plastizitätszahl:	$I_P \sim 0,1 - 0,2$
Konsistenzzahl *):	$I_C = 0,75 - 1,25$ (steif bis halbfest)
organischer Anteil:	0 Mass. %
Bodengruppen nach DIN 18196:	[TL], TL
Altlasten, EBV-Materialwert:	>BM-F3 (Sulfat)

*) Der Wassergehalt und die Konsistenz können durch Zutritt von Niederschlagswasser oder Staunässe oder durch Austrocknung vor allem im Zuge der Bauausführung Schwankungen unterliegen.

Homogenbereich D:	Sandsteinersatz (Schicht 4)
Korngrößenverteilung:	Kies (Sandsteinreste), stark sandig, schluffig
Massenanteil Steine und Blöcke:	$\sim 0 \text{ Mass. %}$
undräßierte Scherfestigkeit:	$c_u \sim 0 - 40 \text{ kN/m}^2$
Wassergehalt:	erdfeucht
Plastizitätszahl:	$I_P \sim 0 - 0,2$
Konsistenzzahl:	$I_C = 0,75 - 1,0$ (steif bis halbfest)
organischer Anteil:	0 Mass. %
Bodengruppe nach DIN 18196:	GU*

4.4 Erdstatische Kennwerte

Auf der Grundlage der Erkundungs- und Laborergebnisse, der DIN 1055 sowie den Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen EAU werden für die erkundeten Böden mit Ausnahme des bautechnisch nicht relevanten Mutterbodens folgende charakteristische Kennwerte ausgewiesen:

Tabelle 1a: Erdstatische Kennwerte für Auffüllungen

	Schicht 2.1: aufgefüllter z.T. lehmiger Kies		Schicht 2.2: aufgefüllter stark sandiger Ton
Bodengruppe	[GT*]	[GU]	[TL]
Lagerungsdichte/Konsistenz	weich	mitteldicht-dicht	steif
Wichte über Wasser γ [kN/m ³]	19	19	20
Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	10	11	10
Reibungswinkel φ' [°]	27,5	32,5	22,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	0	0	5
Kohäsion, undrainiert c_u [kN/m ²]	0	0	15
Steifemodul E_s [MN/m ²]	10	20	6

Tabelle 1b: Erdstatische Kennwerte für gewachsene Böden

	Schicht 3: Hanglehm, Schwemmsediment		Schicht 4: Sandsteinersatz
Bodengruppe	TL		GU*
Lagerungsdichte/Konsistenz	steif	halbfest	steif
Wichte über Wasser γ [kN/m ³]	20	21	20
Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	10	11	11
Reibungswinkel φ' [°]	22,5	22,5	27,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	5	10	2
Kohäsion, undrainiert c_u [kN/m ²]	15	40	15
Steifemodul E_s [MN/m ²]	6	8	15

4.5 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse

Während der Erkundungen am 01.10.2025 wurde bis zu den Bohrendteufen bei 2,1 - 3,0 m kein Grund- oder Schichtenwasser angetroffen.

Die Grundwasseroberfläche befindet sich nach [U 6] und [U 7] im Untersuchungsbereich in einer Tiefe von mehr als 10 m unter Gelände und ist daher für das Bauvorhaben nicht relevant.

Über dem Grundwasser muss im Bereich gering durchlässiger bindiger Bodenschichten (Schichten 2.2 und 3) mit jahreszeitlich und witterungsbedingt bis auf Geländeniveau auftretenden Schichtenwasser und Staunässe gerechnet werden.

5 Altlastenbewertung Erdaushub

Zur umweltrelevanten Deklaration des bei der Bauausführung anfallenden Erdaushubs wurde aus den aufgefüllten sowie den gewachsenen Böden jeweils eine Mischprobe entnommen. Im Labor des Thüringer Umweltinstituts Henterich GmbH erfolgten an den Mischproben Deklarationsanalysen nach der Ersatzbaustoffverordnung [U 12] für Böden (Tab. 2). Für Auffüllungen wurden die Parameter für Lehm/Schluff bzw. für Böden, die nicht einer Bodenart zuzuordnen sind, angesetzt (Anl. 5.1). Für die gewachsenen tonigen Böden gelten die Parameter für Ton (Anl. 5.2).

Tabelle 2: Deklarationsanalyse Böden nach Ersatzbaustoffverordnung [U 12]

Proben-Nr.	Entnahme-Sondierungen	Entnahme aus Baugrundschrift	Materialwert nach EBV [U 12]
MP 1	RKS 1 - 2	Auffüllungen (Schichten 2.1 – 2.2)	>BM-F3 (Sulfat)
MP 2	RKS 1 - 2	gewachsene Böden (Schichten 3 – 4)	>BM-F3 (Sulfat)

Die Proben sind aufgrund ihrer Sulfatgehalte von jeweils 1500 mg Sulfat pro l Eluat und der dadurch bedingten hohen elektrischen Leitfähigkeiten von 2380 - 2480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in den EBV-Materialwert >BM-F 3 einzustufen. Eine weitere Auffälligkeit stellt der erhöhte Kupfergehalt der Auffüllungsprobe MP 1 im BM-0*-Wertebereich dar.

Der hohe Sulfatgehalt ist geogen bedingt bzw. entspricht zum wesentlichen Teil dem natürlichen Sulfatgehalt der Böden, die vor allem aus dem Tal zwischen dem „Eichenbiel“ und dem „Kirchberg“ angeschwemmt wurden. Am Talanfang ca. 400 m südlich des Untersuchungsbereichs streichen Sulfatgesteine (Anhydritsteine) des Zechsteins geländenah aus.

Eine weitere Quelle des Sulfatgehaltes sind sulfathaltige Bauschuttreste (Gipsreste) in den Auffüllungen.

Aufgrund der überwiegend natürlich bedingten Sulfatgehalte sollte im Einvernehmen mit der Genehmigungsbehörde ein Einbau des anfallenden Erdaushubs in die Leitungsgräben ermöglicht werden.

Für eine Entsorgung des Erdaushubs wird empfohlen, im Zuge der Bauausführung eine in Situ Beprobung und Analysen nach Deponieverordnung DepV durchzuführen. Die vorliegenden Analysenergebnisse sind als Grundlage der Ausschreibung anzusehen.

6 Geotechnische Empfehlungen für den Straßenumbau

Der vorhandene Fahrbahnoberbau besteht im Untersuchungsbereich aus stark frostempfindlichem tonigem Kies (Schicht 2.1) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3.

Für den Umbau zur Fahrradstraße wird die Herstellung eines frostsicheren Oberbaus entsprechend RStO 12 empfohlen.

6.1 Maßgebliche Bemessungsparameter

Für die Planung der Bauausführung und die Bemessung des frostsicheren Oberbaus sind u. a. nach ZTVE-StB 17, RStO 12 und AbemBO 04 folgende Parameter anzusetzen:

Tabelle 3: Maßgebliche Bemessungsparameter

Frostempfindlichkeit des Untergrundes nach ZTVE-StB 17:	Frostempfindlichkeitsklasse F 3
Frosteinwirkungszone nach der Karte der Frosteinwirkungszone Thüringen:	Frosteinwirkungszone II
Wasserverhältnisse nach RStO 12, Tab. 7:	Temporäre Schichtenwasser und Staunässe im Bereich der Schichten 2.2 - 3 zeitweilig höher als 1,5 m unter Planum
Hydrologischer Fall nach AbemBO 04, Anlage 5:	Hydrologischer Fall 2 (zeitweilige Durchfeuchtung im Bereich der Schichten 2.2 - 3 höher als 1,5 m unter OK Straßendecke durch Schichtenwasser oder Staunässe)
vorhandene Untergrundtragfähigkeiten nach AbemBO 04, Anl. 1:	Verformungsmodule zwischen ca. $E_{v2} \sim 20$ bis $> 40 \text{ MN/m}^2$ (vorverdichtetes Altplanum)
Untergrundtragfähigkeit bei erhöhtem Wassergehalt nach DB-RiL 836:	Frühjahrestragfähigkeit $E_H \sim 15 \text{ MN/m}^2$ (aufgeweichte Schichten 2.2 - 3)

6.2 Herstellung Planum

Auf dem Planum in frostempfindlichen Böden und bei Einbau eines entsprechenden frostsicheren Aufbaus wird nach ZTVE-StB 17 und RStO 12 ein dauerhaftes Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bzw. nach Durchführung qualifizierter Bodenverbesserungsmaßnahmen von $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ gefordert.

Die geforderte Tragfähigkeit kann in den im Planumsniveau anstehenden Böden (Schichten 2 – 4) voraussichtlich nur bedingt bei bauzeitlich günstigen hydrologischen Verhältnissen (keine Aufweichung oder Austrocknung des Planums) durch Verdichten erlangt werden. Für den Fall bauzeitlich unzureichender Verdichtbarkeit des Planums sollte als Zusatzmaßnahme

- ein Austausch der bindigen Böden bis 40 - 60 cm unter Planum durch gut verdichtungsfähige Erdstoffe (z. B. Kiessand, Brechkorngemisch) oder
- eine Verfestigung des Planums bis in mindestens 25 cm Tiefe mittels hydraulischen Bindemitteln (z. B. Feinkalk oder Mischbinder)

vorgesehen werden.

An der Kontaktfläche zwischen dem Planum und nichtbindigem Austauschboden bzw. Oberbau ist die Filterstabilität z. B. mittels eines Trennvlieses zu gewährleisten. Die geforderte Planumtragfähigkeit ist auf dem Austauschboden nachzuweisen.

Gegebenenfalls sind zur Feststellung von erforderlichen Verbesserungsmaßnahmen und der einzuplanenden Austauschmächtigkeit Probefelder kurzfristig vor Bauausführung und damit bei bauzeitlichen hydrologischen Verhältnissen anzulegen.

Im Zuge der Erdarbeiten in den aufweichgefährdeten bindigen Böden (insbesondere in den Schichten 2.2 - 3) ist das Planum gegen Aufweichungen durch Niederschlagswasser und Staunässe zu schützen. Bei Erdarbeiten während einer niederschlagsreichen Zeit sollten Schutzmaßnahmen (Belassung einer 0,5 m mächtigen Bodenpartie über der endgültigen Aushubsohle bis kurz vor Überbauung, Abdeckung mit Planen, Einrichtung einer offenen Wasserhaltung) vorgesehen werden. Aufgeweichte Bodenpartien sind im Planum vollständig abzutragen.

6.3 Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus

Die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus sollte nach RStO 12, Pkt. 3.2, in Abhängigkeit von der Straßenbelastungsklasse festgelegt werden. Die Straßenbelastungsklasse Bk

ist nach RStO 12, Pkt. 2.5, zu ermitteln. Demnach sind folgende Minstdicken des frostsicheren Straßenaufbaus erforderlich:

Tabelle 4: Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaus nach RStO 12

Kriterien für die Festlegung der Dicke des frostsicheren Aufbaus	Straßenbelastungsklasse	
	Bk 3,2-1,0	Bk 0,3
Frostempfindlichkeit des Untergrundes	F 3	F 3
Ausgangswert nach RStO 12, Tab. 6	60 cm	50 cm
Frosteinwirkungszone II	+ 5 cm	+ 5 cm
Keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm	± 0 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund (Schichtenwässer und Staunässe zeitweilig höher als 1,5 m unter Planum)	+ 5 cm	+ 5 cm
Lage der Gradienten etwa in Geländehöhe	± 0 cm	± 0 cm
Entwässerung - über Mulden, Gräben und Böschungen - über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	± 0 cm - 5 cm	± 0 cm - 5 cm
Minstdicke des frostsicheren Aufbaus bei Entwässerung - über Mulden, Gräben und Böschungen - über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	70 cm 65 cm	60 cm 55 cm

Bei einer Verfestigung des frostempfindlichen Untergrundes ist die verfestigte Bodenzone bis zu einer Dicke von maximal 20 cm dem frostsicheren ungebundenen oder teilgebundenen Oberbau anrechenbar.

Auf einer ungebundenen Tragschicht sollte ein E_{v2} -Wert von $\geq 120 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden.

Bei Errichtung eines vollgebundenen Oberbaus richtet sich die erforderliche Mindestmächtigkeit nach RStO 12, Tafel 4. Der Untergrund ist bis in mindestens 15 cm Tiefe zu verfestigen. Die verfestigte Zone ist dem frostsicheren vollgebundenem Oberbau nicht anrechenbar.

6.4 **Mindestdicke des frostsicheren Gehwegaufbaus**

Für die Gehwege sollte die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus entsprechend RStO 12, Pkt. 5.2, festgelegt werden. Demnach sind für Gehwege folgende Mindestdicken des frostsicheren Aufbaus zu berücksichtigen:

Tabelle 5: Mindestdicke des frostsicheren Gehweg-Aufbaus nach RStO 12

Kriterien für die Festlegung der Dicke des frostsicheren Aufbaus	Gehwege
Frostempfindlichkeit des Untergrundes	F 3
Ausgangswert nach RStO 12, Pkt. 5.2	30 cm
Frosteinwirkungszone II	+ 5 cm
Keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund (Schichtenwässer bzw. Staunässe zeitweilig höher als 1,5 m unter Planum)	+ 5 cm
Lage der Gradienten etwa in Geländehöhe	± 0 cm
Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus	40 cm

Für Kfz-Überfahrten von Gehwegen (Grundstückszufahrten) erfolgt die Bemessung des Oberbaus für Straßen entsprechend ihrer Belastungsklasse (in der Regel Bk 03) nach Pkt. 6.3.

Auf einer ungebundenen Tragschicht eines Gehweges sollte ein E_{v2} -Wert von $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden.

6.5 **Straßenentwässerung, Versickerung von Niederschlagswasser**

Für eine Versickerung von auf Verkehrsflächen anfallendem Niederschlagswasser wird nach RAS-Ew 05 eine genügend mächtige wasseraufnehmende Bodenschicht gefordert, die zur Gewährleistung der Reinigungswirkung und der Versickerungsfähigkeit eine Durchlässigkeit zwischen $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ und $1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ aufweist.

Die erkundeten Böden wiesen jedoch nur Durchlässigkeiten von $k_f \sim 1 \cdot 10^{-10}$ bis $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ (Schichten 2.2 – 3) bzw. von $k_f \sim 1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ (Schicht 4) auf. Der Baubereich ist daher für eine Versickerung von Niederschlagswasser *nicht* geeignet. Es ist eine Straßen- und Planumsentwässerung vorzusehen. die Anlage von Mulden und/oder Rigolen ist aufgrund der Bestandsbebauung nicht zulässig.

7 Empfehlungen für die Verlegung von Rohrleitungen

7.1 Aushub Leitungsgräben

Aushubarbeiten bis in eine Tiefe von $> 1,25$ m erfolgen nach DIN 4124 unter Verbau oder bei ausreichenden Platzverhältnissen unter einem Böschungswinkel von nicht steiler als $\beta \leq 45^\circ$ (nichtbindige oder bindige Böden bei weicher Konsistenz) bzw. als $\beta \leq 60^\circ$ (bindige Böden bei steifer bis halbfester Konsistenz). Im Falle des Zutritts von Niederschlags-, Schichtenwasser oder von Staunässebildungen wäre Verbau in Verbindung mit einer offenen Wasserhaltung erforderlich.

7.2 Herstellung tragfähige Leitungsgrabensohle

Die durch Aushubarbeiten aufgelockerte Grabensohle ist bei trockenem Zustand nachzuverdichten.

Die Aushubgrabensohle ist insbesondere in den Tonen der Schichten 2.2 und 3 gegen Aufweichungen durch zutretende Schichten- oder Niederschlagswasser zu schützen (z. B. Bauausführung in einer trockenen Jahreszeit, Belassung einer 0,50 m mächtigen Bodenpartie über der endgültigen Aushubsohle bis kurz vor Leitungsbau und anschließender Grabenverfüllung). Evtl. in der Grabensohle aufgeweichte Bodenpartien sind kurz vor Leitungsbau und Grabenverfüllung vollständig abzutragen.

7.3 Verfüllung Leitungszone

Die Leitungszone zwischen Grabensohle und 30 cm über Rohrscheitel ist mit steinfreiem grobkörnigem Material (Sande oder Kiessande) entsprechend ZTVA-StB 12 und den Vorschriften des Rohrherstellers zu verfüllen. Die Grabensohle und das einzubringende Material sind beidseitig der Leitungen lagenweise auf $D_{Pr} \geq 97 \%$ zu verdichten. Lageveränderungen und Beschädigungen der Leitungen sind zu vermeiden.

7.4 Verfüllung Verfüllzone (Grabenhauptverfüllung)

Der Einbau des beim Leitungsgrabenaushub anfallenden Erdaushubs in die Verfüllzone sollte unter Berücksichtigung umweltrelevanter und bautechnischer Belange angestrebt werden.

Der umweltrechtliche Einbau des sulfatbelasteten Erdaushubs sollte im Einvernehmen mit der Genehmigungsbehörde ermöglicht werden (Pkt. 5).

Der z. T. aufgefüllte Ton der Schichten 2.2 - 3 weist eine mäßige und wassergehaltsabhängige Verdichtbarkeit auf. Er ist daher bautechnisch nur bedingt und bevorzugt außerhalb der Straße zur Grabenverfüllung geeignet. Gegebenenfalls ist die Verdichtbarkeit des Tons vor Einbau durch Zumischung von Grobkorn zu verbessern. Eine gute bis mittlere Verdichtbarkeit ist dem Sandsteinzersatz (Schicht 4) zuzusprechen.

Als Fremdmaterialien sollten in Leitungsrabenbereichen, die von einer wasserundurchlässigen Deckschicht (z. B. Asphalt, Beton oder Pflaster mit dichten Fugen) überbaut werden, gut verdichtbare nichtbindige gemischt- bis grobkörnige Kiese und Sande in die Verfüllzone eingebaut werden.

In Bereichen außerhalb geplanter wasserundurchlässiger Deckschichten und insbesondere in den anstehenden Tonen der Schichten 2.2 - 3 sollten gering durchlässige, bindige gemischtkörnige oder durch Grobkornzuschlag verbesserter Ton zur Verfüllung verwendet werden, um spätere Wasseransammlungen und Bodenaufweichungen in den Verfüllungen zu vermeiden.

In den Verkehrsflächen (Fahrbahn, Gehwege) sind die Böden lagenweise (Lagendicke $\leq 10 - 30$ cm in Abhängigkeit von den Einbauböden) nach ZTVE-StB 17, Pkt. 4.3.2, bis auf Planumsniveau wie folgt zu verdichten:

Tabelle 6: Verdichtungsanforderungen von Füllböden der Verfüllzone im Bereich von Verkehrsflächen nach ZTVE-StB 17

Füllböden	Tiefenbereich der Verfüllzone	Verdichtungsgrad D_{Pr} in %	Luftporenanteil n_a in %
Böden der Bodengruppen GW, GI, SW, SI, GU, GT, SU, ST	Planum bis 1,0 m Tiefe	≥ 100	-
	1,0 m unter Planum bis Sohle Verfüllzone	≥ 98	-
Böden der Bodengruppen GU*, GT*, SU*, ST*, TL, TM	Planum bis Sohle Verfüllzone	≥ 97	$\leq 8^*) / \leq 12^{**})$

*) für Böden ohne qualifizierter Verbesserung

**) für Böden nach qualifizierter Verbesserung

Außerhalb von Verkehrsflächen sind die eingebrachten Böden der Verfüllzone lagenweise auf $D_{Pr} \geq 97$ % zu verdichten.

Die Verfüllungen sollten zur Vermeidung von Beschädigungen der Leitungen bis 1,0 m über Rohrscheitel mit leichten und darüber mit mittelschweren Verdichtungsgeräten verdichtet werden. Empfehlungen zur Wahl der Verdichtungsgeräte, der Schutthöhen und der Verdichtungsübergänge können der ZTVA-StB 12, Anhang 1, entnommen werden.

8 Schutzmaßnahmen gegen Erdfallgefahr

Bei Bedarf können von uns vom Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) Informationen zur Erdfallgefahr des Baubereichs und Empfehlungen für Sicherungsmaßnahmen abgefragt werden. Für die geplante Baumaßnahme werden aufgrund der örtlichen Bedingungen und dem regionalen Kenntnisstand für das Bauvorhaben keine zusätzlichen Maßnahmen als notwendig angesehen.

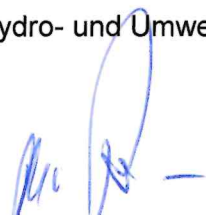
9 Schlussbemerkungen

Die vorliegende geotechnische Stellungnahme beschreibt die durch die Bodenaufschlüsse festgestellten Baugrundverhältnisse in geologischer, geotechnischer und hydrologischer Sicht. Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den uns zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Baugrundgutachtens bekannten Zustand und Planungsstand.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Beurteilung auf punktförmige Aufschlüsse beruht. Bei Unklarheiten hinsichtlich der Einstufung einzelner Bodenschichten stehen wir während der Erdarbeiten zur Verfügung, Entscheidungshilfen zu leisten.

Sollte sich im Zuge der weiteren Planung oder bei der Ausführung noch Fragen in geotechnischer oder gründungstechnischer Sicht ergeben, bitten wir, unser Baugrundbüro zur weiteren Beratung heranzuziehen.

IHU Gesellschaft für Ingenieur-,
Hydro- und Umweltgeologie mbH



Dipl.-Ing. K. Rose

Prokurist/Projektleiter



Dipl.-Geol. G. Witte

Projektbearbeiter