



Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg
Spechtsart 1 · 06618 Naumburg

METRON Unabhängige Planungsgesellschaft mbH
Stadtweg 27
06667 Weißenfels

Hauptsitz:
Spechtsart 1
06618 Naumburg /Saale

Tel.: (03445) 26 10 280
Fax: (03445) 26 10 285

baugrundweissenburg@t-online.de
www.baugrundweissenburg.de

**Merseburg, Verlängerung / Anpassung Schmutzwasser-
Druckleitung Merseburg-Süd, Spergauer Weg**

BAUGRUNDGUTACHTEN

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020

1. Bericht

Auftraggeber: METRON Unabhängige Planungsgesellschaft mbH

Auftragsnummer: N1890/24

Bearbeiter: Dr.-Ing. Weissenburg
M. Sc. Seidel

Naumburg, den 21.11.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Bauvorhaben	4
2	Baugrund.....	4
	2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs	4
	2.2 Geologie.....	4
	2.3 Hydrogeologie / Hydrologie	5
	2.4 Besonderheiten	5
3	Untersuchungen	6
	3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse	6
	3.2 Laboruntersuchungen.....	6
4	Ergebnisse der Untersuchungen	6
	4.1 Untergrund / Unterbau - Schichtenverlauf und -verbreitung	6
	4.2 Eigenschaften und Klassifizierung der Böden.....	8
	4.3 Erdstatische Kennwerte.....	11
	4.4 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse	12
5	Baugrundbeurteilung	15
	5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung	15
	5.2 Gründung von Rohrleitungen und Schachtbauwerken.....	15
6	Bautechnische Hinweise.....	22
	6.1 Böschungen / Baugruben / Rohrgräben	22
	6.2 Wasserhaltung	23
	6.3 Nachbarsicherung	24
	6.4 Bohr- und Rammbarkeit (Verbauarbeiten)	24
7	Umweltrelevante Untersuchungen.....	25
8	Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung.....	26
9	Homogenbereiche	26
10	Schlussbemerkung	28

Unterlagen

Auftrag vom 23.09.2023

Auftraggeber: Metron Unabhängige Planungsgesellschaft mbH

Für die Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

U 1 - Topografische Karten	M 1 : 25 000
U 2.1 - Geologische Karten	M 1 : 25 000
U 2.2 - Geologische und hydrogeologische Übersichtskarten (digital)	
U 3 - vom AG bzw. vom Planer übergebene Unterlagen	
U 3.1 - Aufgabenstellung	
U 3.2 - Lage- und Höhenplan	
U 3.3 - Vermessungsunterlagen	
U 4 - Leitungsbestandspläne	
U 5 - DIN-Normen, Regelwerke, Literatur	
u.a. DIN 1054 (2010), DIN EN 1997-1 (2009/2010), DIN EN 1997-2 (2010), DIN 4020 (2010), DIN 4023 (2006), DIN 18196 (2011), DIN EN ISO 14688 (2011), DIN EN ISO 14689 (2011), RiLiGeoB, ZTVE-StB, ZTVA-StB, RStO in den jeweils derzeit gültigen Fassungen, EA-Pfähle, EAB, EAU, EBGeo	

Weitere Unterlagen, wie Detailpläne, Querschnittprofile, Lastangaben u.a. liegen derzeit nicht vor.

Anlagen

A 1.1	- Übersichtsplan	Blatt 1
A 1.2	- Fotodokumentation	Blatt 1 - 2
A 2	- Aufschlussplan	Blatt 1
A 3.1	- Schichtenverzeichnisse	entfällt
A 4	- Bohr- und Sondierprofile	Blatt 1
A 5	- Laboruntersuchungen Boden	
A 5.0	- Tabellarische Darstellung aller Laboranalysen	Blatt 1
A 5.1	- Korngrößenverteilungen	Blatt 1
A 5.2	- Zustandsgrenzen, Plastizitätsdiagramme	Blatt 1
A 7	- Chemische Analytik	Blatt 1 - 18
A 8	- Baugrundschnitt	Blatt 1
A 13	- Homogenbereiche	Blatt 1 - 4



1 Bauvorhaben

Der Abwasserzweckverband Merseburg plant die Verlängerung bzw. Anpassung der Schmutzwasser-Druckleitung im Spergauer Weg in Merseburg-Süd.

Die Planungen werden vom Ingenieurbüro METRON Unabhängige Planungsgesellschaft mbH in Weißenfels erbracht.

Geplant ist im Spergauer Weg eine Abwasserdruckleitung PE-HD Da 160 entweder in geschlossener oder offener Bauweise zu verlegen.

Der offene Kanal ist in die geotechnische Kategorie II einzuordnen. Die geschlossene Rohrverlegung ist in die geotechnische Kategorie III einzuordnen.

Die Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg Ingenieurgesellschaft mbH wurde vom Ingenieurbüro METRON Unabhängige Planungsgesellschaft mbH in Weißenfels beauftragt, für das o.g. Bauvorhaben eine Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung vorzunehmen.

Als Höhenbezug wurden die in den Planungsunterlagen (U 3) angegebenen Höhen in m NHN (DHHN) zu Grunde gelegt.

2 Baugrund

2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs

Der zu begutachtende Trassenabschnitt liegt im Spergauer Weg in Merseburg Süd.

Großräumig betrachtet ist die Geländeoberfläche flachwellig und fällt leicht von Süden in nördliche Richtung zur Geisel ab. Im Baufeld liegen die Geländehöhen bei ca. 99,0 m NHN.

Die vorhandene Bebauung besteht hauptsächlich aus 1 - 3 geschossigen Wohngebäuden und Nebengelassen. Über die Gründungsverhältnisse der Altbebauung liegen keine Angaben vor.

Entlang der Straßen und in Grundstücken stehen z.T. vereinzelt bis in Gruppen Bäume und Büsche.

2.2 Geologie

Der Standort befindet sich aus regionalgeologischer Sicht im Bereich der Merseburger Buntsandsteinplatte, teilweise am Rand der holozänen Bachaue der Geisel. Sandsteine und Tonsteine des Übergangsbereiches Unterer/Mittlerer Buntsandstein bilden den älteren

Untergrund. Überlagert werden die Festgesteine von tertiären, pleistozänen und holozänen Lockergesteinen.

Nach U 2 wird der Festgesteinsuntergrund von den Sedimentgesteinen des Mittleren Buntsandsteins gebildet, einer Folge plattiger - bankiger Sandsteine mit Ton- und Schluffsteineinlagerungen. An der Grenze zu den Lockergesteinen sind die Festgesteine in einer Mächtigkeit von mehreren Dezimetern bis Metern entfestigt und lockergesteinsartig zu Sand bzw. Ton zersetzt.

Die Lockergesteinsschicht wird im natürlichen Profil von tertiären Sedimenten in Form von Tonen, Sanden und Kiesen gebildet, in die lokal auch Braunkohlenflöze eingeschaltet sein können. Über dem Tertiär stehen quartäre Sande und Kiese so genannte Bach- oder Terrassenschotter sowie Geschiebemergel mit eingeschalteten Schmelzwassersanden und Beckentonen an. In den Bachauen und Senken stehen Bachschotter und darüber Auelehme/Schwemmlöhme an. Am Rand der Auen sind Verzahnungen und Wechsellagen von Aue- und Hangablagerungen möglich.

Infolge des Straßenbaues sowie anderer anthropogener Einwirkungen stehen oberflächlich zumeist Auffüllungen an.

2.3 Hydrogeologie / Hydrologie

Als Hauptvorflut fungiert im Norden die Geisel, die von Südwesten kommend nach Nordosten entwässert. Daneben ist unmittelbar im Westen ein Entwässerungsgraben vermerkt, der von Süden kommend zur Geisel fließt. Im Westen befindet sich ein Teich.

Die oberen Grundwasserleiter werden nach U 2 von Bachschottern und daneben von quartären und tertiären Sanden und Kiesen gebildet, die rinnen-, linsenartig bis flächenhaft in Geschiebemergeln/Beckenschluffen eingelagert sein können. Allgemein ist von einer Abstromrichtung entsprechend der Geländemorphologie Richtung Nordosten auszugehen.

Die bindigen Böden (Auelehm/Schwemmlehm) stellen im Wesentlichen Grundwasserringleiter bzw. -stauer dar, wobei Schichtwässer auch in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Lagen fließen können.

Infolge oberflächennah anstehender schluffiger Sedimente besteht allgemein die Gefahr von Staunässe nach Starkniederschlägen.

2.4 Besonderheiten

Der Standort gehört nach DIN EN 1998-5 bzw. DIN 4149 bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte zur keiner Erdbebenzone.

Die Festgesteine des Mittleren Buntsandsteins gelten im ingenieurgeologischen Sinne als schwächefrei, d.h. mit Auslaugungserscheinungen und deren Folgen ist nicht zu rechnen.

Der großräumige Standortbereich ist durch alte Braunkohlebergbaubereiche bekannt. Daneben befinden sich im Standortbereich teilweise alte Ton-, Sand- oder Kiesgruben.

Der Standort liegt in einer Kampfmittelverdachtsfläche.

Der Standort liegt in keinem Wasser oder Heilquellenschutzgebiet.

3 Untersuchungen

3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Oktober 2024 insgesamt 4 Kleinbohrungen als Rammkernsondierungen (BS) bis in Regeltiefen von 4 m unter OKG abgeteuft.

Die Lage der Untersuchungspunkte und die Aufschlusstechnik wurden neben dem Erkundungsziel teilweise auch von örtlichen Gegebenheiten (Leitungsbestand, Kampfmittelfreimessung) bestimmt.

Die Untersuchungspunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und sind zusammenfassend im Lageplan der Anlage 2 gekennzeichnet. Sämtliche Erkundungsergebnisse sind in Form von Bohrprofilen und Ramm diagrams in der Anlage 4 dargestellt.

3.2 Laboruntersuchungen

Zur Klassifizierung der Böden und Bestimmung der Baugrundeigenschaften bzw. Festlegung der Bodenkennwerte wurden folgende Laborversuche durchgeführt:

- 1 Wassergehalte
- 1 Konsistenzgrenzen
- 3 Kornverteilungen
- 1 Glühversuch

Dabei wurde das Laborprogramm den vorgefundenen Baugrundverhältnissen angepasst.

4 Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 Untergrund / Unterbau - Schichtenverlauf und -verbreitung

In Auswertung der stichprobenartigen Aufschlüsse ergibt sich für die Trasse folgendes generelles geologisches Schichtenmodell:

Schicht 1 - Auffüllung	(Schotter / Kies, sandig / Sand, kiesig, z.T. schluffig oder steinig; z.T. organische Beimengungen)
Schicht 2 - Schwemmlehm	(Ton, stark schluffig, sandig, z.T. organische Beimengungen)
Schicht 3 - Sande und Kiese	(Sand z.T. kiesig bis stark kiesig, schluffig; Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis stark schluffig)

Nach den Aufschlussergebnissen stehen oberflächig **Auffüllungen** mit unterschiedlichen Mächtigkeiten von ca. 0,8 ca. 1,7 m unter OKG an. Die Oberflächenbefestigung der vorhandenen Straße wurde als Schwarzdecke (0,07 ... 0,12 m) ausgebildet. Darunter ist das Bodenmaterial hauptsächlich als Kies bzw. Sand ausgebildet und den ungebundenen Trag- und Frostschutzschichten zuzuordnen. Teilweise wurden auch Steine/Blöcke festgestellt (BS 3).

Darunter bzw. daneben kamen unterschiedlich Sande/Kiese, Sand/Kies-Ton-Gemische oder Tone mit schwankenden Kornanteilen zur Auffüllung. Die aufgefüllten Erdstoffe sind teilweise regellos mit Ziegelresten und anderem Bauschutt durchsetzt. Eine weitere detaillierte Abgrenzung der Auffüllungen vom natürlichen Baugrundprofil ist fachtechnisch und wirtschaftlich nur im großräumigen Anschnitt im Zuge der Bauausführung möglich. Da anthropogene Hinweise mitunter fehlen, ist eine genaue Abgrenzung zum natürlichen Profil z.T. auch schwierig zu ziehen.

In BS 2 folgt unter den Auffüllungen **Schwemmlehm**. Der braune bis dunkelgraue Erdstoff ist hauptsächlich ein stark schluffiger, sandiger Ton. Die bindigen Ablagerungen besitzen vorwiegend leichte bis mittelplastische Eigenschaften und stehen hauptsächlich mit weichen bis steifen Konsistenzen an.

Der Schwemmlehm besitzt allgemein eine relativ geringe Scherfestigkeit und hohe Zusammendrückbarkeit. Er ist stark wasser- und bewegungsempfindlich und im Allgemeinen als nur schwer verdichtbar einzuschätzen. Die Schichtmächtigkeit beträgt ca. 0,5 m.

Darunter folgen **Sande und Kiese**. Dabei handelt es sich unterschiedlich um eng gestufte Sande oder um weit- bis intermittierend gestufte kiesige Mittel- bis Grobsande oder Kiessande. Die Farbe ist grau, hellgrau bis dunkelgrau, graubraun, in Teilbereichen auch gelbbraun. Die Lagerungsdichte der Sande und Kiese wurde aufgrund der Eindringwiderstände bei den Rammkernsondierungen (leicht zu bohren) hauptsächlich als locker z. T. als mitteldicht festgestellt. Insbesondere die Fein- und Mittelsande sind infolge ihrer zumeist engen Kornabstufung erfahrungsgemäß relativ lage- bzw. erschütterungsempfindlich und neigen bei Entlastung bzw. Austrocknung zu Auflockerungserscheinungen. Unter Wasserzutritt sind sie als teilweise fließgefährdet (SU*/ST*) einzuschätzen. Die Sande und Kiese standen bis zum Erreichen der Endteufe der Sondierungen an.

4.2 Eigenschaften und Klassifizierung der Böden

- Baugrundeigenschaften

Auf der Grundlage der Feld- und Laborprüfungen sowie anhand von Vergleichs- und Erfahrungswerten können die aufgeschlossenen Erdstoffe durch folgende bodenphysikalische Eigenschaften beschrieben werden:

Schicht 1: Auffüllung

Die punktförmig aufgeschlossenen Auffüllungen weisen stark unterschiedliche Zusammensetzungen von Ton bis Kies auf. Bedingt durch die Inhomogenität in der Zusammensetzung, unterschiedliche Einbauzwecke (Tragschichten, Geländeregulierungen etc.) und unterschiedliche Verdichtungsgrade sind stark wechselhafte Eigenschaften vorhanden. Allgemein ist zu beachten, dass nicht zweckgebunden verdichtete Auffüllungen zumeist eine unterschiedliche und allgemein geringe Dichte, eine hohe Hohlräumigkeit bzw. Makroporosität sowie bei Wasserzutritt eine noch vorhandene Sackungsempfindlichkeit aufweisen können. Insgesamt ist die Auffüllung bei Belastung je nach Porenvolumen stark bis schwach zusammendrückbar. Bauwerksreste sind generell möglich.

Oberbau: alte Tragschicht / Frostschutzschicht (Schotter, Sande und Kiese)

Klassifikation nach DIN 18196: Auffüllungen aus natürlichen Böden [GW, GI, SW, SI, GU/GT, SU/ST, SU*/ST*, X, (Y)]

Frostverhalten (ZTVE-StB): je nach Feinkornanteil nicht bis mittel, z.T. sehr frostempfindlich (F1 – F3)

- Unterbau, Auffüllungen, Erdablagerungen

Bodengruppe (DIN 18196): Auffüllung aus natürlichen Böden [GW, GI, SW, SI, SU/ST, SU*/ST*, GU/GT, GU*/GT*, TL, TM, OU, OH] mit möglichen Stein-/Blockanteilen [X, Y] und Fremdstoffen (A)

- Tone/Schluffe, bindiges gemischtkörniges Material (Feinkornanteil > 15 %):

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): sehr frostempfindlich (F 3)

Plastizität: leicht bis mittelplastisch

Konsistenz: vorwiegend weich bis steif

Zusammendrückbarkeit: mittel bis sehr groß

- Sand- und Kiesmaterial:

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): je nach Feinkornanteil nicht bis gering frostempfindlich (F 1/F 2) bis teilweise sehr frostempfindlich (F 3)

Lagerungsdichte: je nach Einbauzweck locker bis mitteldicht, z.T. dicht

Zusammendrückbarkeit: gering bis mittel, bei lockerer Lagerung mittel bis groß

Beimengungen: z.T. organische Beimengungen

Schicht 2: Schwemmlehm

Benennung (DIN 4022):	Ton, stark schluffig, sandig
Farbe:	dunkelgrau, dunkelgraubraun
Bodengruppe (DIN 18196):	TL, TM, OU (SU*/ST*)
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	F 3 - sehr frostempfindlich
Plastizität:	vorwiegend leicht bis mittelplastisch,
Konsistenz:	weich bis steif
Laborergebnisse (Einzelwerte):	$w_n = 18,2 \%$ $w_L = 28,5 \%$, $w_P = 19,1 \%$, $I_P = 9,4 \%$, $I_C = 0,70$ $V_{GI} = 9,0 \%$
Zusammendrückbarkeit:	groß bis sehr groß
Tragfähigkeit:	gering bis sehr gering
Beimengungen:	z. T. organische Beimengungen
Grundwasserleiter:	Grundwassergeringleiter

Der bindige Boden der Schicht 2 und vergleichbare Auffüllungen sind stark witterungsempfindlich. Auf ungeschützten Aushubsohlen kommt es insbesondere durch Wasser- und/oder Frosteinwirkung zu rasch voranschreitenden Entfestigungs- und Aufweichungsprozessen. Unter Einwirkung von Wasser erfolgt insbesondere bei gleichzeitiger dynamischer Beanspruchung eine schnelle Konsistenzverschlechterung.

Schicht 3: Sande und Kiese

Benennung (DIN 4022):	Fein- bis Mittelsand, stark schluffig; Mittel- bis Grobsand kiesig, schwach schluffig bis stark schluffig; Kies, stark sandig
Farbe:	grau, hellgrau, dunkelgrau, gelbbraun, braun, graubraun, ocker
Bodengruppe (DIN 18196):	GW, GI, GU/GT, SW, SI, SU/ST, GU*/GT*, SU*/ST*
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	je nach Ausbildung nicht bis sehr frostempfindlich (F 1 bis F 3)
Kornverteilung:	eng- bis intermittierend gestuft
Lagerungsdichte:	vorwiegend locker bis mitteldicht
Gleichförmigkeit:	gleichförmig bis ungleichförmig
Laborergebnisse (Einzelwerte):	$U = 24,2 \dots 46,5$; $C_c = 0,53 \dots 2,2$
Kornform / Rauigkeit:	kugelig, stückig / kantig
Zusammendrückbarkeit:	mittel bis gering
Tragfähigkeit:	mittel bis hoch
Grundwasserleiter:	Grundwasserleiter
Bemerkungen:	Ramm- und Bohrhindernisse (Gerölle, Blöcke) möglich

- Bodenklassen und Bodengruppen

Die vorstehend beschriebenen Bodenschichten sind in folgende Bodengruppen und Bodenklassen einzuordnen:

Bodenart	Kurzzeichen DIN 18 196 (2006)	DIN 18 300 (2012)	DIN 18301 (2012)	DIN 18319 (2012)	ZTVA-StB (1997/ 2006)	ATV - A 127 (2000)
Auffüllung* ¹ (Schicht 1)	A [GI, GW, SW, SI, GU/GT, GU*/GT*, SU/ ST, SU*/ST*, TL, TM, TA, OU, OT (X,Y)]	3 – 5	BN 1 - 2, BB 2 - 3 (BS 1, 3)	LNW 1 - 3 LBM 1 - 2 S 1 - 2	V1 - V3 (außer TA, OU)	G 1 – 4
Schwemm- lehm (Schicht 2)	TL, TM, OU, (SU*/ST*)	4 (2 ^{*2,3})	BB 2 (BN 2)	LBM 1 – 2 P 1 (LN 1-2)	V3 (2) (außer OU)	G 4 (3)
Sande und Kiese (Schicht 3)	SW, SI, GW, GI, SU/ST SU*/ST*, GU/ GT, GU*/GT*	3 - 4 ^{*3,4}	BN 1 - 2 (BS 1 - 4)	LNE, 1-2 (3), LN 1- 2 (3), (S 1 - 4)	V1 – 2	G 1 - 3

*1 Einstufung ohne Oberflächenbefestigungen oder großvolumige Hindernisse wie Bauwerksreste (Fundamentreste etc.)

*2 eventuelle breiige Bereiche ($I_c < 0,5$) sind in die Bodenklasse 2 - fließende Böden - einzuordnen.

3 Bodenklasse 2 - fließende Böden - bei Anschnitt unter Grundwasser (ST)

*4 Steine oder Gerölle möglich; Steinanteile bis 0,01 m³ Rauminhalt und Steinanteile $\leq 30\%$ von $> 0,01$ m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt sind in Bodenklasse 5; Steinanteile $> 30\%$ bis $d = 0,6$ m sind in Bodenklasse 6 und Steine $d > 0,6$ m sind in Bodenklasse 7 einzuordnen.

- Verdichtungseigenschaften

Die bindigen Böden der Schicht 2 sowie vergleichbare bindige Auffüllungen sind nach ZTVA-StB 97/06 in die Verdichtbarkeitsklassen V3 und V2

- bindige, feinkörnige Böden - bis
- bindige, gemischtkörnige Böden -

einzustufen. Die Sande und Kiese und die sandigen und kiesigen Auffüllungen sind hinsichtlich ihrer Verdichtungsfähigkeit in Abhängigkeit seines Feinkornanteils in die Verdichtbarkeitsklassen V1 bis V2 (GU*/GT*, SU*/ST*)

- nicht bindige Böden (V 1) - bis
- bindige, gemischtkörnige Böden (V2) -

einzuordnen

Aufgrund von vorliegenden Erfahrungswerten können die Verdichtungswilligkeit und die daraus folgenden zu erwartenden Proctordichten wie folgt abgeschätzt werden:

Bodenart	Verdichtungswilligkeit	Proctordichten ρ_{Pr} [g/cm ³]
Auffüllungen		
Sande und Kiese	normal bis gut	1,90 – 2,10
Tone und Schluffe	nicht bis schwer	<1,60 – 1,80
Schwemmlehm	sehr schwer bis schwer	<1,65 – 1,75
Sande und Kiese	normal bis gut	1,80 - 2,30

Ausgeprägt plastische Bodenbereiche (TA) oder Bereiche mit höheren organischen Anteilen (OU, OT) sind als sehr schwer bis nicht verdichtungswillig einzustufen.

Die **bauseitige Einbaufähigkeit** (Verarbeitbarkeit) des Materials hängt neben seiner Verdichtungswilligkeit vor allem von den **Wassergehalten** zur Bauzeit sowie von seiner **Wasserempfindlichkeit** ab.

Bei den stichprobenartig untersuchten Proben wurden teilweise sehr schwankende **Wassergehalte** bestimmt. Im Einzelnen wurden folgende Werte laborativ ermittelt:

Bodenart	Wassergehalt [-]
Schwemmlehm (Schicht 2)	18,0

Allgemein ist zu beachten, dass die geforderten Verdichtungswerte mit einer Nachverdichtung nur erzielbar sind, wenn die bauseitigen Wassergehalte im Bereich der zulässigen Wassergehalte liegen. Bei zu hohen Wassergehalten muss der Boden getrocknet werden (Aufreißen, Zugabe von hydraulischen Bindemitteln.) Bei zu niedrigen Wassergehalten ist eine Wasserzugabe erforderlich. Bei Wassergehalten auf dem trockenen Ast sind zusätzlich die zulässigen Luftporengehalte zu beachten.

Aufgrund der z.T. sehr schwankenden und teilweise sehr hohen Wassergehalte sowie der allgemein schlechten Verdichtungswilligkeit bzw. hohen Wasserempfindlichkeit ist zu erwarten, dass bauseitig Verdichtungsgrade von $D_{Pr} \geq 97$ % Proctoroptimum in den bindigen Deckschichten mit einer Nachverdichtung in der Regel nicht oder nur sehr schwer bzw. auch nicht durchgängig erreichbar sind. Daher sind Maßnahmen zur Schaffung einer ausreichenden Planumtragfähigkeit einzuplanen. Für den konstruktiven Erdbau sind diese Böden bei hohen Wassergehalten ebenfalls als nicht bzw. nur sehr bedingt geeignet einzuschätzen.

4.3 Erdstatische Kennwerte

Für erdstatische Berechnungen können auf der Grundlage von Erfahrungswerten, Analogien, aufgrund der Laborprüfungen sowie nach DIN 1055 folgende charakteristische Werte für die geotechnischen Kenngrößen (Bodenkenngrößen) in Ansatz gebracht werden:

Schicht Nr.	Bodenart	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte u. Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	effektive Kohäsion c'_k [kN/m ²]	undrionierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
1	Auffüllungen*						
	Sand / Kies	18 - 21	10 - 11	30 / 35	3 / 0	-	10 - 50
	Ton / Schluff	17 - 20	9 - 10	20 - 27	5 - 0	15 - 100	2 - 8
2	Schwemmlehm	18 - 19	8 - 9	23 - 25	5 - 3	15 - 60	4 - 6
3	Sande Kiese	17 - 19	9,5 - 10,5	30 - 33 34 - 36	0	-	15 - 40 30 - 80

* Die Scherparameter (ϕ' , c') gelten nur für Erddruckbemessungen.

(w) – weiche Konsistenz ($0,5 \leq I_c \leq 0,75$), (st) – steife Konsistenz ($0,75 \leq I_c$), (hf) – halbfest ($I_c \geq 1,0$)

Die Werte sind je nach Aufgabenstellung als Mittelwerte oder als obere und untere Grenze für Grenzwertbetrachtungen in Ansatz zu bringen. Die Werte für den Steifemodul berücksichtigen eine lagerungs- bzw. eine tiefenabhängige Verteilung. Für Detailfragen sind wir zu konsultieren.

4.4 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten im Oktober 2024 wurden die Grundwasserstände wie folgt gemessen:

Aufschluss	Wasserspiegel				
	WA m u. OKG	WA m ü. NHN	WE m u. OKG	WE m ü. NHN	Datum
BS 1	1,6	97,5	1,65	97,45	29.10.24
BS 2	2,2	96,6	1,65	97,15	29.10.24
BS 3	2,3	96,9	2,3	96,9	29.10.24
BS 4	3,1	96	n.f.	n.f.	29.10.24

n.f. = nicht Feststellbar

Danach wurde Grundwasser ab ca. 1,6 m unter OKG festgestellt, was in etwa dem Pegel der Vorflut (Teich) entspricht. Saisonal und niederschlagsabhängig ist auch mit geringeren Flurabständen zur OKG zu rechnen. Oberhalb des freien Grundwasserspiegels sind über bindigen Lagen Schicht- und Stauwässer möglich.

Als oberer Grundwasserleiter fungieren am Standort die Kiese und Sande. Der Wasserandrang ist allgemein infolge der als hoch einzuschätzenden Durchlässigkeit der Sande und Kiese als groß bis sehr groß einzuschätzen.

Die bindigen Böden (Schwemmlehm) sind in der Regel als Grundwassergeringleiter bis Grundwassernichtleiter einzustufen. Schichtwässer können jedoch in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Bereichen auftreten. Die Schichtwässer können dabei auch periodisch als Schichtquellen in Erscheinung treten.

Versickernde Niederschläge können über bindig ausgebildeten Bodenhorizonten oder auf harten Kalksteinlagen des Festgesteines Staunässe-/Stauwasserhorizonte bilden. Bei Ausbildung zusammenhängender Horizonte können Schicht- und Stauwässer auch als schwebendes Grundwasser vorliegen. Bei Anschnitt solcher Horizonte ist - zumeist kurzzeitig - ein größerer Wasserandrang möglich. Ein erhöhter Wasseranfall ist jedoch zumeist an extreme Witterungssituationen (Schneeschnmelze, lang anhaltende Niederschlagsperioden) gebunden.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der anstehenden Böden können erfahrungsgemäß wie folgt abgeschätzt werden (vorwiegende Werte):

Bodenart	Kurzzeichen DIN 18196	Grundwasserleiter	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]
Schwemmlehm (Schicht 2)	TL, TM, OU	Porenraum	10^{-6} bis 10^{-10}
Sande und Kiese (Schicht 3)	SW, SI, GW, GI, GU/GT, SU/ST, GU*/GT*,SU*/ST*	Porenraum	$5 \cdot 10^{-3}$ bis 10^{-5} 10^{-5} bis 10^{-7}

Grundwasserpegelmessungen über einen längeren Zeitraum von 15 - 20 Jahre gemäß DIN zur Festlegung von Bemessungswasserständen liegen nicht vor.

Aufgrund der teilweisen Lage des Standortes am Rand der Bachaue sind neben den gemessenen Wasserständen die Abflussverhältnisse der Vorflut für die Baumaßnahme als maßgebend anzusehen. Der höchstmögliche Grundwasserstand HHGW ist demzufolge dem Hochwasserstand der Vorflut gleichzusetzen, sofern sich nicht durch die gemessenen Wasserstände höhere Werte ergeben. Insbesondere bei längeren Niederschlagsperioden und nach der Schneeschnmelze muss mit einem entsprechenden Anstieg des Wasserspiegels gerechnet werden.

Die Erdbautechnologie ist den jeweiligen Witterungsbedingungen anzupassen.

- Stahl- und Betonaggressivität

Die Betonaggressivität des Oberflächenwassers nach DIN 4030 ist in Auswertung einer Analyse infolge erhöhter Sulfatgehalte als stark betonangreifend zu beurteilen.

Die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen im Grundwasser ist mit $W_0 = 0,0$ als sehr gering bei Mulden- & Lochkorrosion und sehr gering bei Flächenkorrosion einzuschätzen.



Die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen im Wasser-Luft-Bereich ist mit $W_1 = -3,0$ als sehr gering bei Mulden- & Lochkorrosion und sehr gering bei Flächenkorrosion einzuschätzen.

5 Baugrundbeurteilung

5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung

Wie aus den Schichtenverzeichnissen der Anlage 4 hervorgeht, stehen oberflächlich Auffüllungen bis ca. 0,8 ... 1,7 m unter OKG an. Darunter folgt teilweise Schwemmlehm. Darunter bzw. daneben stehen Sande und Kiese an.

Grundwasser wurde ab Tiefen von ca. 1,6 m unter OKG festgestellt.

In Auswertung der vorgefundenen Situation ist mit erhöhten Aufwendungen bei den Gründungsarbeiten zu rechnen. Diese Einschätzung ergibt sich insbesondere aus

- den teilweise unterschiedlichen Gründungsverhältnissen,
- der teilweise relativ schlechten Tragfähigkeit des Baugrundes infolge z.T. hoher Durchfeuchtung oder hoher Porosität im Bereich des z.T. weichen Schwemmlehmes,
- der allgemein relativ hohen Witterungsempfindlichkeit bzw. der Wasser- und Bewegungsempfindlichkeit und der daraus folgenden schlechten bis z.T. ungenügenden bauseitigen Verdichtbarkeit der bindigen Böden,
- den hohen Grundwasserständen.

Damit sind erhöhte Aufwendungen für die Gründung von Rohrleitungen einzuplanen.

5.2 Gründung von Rohrleitungen und Schachtbauwerken

- Rohrvortriebsarbeiten

Das Arbeitsblatt DWA-A 125 "Rohrvortrieb und verwandte Verfahren" ist zu beachten.

Im Bezug zu den Baugrundaufschlüssen der Anlage 4 sind teilweise sehr unterschiedliche Bohr- bzw. Vortriebsverhältnisse festzustellen. Hauptsächlich liegt die Bohrstecke in den Sande und Kiesen sowie im Randbereich des Schwemmlehmes.

Bei der Baugrunderkundung wurden die Eindringwiderstände beim Bohren und Rammen im Schwemmlehm als leicht und in den Sanden und Kiesen als leicht bis mittel festgestellt. In den Auffüllungen wurden teilweise dichte Lagerungsverhältnisse festgestellt.

In der Schicht 1 muss generell mit möglichen Bohrhindernissen gerechnet werden. Die Wahrscheinlichkeit von natürlichen Hindernissen in der Schicht 2 in Form von Steinen, Geröllen, Blöcken oder verfestigten Sedimenten ist in der Regel gering. In den Sanden und Kiesen können solche Hindernisse jedoch erfahrungsgemäß nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Zudem liegen die Rohrstrecken teilweise im Schichtgrenzbereich, sodass beim Bohren ein Abweichen von der Sollage möglich ist.

Damit kann in der Schicht 2 mit normalen Vortriebsarbeiten gerechnet werden. In den Schichten 1 und 3 ist mit möglichen erhöhten Aufwendungen (z.B. höhere Eindringwiderstände, mögliche Stein-/Blockeinlagerungen) zu rechnen. Mögliche größere Gerölle bzw. Blöcke müssten geborgen werden, wenn sie sich nicht verdrücken lassen. Daneben ist die Standfestigkeit bzw. die Bohrlochstützung in den Auffüllungen, im Schwemmlehm und in den Sanden und Kiesen zum Teil sehr gering.

Für eine geschlossene Verlegung wird vorzugsweise das Verfahren 6.1.3.1.3: Mikrotunnelbauverfahren mit Spülförderung empfohlen. Alternativ wäre auch das Verfahren 6.1.3.2.3: Pilotrohr-Vortrieb mit Bodenentnahme möglich. Die Anwendung des HDD-Standard-Verfahrens nach Punkt 6.1.3.3 wird dagegen infolge der lockeren Lagerung der rolligen Sande und Kiese kritisch gesehen und bedarf einer Anpassung.

Beim Verfahren nach DWA-A 125, Punkt 6.1.3.1.3: **Mikrotunnelbauverfahren mit Spülförderung (Microtunneling)** erfolgt der Gesteinsabtrag i.d.R. mit einem Schneidrad im Vollschnittverfahren. Beim Microtunneling wird in der Regel aus einem Startschacht oder einer Startbaugrube heraus eine gesteuerte, mitunter gekrümmte Bohrung zu einem Zielschacht oder einer Zielbaugrube erstellt. Charakteristisch für dieses Verfahren ist, dass Pilotbohrung, Aufweitbohrung und Einschubvorgang der Rohre in einem einzigen Arbeitsschritt verwirklicht werden. Dieser kombinierte Arbeitsschritt wird grundsätzlich schiebend bzw. drückend aus dem Startschacht bzw. der Startbaugrube heraus durchgeführt und die nicht zugfest miteinander verbundenen Vortriebsrohre entsprechen in der Regel gleichzeitig den zu verlegenden Produktrohren.

Der Anwendungsbereich erstreckt sich je nach Bodenart auf Rohraußendurchmesser im Regelfall von 350 bis 2.500 mm und auf maximale Vortriebslängen in Abhängigkeit des Rohrdurchmessers und der Bodenbeschaffenheit von 80 bis 800 m.

Ein Vorteil des Verfahrens liegt in der teilweisen Stützung der Ortsbrust durch das Schneidrad und den bei optimalen Bedingungen erreichbaren hohen Vortriebsgeschwindigkeiten. Die Förderung des abgebauten Materials erfolgt im vorliegenden Fall hydraulisch. Steingrößen bis etwa $0,3 \cdot DN$ sind mittels Brecher beherrschbar. Eventuelle größere Steine müssen mit Hartmetallschneidrad abgefräst (nur bei entsprechender Einspannung im Boden möglich) oder verdrängt werden. Wasserhaltungsmaßnahmen sind nicht erforderlich. Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung bestehen am Standort in der geplanten Trassenlage gute Rahmenbedingungen für einen ferngesteuerten Schildvortrieb. Einrichtungskosten und der Aufwand zur Separierung des geförderten Bohrguts sind beim Microtunneling jedoch relativ hoch.

Bei der alternativen **Horizontal-Spülbohrung** nach ATV-A 125, Punkt 6.1.3.2 wird ein kleineres Pilotrohr im Spülbohrverfahren bis zum Zielschacht vorgetrieben. Der anstehende Boden wird dabei durch die unter hohem Druck austretende Bentonitsuspension gelöst und dann entlang des Bohrgestänges zur Startgrube ausgetragen. Die Bentonitsuspension stützt die Bohrlochwandung und verringert den Reibungswiderstand.

Anschließend wird das Produkt- oder ein Schutzrohr aus Stahl, duktilem Gusseisen oder PE-HD von der Zielgrube aus durch Zurückholen des Pilotrohres bei gleichzeitiger Aufweitung mittels Räumer bzw. Aufweitkopf unter Suspensionsstützung bis in die Startgrube eingezogen.

Der Anwendungsbereich erstreckt sich je nach Bodenart auf Rohraußendurchmesser im Regelfall bis maximal 400 (600) mm und auf Vortriebslängen in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit und des Rohrdurchmessers bis maximal 250 (300) m.

Das Standardverfahren erfordert verdrängungsfähiges, steinfreies Lockergestein.

Beim Wechsel von bindigen Böden zu nichtbindigeren Böden (z. B. Sande und Kiese) kann es erfahrungsgemäß zu einem möglichen erhöhten Ausspülen von Kornanteilen kommen.

In schwierigen Böden mit grobkörnigen Bestandteilen und größeren Steineinschlüssen (Sande und Kiese) oder Einlagerungen von Bauschutt werden Bohranlagen mit eingebautem Schlagwerk erforderlich. Die Kombination der Spülbohrung mit einem Schlagwerk ermöglicht dann den Vortrieb und die Steuerbarkeit in schwierigen Böden bis Bodenklasse 5 und teilweise bis Bodenklasse 6 (S 1). Im Festgestein wäre von Felsbohrungen auszugehen.

In wasserführenden Böden sind keine Zusatzmaßnahmen (Wasserhaltung) bzw. nur für die Start- und Zielgruben erforderlich. In weichen Böden ist die Nennweite jedoch begrenzt, da bei großen Nennweiten die Ortsbruststützung nicht mehr gewährleistet werden kann.

Bohr- bzw. Vortriebsarbeiten sollen kontinuierlich ohne Unterbrechung durchgeführt werden, um erhöhte Mantelreibungskräfte beim Wiederaufahren zu vermeiden. Auch soll möglichst vom festeren zum weicheren bzw. lockeren Boden gebohrt werden, um ein Abdriften zu vermindern.

Beim alternativen **Horizontal-Spül-Bohr-Verfahren** (HDD-Verfahren: Horizontal Directional Drilling) nach DWA-A 125, Punkt 6.1.3.3 handelt es sich um ein steuerbares Nassbohrverfahren für Horizontalbohrungen. Das System arbeitet nach einem kombinierten Wirkungsprinzip: Es wird sowohl in konventioneller mechanischer Technik gebohrt als auch mit gesteinslösenden Wasser- bzw. Bohrsuspensionsstrahlen. Ein Teil des gelösten Materials wird über den Rückfluss entlang des Bohrgestänges ausgetragen. Der andere Teil verbleibt durch partielle Umlagerung des Lockergesteins im Umgebungsbereich der aufgefahrenen Bohrung. In diesem Bereich entsteht durch die Reduzierung von Porenraum eine dichtere Lagerung. Der Eintrag der Bohrsuspension in den verbleibenden Porenraum hat eine stabilisierende Wirkung zur Folge. Die Spülbohrung erfolgt in drei Arbeitsschritten:

-Pilotbohrung: Pilotrohrstrang mit dem Durchmesser der Bohrlanze wird entlang des geplanten Bohrprofils bis zur Zielbaugrube bodenaus tragend / bodenverdrängend gesteuert vorgetrieben. Dort wird die Bohrlanze vom eingebrachten Bohrgestänge abgeschraubt und ein in Gegenrichtung orientierter Aufweitkopf („reamer“) angeschraubt.

- Aufweitungsbohrung(en): Der Aufweitkopf bewegt sich im Rückwärtsgang rotierend und spülend durch die Pilotbohrstrecke und weitet diese auf. Bei größeren Durchmessern und schwierigen geologischen Untergrundverhältnissen sind mehrere Aufweitvorgänge erforderlich. Der Aufweitungsdurchmesser sollte mindestens 30 % größer sein als der Außendurch-

messer des einzuziehenden Produktrohres, damit der entstehende Ringraum mit genügend Bentonit für eine allseitige und kraftschlüssige Leitungseinbettung verfüllt wird.

-Rohreinzug: Das Abwasserrohr wird direkt hinter dem Aufweitkopf befestigt und eingezogen. Der Einzug wird durch die Bentonitbohrspülung erleichtert, da diese als reibungsminderndes Gleitmittel wirkt.

Die Bohrabschnittslängen betragen bei kleineren Bohranlagen bis ca. 300 m. Die maximale Tiefe liegt bei 8 bis 12 m. Kreisprofile sind ab DN 100 möglich. Durch flexible Bohrstränge können Kurvenradien von minimal 12 m gebohrt werden. In einer Freispiegelleitung kann die Technik nur dann eingesetzt werden, wenn durch vergleichsweise großes Längsgefälle (i. d. R. $> 4 \%$) verfahrensbedingte Steuerungsungenauigkeiten unkritisch sind.

Durch die Flexibilität des Gestänges und die Steuerbarkeit des Bohrkopfes lässt sich die Richtung der Bohrung verändern. Die Bohrung ist anfangs meist schräg nach unten in das Erdreich gerichtet und verläuft dann in leichtem Bogen zum Ziel, wo sie schräg nach oben wieder zutage tritt.

Das Standardverfahren erfordert verdrängungsfähiges, steinfreies Lockergestein. Es ist für alle Böden (Lockergestein) mit Ausnahme von rolligen (nichtbindigen) Böden ohne bindige Anteile geeignet. Insbesondere kiesiger, steiniger Boden kann sich als problematisch erweisen. Beim Wechsel von bindigen Böden zu nichtbindigeren Böden kann es erfahrungsgemäß zudem zu einem möglichen erhöhten Ausspülen von Kornanteilen kommen.

In schwierigen Böden mit grobkörnigen Bestandteilen und größeren Steineinschlüssen oder Einlagerungen von Bauschutt können Bohranlagen mit eingebautem dynamischen Schlagwerk erforderlich werden. Dabei wird die Bohranlage von der hydraulischen Schlagkraft eines Verdrängungshammers mit bis zu 1500 Schlägen pro Min. unterstützt. Die Kombination der Spülbohrung mit einem Schlagwerk ermöglicht dann den Vortrieb und die Steuerbarkeit in schwierigen Böden bis Bodenklasse 5 und teilweise bis Bodenklasse 6 (S 1).

In wasserführenden Böden sind keine Zusatzmaßnahmen (Wasserhaltung) bzw. nur für die Start- und Zielgruben erforderlich. In weichen Böden ist die Nennweite jedoch begrenzt, da bei großen Nennweiten die Ortsbruststützung nicht mehr gewährleistet werden kann.

Die Anwendung des HDD-Verfahrens ist aus unserer Sicht für den Standort bedingt möglich, jedoch ist die Technik/Ausrüstung an die Bedingungen des Baugrundes anzupassen!

Insbesondere rollige (nichtbindige) Böden, d.h. sandig-kiesige, steinige Böden ohne oder mit nur geringer Kohäsion (Feinkornanteil $< 5 \%$) können sich als problematisch erweisen. In einem derartigen Baugrund ist mit starken Spülungsverlusten durch die hohen k_f -Werte zu rechnen. Ist der Boden zudem gleichkörnig, reicht die Stützwirkung des Bentonits nicht aus. Handelt es sich um keinen gleichkörnigen Boden, überwiegt jedoch der Anteil der großen und schweren Körner, fallen diese häufig allein auf Grund ihres Gewichtes ins Bohrloch

zurück. Dies führt häufig zu Bohrlocheinstürzen und damit zum Festwerden des Bohrgestänges bzw. der einzuziehenden Rohrleitung. Die angesprochene Problematik verschärft sich mit zunehmendem Bohrlochdurchmesser.

Daher kommt hier gerade der Spülung eine stützende Wirkung zu. Das erfordert bedarfsweise hochviskose Spülungen, die einen starken und dichten Filterkuchen aufbauen können. So lassen sich selbst Fließsande gut verfestigen. In eventuellen stärker kiesigen Böden muss die Spülung die Bohrlochwand stützen und Spülwasserverluste verhindern. Das erfordert hochviskose und dennoch gut pumpbare Spülungen, die speziell auf diese Bedingungen angepasst werden. Eventuelle partielle Strecken mit hohem Kiesanteil können zudem mit einer Zement-Bentonit-Suspension verfestigt werden.

Beim unterirdischen Rohrvortrieb entstehen Baugrundverformungen, die einerseits systembedingt und unvermeidlich (Entspannung des Lockergesteins), teilweise verfahrensbedingt (Verdichtung überlagernder Schichten durch Erschütterungen) und andererseits durch vermeidbare baubetriebliche Einflüsse (Bodenmehrentnahme, Verbrüche) entstehen können. Nur erstere lassen sich mit einfachen Mitteln rechnerisch abschätzen.

Überschlägig können mögliche Setzungen beim Vortrieb infolge Rohreinbringung (Überschnitt des Vortriebschildes, Bodenverluste sowie allgemeine Auflockerung des anstehenden Bodens wie folgt abgeschätzt werden:

$$s \approx \frac{D_a}{1 + \frac{1}{2} \frac{h_{ii}}{D_a}} B_K$$

mit s = Setzungsmaß (cm)

D_a = Rohraußendurchmesser (m), h_{ii} = Überdeckungshöhe (m)

B_K = Bodenkennziffer siehe z.B. Stein: "Grabenloser Leitungsbau" oder RIL 836 (DBAG)

- offene Rohrverlegung

Für die Verlegung von Rohrleitungen gelten die Richtlinien und Bestimmungen gemäß DIN EN 1610 sowie das Regelwerk Abwasser-Abfall DK 628.24, Arbeitsblatt 139.

Nach den Schichtenverzeichnissen der Anlage 4 liegen die Rohrsohlen hauptsächlich in den Sanden und Kiesen und teilweise im Schwemmlehm. Allgemein kann vorausgesetzt werden, dass die anstehenden Böden in der Regel bei zumindest weicher-steifer Konsistenz oder locker - mitteldichter Lagerung ausreichende Tragfähigkeiten für Rohrleitungen und Schachtbauwerke besitzen.

Die Grabensohlen sind glatt herzustellen und für eine einwandfreie Ausführung der Bauarbeiten wasserfrei zu halten. Da die bindigen Böden der Schicht 2 relativ wasserempfindlich sind, sollen die Aushubsohlen möglichst schnell wieder überbaut werden. Ist das nicht möglich, sind Schutzschichten $d \geq 0,3$ m zu belassen. Bei den Erdarbeiten aufgelockerte

oder aufgeweichte Bereiche sind auszukoffern und durch gut verdichtbares Mineralstoffgemisch oder Magerbeton zu ersetzen.

In den weichen Bereichen des Schwemmlandes sowie in lokal vernässten bzw. lockeren Bereichen sind Mehraufwendungen durch sohlstabilisierende Maßnahmen erforderlich. Bei Feststellung einer ungenügenden Trittsicherheit ist ein Bodenaustausch mit Mineralstoffgemisch ($d \geq 0,3 \text{ m}$) auszuführen.

Eventuelle Auffüllbereiche in der Grabensohle sind zur Überprüfung der Tragfähigkeit generell nachzuverdichten. Die o.g. Aussagen wie für die Gründung in lokal weichen oder vernässten bzw. lockeren Bereichen gelten sinngemäß.

Für Gründungspolster aus Mineralstoffgemisch werden nur gut kornabgestufte, scherfeste Gemische (z.B. Kies-Sand-Gemische der Verdichtbarkeitsklasse V1 (z.B. Körnung 0/32 ... 0/45 mit Feinkorn $< 10 \%$) oder vergleichbare Materialien, wie Schotter oder Recyclingmaterial) empfohlen, um die ordnungsgemäße Verdichtung der Rohrzone zu gewährleisten.

Da die anstehenden Böden für eine unmittelbare Rohrauf Lagerung nicht bzw. nicht durchgängig geeignet sind (wechselhafte Gründungsverhältnisse, teilweise weiche oder halbfeste Bereiche, Stein-/Kieskornteile), wird eine einheitliche **Rohrauf Lagerung** auf einer Kies-sandbettung ($d = 100 \text{ mm} + 1/\text{DN}$) empfohlen. Bei Rohrsohlen in halbfesten-festen Bereichen ist eine Bettung mit einer Dicke $d = 100 \text{ mm} + 1/5 \text{ DN}$, mindestens 150 mm vorzusehen.

Dazu ist die Grabensohle entsprechend tiefer auszuheben und es ist ein Auflager aus verdichtungsfähigem Material einzubringen. Die Rohrauf Lager sind so herzustellen, dass eine gleichmäßige Druckverteilung im Auflagerbereich sichergestellt ist. Große Steifigkeitsunterschiede sind zu vermeiden.

Bei stark abfallenden Leitungsgräben in bindigen Bodenbereichen oder Grabensohlen im Grundwasser werden Sperrriegel aus Ton oder Beton zur Verhinderung einer Dränagewirkung infolge strömenden Grundwassers empfohlen. Als Orientierung kann ein Abstand von $\approx 50 - 60 \text{ m}$ zu Grunde gelegt werden. Die Sperrriegel sind bis zur Grabensohle und an die Flanken des Grabens zu führen.

Schachtbauwerke können in den anstehenden Baugrundsichten unter Beachtung der o.g. Einschränkungen gegründet werden. Für die Gründung gelten o.g. Hinweise wie für die Gründung von Rohrleitungen sinngemäß.

Sollen Schachtbauwerke überschlägig nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 (2010) mit Bemessungswerten $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes (Grundbruch) nachgewiesen werden, können unter Berücksichtigung der entsprechenden Anwendungskriterien der DIN für Fundamentbreiten von 0,5 bis 2 m und Einbindetiefen von mindestens 2,0 m folgende zulässige Werte zugrunde gelegt werden:

Schwemmland	$\sigma_{R,d} = 140 \text{ kN/m}^2$
Sande und Kiese:	$\sigma_{R,d} = 230 \text{ kN/m}^2$

Für eine Bemessung nach DIN 1054 (2005) mit Bemessungswerten σ_0 des aufnehmbaren Sohldrucks ist der o. g. Werte mit einem Faktor von 1,4 zu dividieren.

Da es sich bei den Rohrleitungen und Schächten im Allgemeinen um Hohlkörper handelt, kann davon ausgegangen werden, dass die abzutragenden Lasten in etwa in Größenordnung des Gewichtes des Erdaushubes liegen, sodass keine wesentlichen zusätzlichen Lasten in den Baugrund eingetragen werden. Daher werden im Regelfall keine und nur geringe Setzungen zu erwarten sein. Höhere Lasten können jedoch z. B. durch höhere Wichten der Hinterfüllstoffe oder höhere Verdichtungsgrade entstehen. Verformungen infolge von Strömungsdrücken sind zusätzlich zu betrachten.

- Rohrgrabenverfüllung

Das Größtkorn der **Bettung** soll nach DIN EN 1610 auf 22 mm ($DN \leq 200$) bzw. auf 40 mm ($200 < DN \leq 600$) beschränkt sein.

Für die Verfüllung der **Rohrzonen** bis ≥ 30 cm über Rohrscheitel wird ein gut abgestuftes Sand- oder Kies-Sand-Gemisch mit Größtkorn 22 mm ($DN \leq 200$) bzw. 40 mm ($200 < DN \leq 600$) empfohlen. Im Straßenbereich ist nach ZTVE 09 das Größtkorn in der Leitungszone generell auf 22 mm zu begrenzen. Die Verfüllung ist lagenweise und auf beiden Seiten gleichmäßig vorzunehmen, um Rohrverlagerungen auszuschließen. Innerhalb der Leitungszone ist das Verfüllmaterial von Hand oder mit leichten Verdichtungsgeräten nach ZTVA-StB mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97$ % zu verdichten.

Die mechanische Verdichtung direkt über dem Rohr darf erst erfolgen, wenn eine Schicht in einer Mindestdicke von 300 mm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist. Die Gesamtdicke der Schutzschicht über dem Rohr hängt von der Art des Verdichtungsgerätes ab.

Für die **Grabenrestverfüllung** sind die Forderungen der ZTVA-StB und der ZTVE-StB einzuhalten.

Da die anstehenden Böden infolge ihrer allgemein hohen Wasserempfindlichkeit und/oder schlechten bauseitigen Verdichtbarkeit für eine Wiederverfüllung unter Verkehrsflächen in der Regel nicht oder nur bedingt geeignet sind, werden hier gut kornabgestufte grob- bis gemischtkörnige Mineralgemische der Verdichtbarkeitsklasse V 1 nach ZTVA-StB (Bodengruppen GW, GI, SW, SI, GU/GT, SU/ST mit Feinkornanteil < 10 % oder vergleichbares Recyclingmaterial) empfohlen, die im Bereich Planum bis 0,5 m unter Planum auf $D_{Pr} \geq 100$ % und darunter auf $D_{Pr} \geq 98$ % zu verdichten sind.

- Wiederverwendung der Aushubmassen

Nicht- und schwachbindige Sande und Kiese aus der Auffüllung sind bei separater Entnahme, Prüfung und Lagerung für eine Wiederverfüllung im Bereich $\geq 0,5$ m unter Planum im Regelfall geeignet.

Alternativ kann auch eine Rohrgrabenverfüllung mittels „RSS-Flüssigboden“ oder vergleichbar in Erwägung gezogen werden, was entsprechende Eignungsprüfungen voraussetzt. Der Vorteil wäre, dass keine Verdichtungsarbeiten anfallen.

Die Schütthöhen können entsprechend Tabelle 4 der ZTVA-StB gewählt werden. Die geforderten Verdichtungswerte sind entsprechend nachzuweisen. Bei Grabentiefen ≥ 2 m sind gemäß ZTVA-StB Eigenüberwachungsprüfungen aller 25 m vorzusehen. Wir empfehlen, ca. 10 % der Prüfungen als Kontrollprüfungen zu vereinbaren.

Die Entfernung des Verbaus soll während der Herstellung der Leitungszone fortlaufend erfolgen, um z.B. spätere Nachsetzungen zu vermeiden. Ist das nicht möglich, sind besondere Maßnahmen erforderlich (besondere statische Berechnungen, verbleibender Verbau, besondere Wahl des Baustoffes).

6 Bautechnische Hinweise**6.1 Böschungen / Baugruben / Rohrgräben**

Baugruben und Rohrgräben sind gemäß der DIN 4124 abzuböschten oder zu verbauen, dabei können sich in Abhängigkeit der Lage des Bauabschnittes bzw. der Aushubtiefe auch abschnittsweise unterschiedliche Verbauausbildungen ergeben. Für Arbeiten im Gründungsbereich von vorhandener Bebauung sind die Forderungen gemäß DIN 4123 einzuhalten. Im Bereich von auftretenden Lasteintragungen aus Stapellasten, Verkehr, Bauwerken usw. sind Baugruben und Gräben generell zu verbauen. Im Bereich von auftretenden Lasteintragungen aus Bauwerken, Stapellasten, Verkehr usw. sind Baugruben und Gräben durch verformungsarme Verbauwände zu sichern.

Oberhalb des Grund- und Schichtwassers können in ausreichend standfesten, d. h. zumindest weichen-steifen Bodenbereichen waagerechte und senkrechte Grabenverbaue oder Grabenverbaue mit Verbaugeräten nach DIN 4124 ausgeführt werden. Zu beachten ist, waagerechte Grabenverbaue generell einen standfesten Boden voraussetzen. Im Gründungsbereich von vorhandener Bebauung darf jedoch nur ein verformungsarmer Verbau, wie z. B. ein Gleitschienenverbau mit Stützrahmen oder ein Kammerdielenverbau ausgebildet werden, um Auflockerungen im Boden oder ein mögliches Nachgeben des Bodens zu vermindern.

Im Grundwasserbereich sind Grabenverbaugeräte nur in Verbindung mit einer Wasserhaltung möglich. Für Baugruben und Rohrgräben in weichen-breiigen Bereichen oder Bereichen, die zum Ausfließen neigen, wird infolge der geringen Standfestigkeit

vorzugsweise nur ein vertikaler dichter Verbau, z.B. ein Schachtverbau oder ein Verbau mittels Kanaldielen etc. empfohlen.

Die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) der DGGT sind zu beachten.

Bei abgeböschten Baugruben dürfen bis maximal 3,0 m Tiefe und oberhalb des Grund- und Schichtwasserbereiches folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

Auffüllungen, Sande + Kiese, Schwemmlehm
von mindestens **weicher** Konsistenz:

$$\beta = 45^\circ$$

Für größere Standhöhen, bei belasteten Böschungsschultern sowie bei Sickerwasserandrang sind die Böschungswinkel entsprechend zu verkleinern oder Bermen anzuordnen. Für den Fall ist die Standsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen. Baugrubenböschungen sind vor Witterungseinflüssen (Austrocknung, Oberflächenwasser) entsprechend zu schützen.

6.2 Wasserhaltung

Die Wasserhaltung und die anfallenden Wassermengen hängen neben den Bodenarten hauptsächlich von den bauzeitlichen Grundwasserständen, der Größe der Baugrube sowie der Absenktiefe ab.

Bei Baugruben im Grundwasser kann in den bindigen Böden sowie auch bei nur geringen Absenktiefen von bis ca. 1,0 ... 1,5 m in den Sanden und Kiesen die Wasserhaltung erfahrungsgemäß bei kurzen Bauzeiten in der Regel als offene Wasserhaltung mit Pumpensämpfen und Dränagen ausgeführt werden. Bei tieferen Baugruben bzw. bei größerem Wasserandrang macht sich eine Kombination aus offener und geschlossener Wasserhaltung (z.B. Bohrbrunnen, Spülfilter) erforderlich. In den Kiesen und Kiessanden wird empfohlen, Pumpensämpfe und Brunnen mit möglichst großen Durchmessern auszubilden. In den bindigen Fein- und Mittelsanden können sich dagegen Spülfilter mit Vakuumbeauflegung günstiger auswirken. Die Grundwasserabsenkungen sind vor dem Erd-aushub vorzunehmen, um Auflockerungen oder ein Aufschwimmen zu vermeiden.

Bei Grundwasserabsenkungen im Schwemmlehm ist zu beachten, dass die bindigen bis organischen Ablagerungen allgemein nur schwer bis nicht entwässerbar sind.

Bauzeitliche Grundwasserabsenkungen sind mindestens bis 0,5 m unter Aushubsohle auszuführen, um ausreichend stabile Planien herstellen zu können.

Brunnen, Pumpensämpfe und Sohldränagen sind filterstabil auszubilden. Nach dem Setzen des ersten Brunnens sind durch eine Probeabsenkung Zahl, Tiefe und Abstände der vorgesehenen Brunnen zu prüfen.

Baugruben im Grundwasserbereich sind gegen hydraulischen Grundbruch nachzuweisen.

6.3 Nachbarsicherung

Im Einflussbereich von angrenzender Bebauung oder Verkehr sind Baugrubenwände generell verformungsarm auszubilden (Aussteifungen, Verankerungen). Der Ansatz des Erddruckes richtet sich nach den zulässigen Verformungswerten. Allgemein wird zumindest der Ansatz des erhöhten aktiven Erddruckes empfohlen:

$$k_{ae} = \frac{k_a + k_o}{2}$$

mit k_{ae} - erhöhter aktiver Erddruck, k_o - Erdruhedruck, k_a - aktiver Erddruck.

Die Verträglichkeit der zu erwartenden Wandverformungen und der Setzungen, die sich für die baulichen Anlagen hinter der Baugrubenwand ergeben, ist zu prüfen. Die tatsächlichen Wandverformungen und die Setzungen sind durch Messungen zu überwachen.

Im Bereich angrenzender Nachbarbebauung dürfen nur erschütterungsarme Bauverfahren zur Anwendung kommen. Dabei ist zu beachten, dass bei einer Gründung in weichen, breiigen oder sehr lockeren Bereichen auch schwere Rüttelplatten im Nahbereich von Gebäuden und Anlagen (< 5 m) zu Setzungen führen können.

Zu beachten ist, dass eine Grundwasserhaltung in den setzungsempfindlichen breiigen und weichen Böden zu Setzungen führen kann.

Bei Arbeiten in unmittelbarer Nähe von bestehenden Gebäuden sowie bei Grundwasserabsenkungen wird eine **Beweissicherung** (Fotoaufnahmen, Gipsmarken über evtl. vorhandenen Rissen, Nivellement der Sockelhöhen, Neigungsmessungen) empfohlen, um nichtberechtigte Ansprüche auszuschließen.

Bei sehr dichter, angrenzender Nachbarbebauung oder im Bereich von Häusern mit Vorschäden sind vor Beginn der Bauarbeiten die Gründungsverhältnisse festzustellen und mögliche Auswirkungen auf die Standsicherheit zu prüfen. Während der Bauzeit sind laufende Beobachtungen vorzusehen und bei Bedarf erforderliche Sicherungsmaßnahmen umgehend zu ergreifen. Als verformungsarmer und erschütterungsarmer Verbau wird z.B. ein Gleitschienenverbau mit Stützrahmen oder ein Kammerdielenverbau empfohlen. Zur Vermeidung von Erschütterungen kann auch eine Verfüllung mit Flüssigboden, ein vollgebundener Aufbau und/oder der Einsatz von Vergussasphalt erfolgen.

6.4 Bohr- und Rammpbarkeit (Verbauarbeiten)

Den bis zur Aufschlussentiefe erkundeten Baugrundsichten können aufgrund von Erfahrungswerten folgende Bohr- und Rammeigenschaften zugeordnet werden:

Schicht Nr.	Bodenart	Bohrbarkeit	Rammbarkeit
1	Auffüllungen	leicht bis mittel* ¹	leicht bis sehr schwer* ¹
2	Schwemmlehm	leicht* ²	leicht bis mittel* ²
3	Sande und Kiese	leicht bis mittel	leicht bis mittel, z.T. schwer rammbar* ³

*¹ Einstufung ohne Oberflächenbefestigungen oder großvolumige Hindernisse wie Bauwerksreste (Fundamentreste etc.)

*² erhöhter Haftwiderstand an Verrohrung möglich

*³ Bohrhindernisse durch Steine, Gerölle, Böcke möglich

7 Umweltrelevante Untersuchungen

- Ausbauphosphat

Aus dem vorhandenen bituminös gebundenen Oberbau wurde 1 Probe auf teer- bzw. pechhaltige Bestandteile untersucht. Es wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Asphaltpfah	Tiefe [m]	Zuordnungsrelevanter Parameter	Zuordnungsklasse RuVA	AVV-Schlüssel
BS 3	0,0 – 0,08	-	A	17 03 02

Gemäß der *Richtlinie für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauphosphat im Straßenbau (RuVA-StB 05)* entspricht ein PAK-Wert im Feststoff von ≤ 25 mg/kg und ein Eluatwert von $\leq 0,1$ mg/l dem Verwertungsbereich A.

Danach können die Proben im Heiß- oder Kaltmischverfahren unter Beachtung der Voraussetzungen gemäß LAGA hinsichtlich Lage und Bauweise verwertet werden.

- Bodenmaterial

Die gewonnenen Bodenproben waren im Wesentlichen alle organoleptisch und visuell unauffällig. Die Proben aus dem Schwemmlehm sowie teilweise auch die Proben aus den Auffüllungen wiesen z.T. eine dunkelbraune Farbe auf, was auf erhöhte organische Anteile (z. B. TOC, PAK) hinweisen kann.

Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Kontamination des Bodens wurde insgesamt 1 Proben gemäß der Ersatzbaustoffverordnung untersucht. Gemäß den Ergebnissen wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Probe	Tiefe unter OKG (m)	Zuordnungsrelevante Parameter	Zuordnung nach EBV Boden & Baggergut	AVV-Schlüssel
MP BS 1 - 4	0,1 – 3,3	Nickel (17 mg/kg TS) im Feststoff (Sand)	BM-0*	17 05 04

Nach den Laborergebnissen entspricht die Mischprobe aus den ungebundenen Straßenoberbau und dem Boden dem Zuordnungswert BM-F0*. Diese Materialien können nach Anlage 2, Tab. 5 in technischen Bauwerken für die Einbauweisen 1 bis 17 uneingeschränkt verwendet werden.

Die Proben sind vorbehaltlich einer Untersuchung nach DepV alle dem Abfallschlüssel: 17 05 04 - Boden und Steine zuzuordnen.

Es wird empfohlen, im LV alle Z-Klassen abzufragen.

8 Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung

Die am Standort anstehenden bindigen bis gemischtkörnigen Böden und Auffüllungen sind allgemein stark wasser- und bewegungsempfindliche Erdstoffe. Bei Zutritt von Wässern und zusätzlicher mechanischer Beanspruchung weicht der Boden rasch auf und wird breiig. Das bedeutet, nach Niederschlägen sind in diesem Bereich herzustellende Planien und Baugruben besonders gefährdet und sollen nach ihrer Fertigstellung sofort versiegelt oder überbaut werden.

Ein direktes Befahren der Erdbauplanien mit schwerem Gerät ist zu vermeiden. Die Herstellung des Erdplanums soll insbesondere bei schlechten Witterungsbedingungen in rückschreitender Arbeitsrichtung erfolgen. Niederschlagswässer sind sofort abzuleiten.

Im Straßenbau soll infolge der teilweisen hohen Wassersättigung des Untergrundes in den bindigen Böden und vergleichbaren Auffüllungen nur statisch verdichtet werden, um einem Porenwasserdruckaufbau im Untergrund zu vermeiden, der zu einer Verschlechterung der Trageigenschaften führen kann.

9 Homogenbereiche

Aus baugrundtechnischer Sicht werden auf der Grundlage der schichtbezogenen ermittelten Kennwerte, von Erfahrungswerten und Analogien hinsichtlich der bei der Ausführung zum Einsatz kommenden Gewerke und entsprechend den üblichen Geräteklassen nachfolgende Homogenbereiche vorgeschlagen.



Nach derzeitigem Planungsstand wird davon ausgegangen, dass bei der Baumaßnahme ein Aushub und ein Einbau (Erdarbeiten) nur bis in eine Tiefe von maximal ca. 4 m unter OKG (Erdsniveau) erfolgen.

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wurde von großen und mittleren Geräten ausgegangen. Wenn kleine Geräte eingesetzt werden sollen, führt dies ggfs. zu einer anderen Einteilung. Die endgültige Festlegung der Homogenbereiche zu den benötigten Gewerken und der einsetzbaren Erdbaugeräten erfolgt in Abstimmung mit dem Planer.

Der Anteil des Bodens mit einer flüssigen oder breiigen (sehr weichen) Konsistenz ($I_c < 0,50$) (ehem. Bodenklasse 2) wird auf unter 5 % geschätzt. Etwaige Mehraufwendungen beim Aushub von Böden mit einer flüssigen oder breiigen Konsistenz können bei Bedarf über eine Zulageposition erfasst werden.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe verursachen nur dann einen eigenen Homogenbereich, wenn diese Inhaltsstoffe eine Erschwernis (anderes Gerät, zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen) verursachen.

Die unterschiedlichen Verwertungsposition (BM-0*, ..., >BM-F3 bzw. Z0, ..., >Z2) können über Zulagepositionen der Verwertung bzw. Entsorgung unabhängig von der erdbautechnischen Leistung ausgeschrieben werden. Der Aushub ist schichtweise und entsprechend den chemischen Belastungsklassen im Bodengutachten vorzunehmen.

Eventuelle verfestigte Zonen innerhalb der Auffüllung oder der gewachsenen Böden können über Zulagepositionen erfasst werden. Hierfür wird kein gesonderter Homogenbereich definiert.

Für Nachprüfungen sind die in den DIN-Normen (Tabelle Anlage 13) angegebenen Versuche durchzuführen.

10 Schlussbemerkung

Das Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg führte auftragsgemäß die Baugrunduntersuchung und -begutachtung für die geplante Verlängerung/Anpassung der Abwasserdruckleitung im der Spergauer Weg in Merseburg Süd durch.

Die Aussagen des vorliegenden Gutachtens sind nur für die Planung und die Bauausführung der oben genannten Baumaßnahme zugelassen. Für andere Bauvorhaben besitzt das Gutachten keine Gültigkeit. Die Gültigkeit ist zudem nur auf den erkundeten Baugrundbereich beschränkt. Für Baumaßnahmen, die außerhalb der vorhandenen Baugrundaufschlüsse liegen, sind generell zusätzliche oder tiefere Aufschlüsse erforderlich.

Im Zuge der weiteren Planungen, bei Detailplanungen etc. können sich Ergänzungen zu diesem Gutachtenbericht oder weitere Stellungnahmen erforderlich machen.

Prinzipiell sind zwischen den punktförmigen Aufschlusspunkten im natürlichen Verlauf Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und -ausbildung nicht völlig auszuschließen. Sollten bei großflächigem Aufschluss während der Bauarbeiten wider Erwarten wesentlich andere Untergrundverhältnisse als die dem Gutachten zugrunde liegenden angetroffen werden, so ist unser Büro sofort zu verständigen, um die im Gutachten genannten Empfehlungen zu überprüfen und ggf. ergänzen zu können.

Alle Eingriffe in den jetzigen Bestand im Standortbereich sind hinsichtlich möglicher negativer Auswirkungen hinsichtlich Standsicherheiten, Verformungen und Wasserwegigkeiten zu prüfen.

Das Gutachten und die Anlagen gelten nur ihrer organischen Einheit. Die Weitergabe an Dritte mit Ausnahme der Projektbeteiligten sowie die Übernahme jedweder Haftung durch die Weitergabe bedarf generell der Zustimmung des Unterzeichners.

Sollten sich im Rahmen der weiteren Bearbeitung Änderungen gegenüber dem diesem Bericht zugrunde liegenden Bearbeitungsstand von November 2024 ergeben, die im vorliegenden Baugrundgutachten nicht berücksichtigt werden konnten, dann bitten wir zwecks Prüfung der Gültigkeit der Aussagen um Mitteilung.

Dr.-Ing. Weissenburg

M. Sc. Seidel