

**Baugrundinstitut
Dr.-Ing. Spotka und Partner GmbH**
Finkenweg 4
D-92353 Postbauer-Heng

T: +49 9188 9400-0
F: +49 9188 9400-49
M: info@spotka.de
W: www.spotka.de

G18523/JW

19. Februar 2024

Geotechnischer Bericht 06

Projekt	Wenzenbach, Generalsanierung der Grund- und Mittelschule hier: Versickerung und Außenanlagen
Auftraggeber	Gemeindeenzenbach Hauptstraße 40 93173enzenbach
Planung	Gutthann HIW Architekten GmbH Jahnstraße 16 93093 Donaustauf
Entwässerungsplaner	EBB Ingenieurgesellschaft mbH Michael-Burgau-Str. 22a 93049 Regensburg
Bearbeiter	Jens Winkler, M. Sc. Dipl.-Ing. Birgit Spotka
E-Mail	jwinkler@spotka.de bspotka@spotka.de

Der Geotechnische Bericht umfasst 46 Seiten und 11 Anlagen und ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 BEAUFTRAGUNG	6
2 UNTERLAGEN	6
3 PROJEKT	7
3.1 Allgemeines	7
3.2 Örtliche Verhältnisse	7
3.3 Geplanter Neubau	8
3.4 Versickerungsbereiche	8
4 UNTERGRUND- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	10
4.1 Geologie	10
4.2 Hydrogeologie	11
4.3 Erdbebenzone nach DIN 4149	11
4.4 Baugrunderkundung	11
4.5 Aufschlüsse	13
4.6 Grundwasserverhältnisse	16
5 FELDVERSUCHE – VERSICKERUNG IM BOHRLOCH	18
6 LABORUNTERSUCHUNGEN	19
6.1 Bodenmechanische Untersuchungen	19
6.1.1 Korngrößenverteilung	19
6.1.2 Konsistenzgrenzen	19
6.2 Glühverlust	20
6.3 Chemische Laboruntersuchungen	21
6.3.1 Betonaggressivität Wasser nach DIN 4030	21
6.3.2 Untersuchung Schwarzdeckenproben auf pechhaltige Bestandteile	21
6.3.3 Orientierende abfallrechtliche Untersuchung Boden	22
7 BAUGRUNDMODELL, HOMOGENBEREICHE	25
7.1 Grundlagen	25
7.2 Homogenbereiche	25

7.3	Kennwerte Homogenbereiche	27
7.4	Charakteristische Bodenkennwerte	28
8	GEOTECHNISCHE FOLGERUNG - KANALNEUBAU	30
8.1	Allgemeines	30
8.2	Gründung und Rohraufleger	30
8.3	Herstellung des Leitungsgrabens	31
8.3.1	Allgemeines	31
8.3.2	Kanalneubau außerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke und Sparten	32
8.3.3	Kanalneubau innerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke und Sparten	32
8.3.4	Wasserhaltung	33
8.4	Wiederverfüllen des Leitungsgrabens	34
8.4.1	Leitungszone	34
8.4.2	Hauptverfüllung	35
9	GEOTECHNISCHE FOLGERUNGEN – VERKEHRSFLÄCHEN	37
9.1	Allgemeines	37
9.2	Frostempfindlichkeit Planum	37
9.3	Erforderliche Dicke des frostsicheren Aufbaus gemäß RStO 12	38
9.4	Tragfähigkeit des Untergrundes	39
9.5	Entwässerung des Planums bzw. der Frostschutzschicht	40
10	GEOTECHNISCHE FOLGERUNGEN - VERSICKERUNGSANLAGEN	41
10.1	Allgemeines	41
10.2	Gründung	41
10.3	Sicherung gegen Auftrieb	41
10.4	Herstellung Baugrube	42
10.5	Versickerungsfähigkeit	42
10.6	Durchlässigkeit	43
10.7	Sickerfläche 1	44
10.8	Sickerfläche 2	44
10.9	Schlussfolgerungen	44
10.10	Vermeidung möglicher Schäden an Gebäuden und Bauwerken	45

11 ANMERKUNGEN

46

Tabellen	Seite
Tabelle 1: Aufschlüsse	12
Tabelle 2: Schichtgrenzen	15
Tabelle 3: Grundwasserstände	16
Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwerte	18
Tabelle 5: Korngrößenverteilung	19
Tabelle 6: Konsistenzgrenzen	20
Tabelle 7: Bestimmung Glühverlust	20
Tabelle 8: Betonaggressivität Wasser	21
Tabelle 9: Ergebnisse qualitative Untersuchung von Schwarzdeckenproben	22
Tabelle 10: Einstufung von Schwarzdeckenproben nach RuVA-StB 01	22
Tabelle 11: Orientierende abfallrechtliche Untersuchung Boden	23
Tabelle 12: Kennwerte Homogenbereich Oberboden	27
Tabelle 13: Kennwerte Homogenbereiche Lockerboden	27
Tabelle 14: Charakteristische Bodenkennwerte	29
Tabelle 15: Erforderliche Dicke frostsicherer Aufbau	38
Tabelle 16: Anforderungen an die Tragfähigkeit	39
Tabelle 17: Korrektur der k_f-Werte nach DWA-A 138	43

Anlagen

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Lagepläne
Anlage 3	Bohr- und Sondierprofile
Anlage 4	Auswertung der Versickerungsversuche im Bohrloch
Anlage 5	Laborversuche – Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
Anlage 6	Laborversuche – Konsistenzgrenze nach DIN EN ISO 17892-12
Anlage 7	Laborversuche – Glühverlust nach DIN 18128
Anlage 8	Laborversuche – Untersuchung Wasserproben nach DIN 4030
Anlage 9	Fotographische Darstellung der Schichtdicken
Anlage 10	Prüfbericht – Untersuchung von Ausbauasphalt nach RuVA-StB 2001
Anlage 11	Bericht Orientierende Altlastenuntersuchung

1 Beauftragung

Mit Schreiben vom 29. September 2023 erteilte die Gemeinde Wenzenbach der Baugrundinstitut Dr.-Ing. Spotka und Partner GmbH den Auftrag für die Ausführung einer Baugrundhauptuntersuchung und die Erstellung eines Geotechnischen Berichtes. Grundlage der Auftragserteilung ist das Kostenangebot KA 02 vom 25. September 2023.

2 Unterlagen

Zur Bearbeitung des Geotechnischen Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- (U1) Lageplan mit den vorgegebenen Rammkernbohrungen und Sickerversuchen im Bohrloch, E-Mail vom 22.09.2023 von Gutthann HIW Architekten GmbH
- (U2) Lageplan Leitungskonzept – Generalsanierung Mittelschule mit Zusammenlegung Grundschule, Maßstab 1: 250, Stand: Oktober 2023, erstellt von EBB Ingenieurgesellschaft mbH
- (U3) Übersichtslageplan – Baugrundgutachten, Maßstab 1: 200, Stand: 14.02.2024, erstellt von EBB Ingenieurgesellschaft mbH
- (U4) E-Mail von der EBB Ingenieurgesellschaft mbH vom 14.02.2024 mit Angaben zu den geplanten Rigolen
- (U5) Geologische Karte von Bayern, 6939 Donaustauf, Maßstab 1: 25.000, Stand: 2011, Bayerisches Geologisches Landesamt

Aus unserem Hause:

- (U6) Geotechnischer Untersuchungsbericht – Wenzenbach, Generalsanierung Grund- und Mittelschule, Baugrundvoruntersuchung, Stand: 27.07.2023

3 Projekt

3.1 Allgemeines

Die Gemeinde Wenzenbach plant die Generalsanierung der Mittelschule in Wenzenbach mit Teilabbrüchen und Neubau von Lernhäusern für Grund- und Mittelschule sowie einer Mehrfeldsporthalle, siehe Übersichtslageplan auf Anlage 1.

Es liegt bereits ein Geotechnischer Untersuchungsbericht GB01 – Wenzenbach, Generalsanierung Grund- und Mittelschule, Baugrundvoruntersuchung vom 27.07.2023 vor, siehe Unterlage (U6).

Das geplante Bauvorhaben ist mit Rück- und Umbau der Bestandsgebäude sowie dem Neubau von Lernhäusern für Grund- und Mittelschule sowie Sporthalle und Freiflächensportanlagen verbunden.

Das Projekt ist in vier Bauabschnitte eingeteilt. Im vorliegenden Bericht werden Angaben zu den geplanten Entwässerungs- und Versickerungsanlagen gemacht.

3.2 Örtliche Verhältnisse

Die Außenflächen sind im nördlichen Bereich der Schule mit Pflaster und im Bereich des Sportplatzes mit Kunststoffbelag befestigt.

Das Ursprungsgelände fällt von Norden nach Süden Richtung dem Fluss „Wenzenbach“ ab. Im Bereich der Bohrungen und Sondierungen wurden Höhen zwischen 352,5 ... 359,2 m ü. NHN eingemessen. Im Bereich der aktuellen Freisportfläche ist ein deutlicher Ansprung zum Ursprungsgelände von bis zu 3,0 m zu verzeichnen. Dieser Bereich wurde voraussichtlich bereichsweise aufgefüllt.

Im Norden wird das Grundstück durch den „Roither Weg“ begrenzt. Im Osten, Süden und Südwesten grenzen vorwiegend Wiesenflächen an das Schulgelände an.

Im westlichen Grundstücksbereich grenzt eine Bushalteschleife direkt an den „Roither Weg“ an.

3.3 Geplanter Neubau

Es ist der Neubau von Regen- und Schmutzwasserkanäle vorgesehen.

Zusätzlich soll das vorhandene Regenwasser zu geplanten Rigolen geleitet und im Anschluss in Füllkörperrigolen versickert werden.

Nach Unterlage (U2) und Unterlage (U3) sollen die Schmutzwasserkanäle der geplanten Mittel- und Grundschule nördlich der Gebäude an den bestehenden Kanal im „Roither Weg“ angebunden werden. Die Sohlthiefen sind in diesen beiden Bauabschnitten mit 355,7 ... 358,1 m ü. NHN vorgesehen. Es ergeben sich somit Einbindetiefen von ca. 1,1 bis 2,5 m u. GOK.

Zusätzlich ist auch im Bereich der geplanten Sporthalle ein Schmutzwasserkanal mit Sohlthiefen von 352,2 ... 352,7 m ü. NHN angedacht. Dieser soll an den bestehenden Kanal westlich der geplanten Sporthalle anbinden. Es ergeben sich Einbindetiefen von ca. 2,7 m u. GOK.

Des Weiteren ist südlich des Flachklassentrakts ebenfalls ein Schmutzwasserkanal mit Sohlthiefen von 352,9 ... 354,3 m ü. NHN vorgesehen, welcher ebenfalls an den bestehenden Kanal südlich des Flachklassentrakts anbinden soll.

Die Regenwasserkanäle sind rings um die geplanten Bauabschnitte vorgesehen. Die Sohlthiefen sind mit 352,5 ... 358,3 m ü. NHN vorgesehen. Es ergeben sich Einbindetiefen 1,4 ... 3,5 m u. GOK.

Das Regenwasser soll im Bereich der neu geplanten Busschleife und südlich der geplanten Sporthalle in Zisternen gesammelt und schließlich in Füllkörperrigolen versickert werden, siehe hierzu auch Kapitel 3.4.

Zusätzlich sollen neue Parkplätze im Bereich der Busschleife entstehen.

Die Anordnung der geplanten Kanäle und der Busschleife kann dem Lageplan auf Anlage 2/1 und die Anordnung der Versickerungsrigolen dem Lageplan auf Anlage 2/2 entnommen werden.

3.4 Versickerungsbereiche

Insgesamt sind nach Unterlage (U2)

Bezeichnung Sickerfläche nach Unter- lage (U2)	Lage	Bemerkungen
Rigole 1	Westlich geplanter Mittelschule; Anordnung unter der geplanten Busspur	Die Rigole 1 ist nach Unterlage (U4) unter der geplanten Busspur mit einer Sohltiefe von ca. 354,50 m ü. NHN und einem Volumen von ca. 230 m³ (LxBxH = 20,8 x 8,8 x 1,32 m) als Füllkörperrigole vorgesehen. <i>Anmerkung:</i> Während der Baugrunderkundung wurde der Versickerungsbereich bei der Bohrung SV5 aufgrund eines möglichen Sondenfelds für Geothermie planarisch unter die geplante Busschleife versetzt. Die Bohrungen waren zu diesem Zeitpunkt bereits ausgeführt. Daher konnte bei der Bohrung B13 kein Versickerungsversuch ausgeführt werden.
Rigole 2	Südlich geplanter Sporthalle	Nach Unterlage (U2) ist südwestlich des SV2 eine Füllkörperrigole angedacht. Diese soll nach Unterlage (U4) eine Sohltiefe von ca. 351,30 m ü. NHN und ein Volumen von ca. 190 m³ (LxBxH = 13,6 x 11,2 x 1,32) besitzen. <i>Anmerkung:</i> Die Lage der Rigole stand zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung noch nicht fest. Der geplante Standort ist aktuell bebaut.

4 Untergrund- und Grundwasserverhältnisse

4.1 Geologie

Gemäß der Geologischen Karte (U5) ist im Bereich des Bauvorhabens die Naab-Hangendtertiär-Formation zu erwarten. Dies sind Wechselfolgen aus z.T. kiesigen Sanden und Ton. Südlich des Bauvorhabens Richtung dem Fluss „Wenzenbach“ sind zudem Flussablagerungen (Sand und Kiese, z.T. unter Flusslehm oder Flussmergel) kartiert, siehe Abbildung 1.

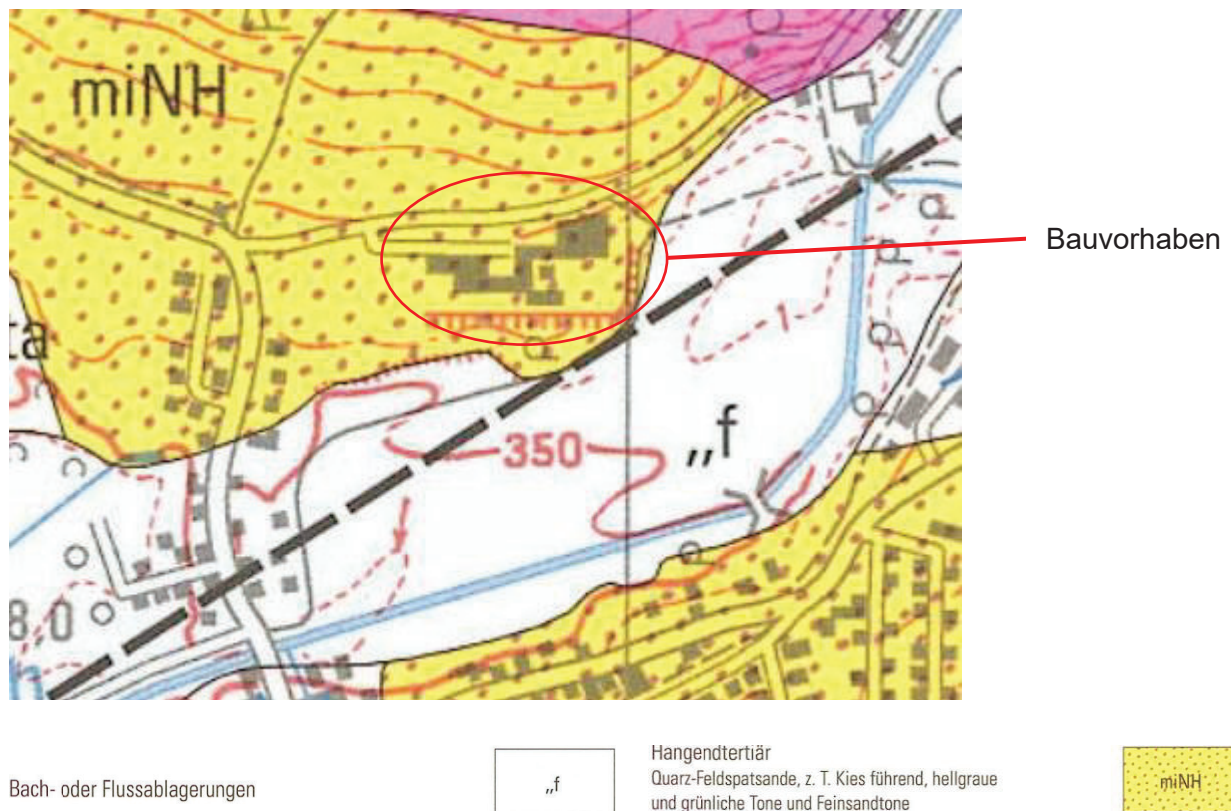


Abbildung 1: Geologische Karte im Bereich des Untersuchungsgebietes; Auszug aus Unterlage (U2)

Unterlagernd stehen variszische Magmatite der Regensburger-Wald-Pluton Formation an. Die Oberfläche dieser Plutonite kann durch die Naab-Hangendtertiär-Formation erodiert und daher stark profiliert sein. Zusätzlich ist südlich des Baugebietes eine Störung kartiert, so dass die Plutone voraussichtlich abgeschoben und von der Naab-Hangendtertiär-Formation überschüttet wurden.

4.2 Hydrogeologie

Nach den Angaben des Online-Auskunftsdienst Bayernatlas befindet sich die Baufläche außerhalb von Hochwassergefahrenflächen, sowie außerhalb von Einzugsgebieten der Wasserversorgung und außerhalb von Heilquellenschutzgebieten. Der Nahbereich des „Wenzenbachs“ ist als sog. wasser-sensiblen Bereich ausgeschildert. Der Bereich grenzt bis an die Geländeaufschüttung des aktuellen Sportplatzes an.

4.3 Erdbebenzone nach DIN 4149

Die Gemeinde Wenzenbach liegt, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, nach der Erdbeben-zonenkarte der DIN 4149 in keiner Erdbebenzone.

4.4 Baugrunderkundung

Zur Baugrunderkundung wurden im Juni 2023 innerhalb einer Vorerkundung bereits drei Bohrungen im Kleinrammbohrverfahren abgeteuft und drei Sondierungen mit der schweren Rammsonde DPH ausgeführt. Diese Bohrungen und Sondierungen werden mit dem Kodex „alt“ gekennzeichnet.

Im Rahmen einer Baugrundhaupteckundung wurden weitere neunzehn Bohrungen im Kleinramm-bohrverfahren abgeteuft und acht Sondierungen mit der schweren und leichten Rammsonde (DPH und DHL) ausgeführt. Die Bohrungen sind mit B1 bis B14 (Oktober/November 2023), die Bohrungen in denen Sickerversuche ausgeführt wurden mit SV1 bis SV5 (November) und die Sondierungen mit S1 bis S8 (November 2023) bezeichnet.

Zusätzlich wurden zwei Asphaltkerne entnommen. Diese sind mit AK1 und AK 2 bezeichnet.

Anmerkungen: Die Bohrungen für die Versickerungsversuche wurde durch den Außenanlagenpla-ner mit Stand vom 20.09.2023 nach Unterlage (U1) vorgegeben. Nach den aktuellen Planunterlagen weichen die geplanten Versickerungsbereiche teilweise von der ursprünglich geplanten Lage ab.

Die Aufschlüsse sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1: Aufschlüsse

¹ Die Bohrungen wurden im Anschluss an den Versickerungsversuch vertieft.

Die Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig mittels GPS-Vermessung eingemessen.

Die Lage der Aufschlüsse zeigen die Lagepläne auf Anlagegruppe 1/2 und 2. Die Bohr- und Sondierprofile sind auf Anlagegruppe 3 beigelegt.

Vor Ausführung der Aufschlüsse erfolgte durch die Süddeutsche Kampfmittelräumung eine Magnetfeldkartierung zur Kampfmittelfreigabe der einzelnen Aufschlusspunkte.

4.5 Aufschlüsse

Grob kann von der nachfolgenden Schichtenfolge ausgegangen werden:

- Oberboden
- Oberflächenbefestigung / Künstliche Auffüllungen
- Quarz-Feldspatsande
- Schluff-Sand-Wechselagerungen
- Terrassensande bzw. -kiese
- Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Granite)

Oberboden

In den unbefestigten Flächen wurde eine bis zu 0,2 ... 0,4 m mächtige Oberbodenschicht aus schwach bindigen bis bindigen, schwach kiesigen Sand angetroffen. Die Oberbodenschicht ist schwach organisch ausgeprägt.

Oberflächenbefestigung / Künstliche Auffüllungen

Unter einer bereichsweise anstehenden Oberflächenbefestigung mit Pflaster / Asphalt / Betonplatten folgt zunächst eine Tragschicht aus schwach bindigen, schwach sandigen bis sandigen Kiestragschicht (v.a. Mineralbeton und Kalksteinsplitt).

Unter der Oberflächenbefestigung und unter der Oberbodenschicht stehen bis ca. 0,4 ... 2,6 m u. GOK aufgefüllte bzw. eventuell auch umgelagerte Bereiche an. Dies sind vorwiegend schwach bindige, untergeordnet auch bindige, schwach kiesige stark kiesige Sande. Vereinzelt kann der aufgefüllte Bereich im Wurzelhorizont liegen und somit schwach organisch ausgeprägt sein.

Bereichsweise wurden bodenfremde Anteile (Beton-, Ziegelreste, etc.) vorgefunden.

Nach den Sondierergebnissen ist die Auffüllungen vorwiegend mitteldicht gelagert.

Quarz-Feldspatsande

Es folgt zunächst eine Sandüberdeckung aus Quarz-Feldspatsanden. Die Sande sind vorwiegend nicht bindig ... schwach bindig ausgeprägt und können bereichsweise kiesführend sein.

Im Bereich der Sande wurden Schlagzahlenwerte mit der schweren Rammsonde von N_{10} 4 ... 15 bzw. mit der leichten Rammsonde von N_{10} 8 ... 57 festgestellt. Es ist daher mit einer mitteldichten Lagerung der Sande zu rechnen.

Schluff-Sand-Wechselagerung

In der Tiefe folgen sequenzweise zwischengelagerte Schlufflagen mit einer weichen ... steifen Konsistenz. Die bereichsweise angesprochene breiige ... sehr weiche Konsistenz wurde voraussichtlich durch eine Entfestigung während des Bohrvorgangs hervorgerufen.

Die unregelmäßig eingeschalteten sandigen bis stark sandigen Schlufflagen wechseln sich bereichsweise mit bindigen ... stark bindigen, schwach kiesigen Fein- bis Mittelsandlagen ab. Teilweise können diese jedoch auch dominieren und mehrere Meter mächtig sein. Bereichsweise sind die Schluffe schwach organisch ausgeprägt.

Untergeordnet können auch steife sandige Tone vorkommen.

Nach den Sondierergebnissen haben die zwischengelagerten Sande vorwiegend eine locker ... mitteldicht Lagerung. Im Bereich der Schlufflagen wurden abfallende Schlagzahlenwerte N_{10} von 1 ... 4 verzeichnet.

Terassensande bzw. -kiese

Unterhalb der Schluff-Sand-Wechselagerungen wurden nicht bindige ... schwach bindige, untergeordnet auch bindige, schwach feinkiesige ... stark feinkiesige Grobsande erbohrt. Diese können dem Schichthorizont der Terrassensande bzw. -kiese zugeordnet werden.

Ab einer Tiefe von ca. 2,6 ... 11,0 m u. GOK steigen ebenfalls die Schlagzahlenwerte auf > 10 an. Die Sande besitzen eine mitteldichte ... dichte Lagerung.

Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Granite)

Die Bohrung B4 im Bereich der geplanten Grundschule stellt eine Besonderheit dar. Es wurde ab einer Tiefe von 357,3 m ü. NN der Granitverwitterungshorizont erbohrt. Überlagernd wurde bindiger, kiesiger Sand festgestellt. Mit der Tiefe folgt

Bei der Sondierung S5 wurde in einer Tiefe von 356,8 m ü. NN Schlagzahlenwerte > 100 und somit das Abbruchkriterium erreicht. Voraussichtlich steht in dieser Tiefe ebenfalls der Verwitterungshorizont an.

Die Sande / Kiese / Steine des Verwitterungsbereiches sind vorwiegend dicht gelagert.

Die Schichtgrenzen sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 2: Schichtgrenzen

Bohrung	Schichtunterkante									
	Oberboden		Auffüllung		Quarz-Feldspats- ande		Schluff-Sand- Wechselagerung		Terrassensande bzw. -kiese	
	[m u. GOK]	[m ü. NHN]	[m u. GOK]	[m ü. NHN]	[m u. GOK]	[m ü. NHN]	[m u. GOK]	[m ü. NHN]	[m u. GOK]	[m ü. NHN]
B1	0,3	352,2	-	-	2,4	350,1	-	-	> 8,0	< 344,5
B2	-	-	0,9	354,4	2,2	353,1	3,5	351,8	> 11,0	< 344,3
SV3/B3	0,2	355,2	1,1							

4.6 Grundwasserverhältnisse

Grund- bzw. Schichtenwasser wurde zum Zeitpunkt der Untersuchungen in folgenden Tiefen eingemessen. Zur besseren Darstellung werden alle Bohrungen mit angegeben.

Tabelle 3: Grundwasserstände

Aufschluss	Datum	Tiefe [m u. GOK]	Tiefe [m ü. NHN]
B1	07.11.2023	2,39**	350,11
B2	30.10.2023	5,05**	350,20
B3/SV3	03.11.2023	5,30**	350,07
B4	07.11.2023	k. GW.	-
B5	30.10.2023	k. GW.	-
B6	10.11.2023	k. GW.	-
B7/SV4	03.11.2023	-	-
B8	26.10.2023	-	-
B9	26.10.2023	6,58	352,65
B10	10.11.2023	6,66*	352,14
B11	10.11.2023	4,39	350,91
B12	27.10.2023	6,45**	352,05
B13	27.10.2023	k. GW.	-
B14	27.10.2023	k. GW.	-
SV1	22.11.2023	k. GW.	-
SV2	02.11.2023	k. GW.	-
SV5	02.11.2023	k. GW.	-

Grundwasserspiegel etwa auf Höhe des „Wenzelbachs“ bei ca. 350,0 ... 351,0 m ü. NN zu vermuten.

Zusätzlich ist aufgrund des Gefälles und der zwischengelagerten bindigen Lagen mit einem erhöhten Hangschichtwasseraufkommen zu rechnen.

5 Feldversuche – Versickerung im Bohrloch

Im Zuge der durchgeführten Untersuchungen wurden in den Bohrungen SV1, SV2, SV3, SV4 und SV5 Versickerungsversuche durchgeführt, um die Durchlässigkeit der anstehenden Schichten zu beurteilen. Nach erfolgter Vorsättigung des Untergrundes wurde das Bohrloch mit Wasser aufgefüllt und anschließend der zeitliche Verlauf der Wasserspiegelabsenkung gemessen. Die Versuchsergebnisse sind im Detail der Anlage 4 zu entnehmen. Die Auswertung der Versuche wurde nach USBR Earth Manual durchgeführt.

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwerte

Versickerungsversuche	Bohrloch	Durchlässigkeitsbeiwert k_f	Durchlässigkeit nach DIN 18130-1
1	SV1	$9,57 \times 10^{-7} \text{ m/s}$	undurchlässig ¹
2	SV2	$2,75 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	durchlässig
3	B3/SV3	$1,83 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	durchlässig
4	B7/SV4	$1,07 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	durchlässig
5	SV5	$1,40 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	durchlässig

¹ Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktor kann die Durchlässigkeit ebenfalls als durchlässig bewertet werden, siehe hierzu Kapitel 10.6.

6 Laboruntersuchungen

6.1 Bodenmechanische Untersuchungen

6.1.1 Korngrößenverteilung

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung wurden elf Nass- und Trockensiebungen und eine kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17892-4 durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Detail aus Anlage 5 ersichtlich.

Tabelle 5: Korngrößenverteilung

Bohrung	Entnahmetiefe [m]	Massenanteil Ton < 0,002 mm [%]	Schlammkornanteil < 0,063 mm [%]	Massenanteil Sand [%]	Massenanteil Kies [%]	Gruppensymbol nach DIN 18196	Kornkennzahl
B2	2,6 – 3,5	n. bek.	40,23	57	2	-	0 4 6 0
B3	9,0 – 10,4	n. bek.	38,63	47	14	SU*/ST*	0 4 5 1
B4	2,4 – 4,4	n. bek.	25,44	47	27	SU*/ST*	n. best.
B5	4,6 – 5,1	n. bek.	51,64	48	0	-	0 5 5 0
B6	2,4 – 4,0	n. bek.	2,88	71	26	SE	0 0 7 3
B9	6,2 – 7,0	n. bek.	22,2	78	0	SU*/ST*	0 2 8 0
B9	7,4 – 8,2	n. bek.	38,09	55	7	SU*/ST*	0 4 5 1

Tabelle 6: Konsistenzgrenzen

Bohrung	Entnahmetiefe [m]	Fließgrenze w_L / Ausrollgrenze w_P [%]	Plastizitätszahl I_P [%]	Natürlicher Wassergehalt [%]	Konsistenzzahl I_C / Konsistenz [-]	Gruppensymbol nach DIN 18196
B5	6,5 – 6,9	36,4 / 21,8	14,6	29,1	0,502 / weich	TM / UM
B10	6,5 – 7,25	33,6 / 17,0	16,7	30,5	0,186 / breiig*	TL/UL
B11	4,2 – 5,0	38,5 / 19,3	19,2	30,5	0,418 / sehr weich*	TM
B12	6,9 – 7,9	35,4 / 19,2	16,2	28,8	0,409 / sehr weich*	TM/ UM
B3-alt	3,8 – 4,3	21,9 / 18,6	3,3	21,5	0,112 / breiig*	UL

* Voraussichtlich durch den Bohrvorgang entfestigt. Zusätzlich liegt aufgrund des erhöhten Sandanteils voraussichtlich eine weiche Konsistenz vor.

6.2 Glühverlust

An vier Proben wurde der Glühverlust nach DIN 18128 ermittelt, siehe Anlage 7.

Tabelle 7: Bestimmung Glühverlust

Bohrung	Entnahmetiefe [m]	Bodenart	Glühverlust V_{gl} [%]
B3	3,6 – 3,9	Ton/Schluff	4,7

6.3 Chemische Laboruntersuchungen

6.3.1 Betonaggressivität Wasser nach DIN 4030

Die Betonaggressivität des Wassers muss in der Gesamtheit betrachtet werden. Es werden daher im Nachfolgenden alle auf dem Grundstück genommenen Wasserproben aufgelistet.

Die Prüfzeugnisse sind als Anlage 8 beigelegt.

Tabelle 8: Betonaggressivität Wasser

Bohrung (Lage)	Angriffsgrad nach DIN 4030-1	Parameter
B2-alt (5,00 m)	XA1	aggressive Kohlensäure
B2 (5,51 m)	nicht Beton angreifend	-
B11 (4,60 m)	XA1	aggressive Kohlensäure

Aufgrund der Ergebnisse empfehlen wir für die weitere Planung die Expositionsklasse XA1 anzusetzen.

6.3.2 Untersuchung Schwarzdeckenproben auf pechhaltige Bestandteile

An den zwei entnommenen Schwarzdeckenkernen erfolgten im Labor folgende Prüfungen:

- Messung der Dicke des Bohrkerns und der einzelnen erkennbaren Schichten nach dem Merkblatt TP D-StB (Technische Prüfvorschriften zur Bestimmung der Dicken von Oberbauschichten im Straßenbau [FGSV-Nr. 974]).
- Quantitative Untersuchung auf pechhaltige Bestandteile

Der Prüfbericht der quantitativen Untersuchung sind in Anlage 9 enthalten. Zudem sind die Bohrkern im Bild dargestellt, siehe Anlage 10.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 9: Ergebnisse qualitative Untersuchung von Schwarzdeckenproben

Bohr- kern	Schicht	Schichtdicke [cm]	Quantitative Untersuchung	
			Summe PAK [mg/kg]	Phenolindex [mg/l]
AK1 B13	Tragschicht	10,0	n.n.	< 0,009
AK2 bei B14	Tragschicht	11,0	n.n.	< 0,009

Nach den ausgeführten Untersuchungen sind die angetroffenen Schwarzdeckenproben gemäß RuVA-StB 01 wie folgt einzustufen:

Tabelle 10: Einstufung von Schwarzdeckenproben nach RuVA-StB 01

Bohr- kern	einzelne Schichten	Einstufung gemäß RuVA-StB 01	Einstufung gemäß LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1
AK1 (B13)	1	Verwertungsklasse A	Ausbauasphalt ohne Verunreinigung
AK2 (bei B14)	1	Verwertungsklasse A	Ausbauasphalt ohne Verunreinigung

6.3.3 Orientierende abfallrechtliche Untersuchung Boden

Zur Beurteilung des anstehenden Bodens auf Schadstoffe erfolgten durch die R & H Umwelt GmbH, Nürnberg, an insgesamt vier Bodenmischproben eine orientierende Untersuchung auf abfallrechtliche Parameter gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV) BM-0*.

Tabelle 11: Orientierende abfallrechtliche Untersuchung Boden

Bohrung	Entnahmetiefe [m]	Art	Beschreibung	Orientierende Einstufung			
				einstufungsrelevante/r Parameter gem. Spalte 3-5 der EBV	Materialklasse gem. EBV Feststoff und Sulfat (orientierend)	Einstufungsrelevante/r Parameter gem. EBV Feststoff und Eluat	Materialklasse gem. EBV FS + Eluat (orientierend)
B1	0,3 – 0,8	MP1	Sand, schwach bindig und schwach kiesig	keine	BM-0 (Sand)	-	-
B2	1,1 – 2,0						
B2	0,3 – 0,6						
B3	0,6 – 1,6						
B3	0,6 – 1,6						
B4	0,6 – 1,0	MP2	Sand, be- reichsweise schwach bin- dig und schwach kie- sig	keine	BM-0 (Sand)	-	-
B4	1,						

B13	0,1 – 0,5	MP4	Sand, schwach bin- dig und schwach kie- sig	Chrom, Ni- ckel	> BM-0	Chrom, Ni- ckel	BM-0*
B13	0,5 – 1,1						
B13	1,4 – 1,7						
B13	1,7 – 2,8						
B13	2,8 – 3,3						
B14	0,4 – 0,6						
B14	2,1 – 2,7						
B14	2,9 – 3,6						

MP = Mischprobe

Einzelheiten zu den Untersuchungsergebnissen (u.a. Kurzstellungnahme zur abfallrechtlichen Bewertung, Prüfberichte) sind in Anlage 11 enthalten.

Anmerkungen:

- Bei den durchgeführten Analysen handelt sich um orientierende abfallrechtliche Untersuchungen an punktuell entnommenen Proben. Die Schadstoffbelastung innerhalb des Baufeldes kann schwanken.

7 Baugrundmodell, Homogenbereiche

7.1 Grundlagen

Gemäß ATV DIN 18300 sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte, Bohrgeräte usw. vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Oberboden ist gemäß ATV DIN 18320 unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich.

7.2 Homogenbereiche

Der im Projektbereich anstehende Untergrund kann, ausgehend von den durchgeführten Erkundungen, in sechs, für die relevanten Normen ATV DIN 18300 Erdarbeiten und ATV DIN 18301 Bohrarbeiten gleichermaßen gültige Homogenbereiche gegliedert werden. Jeder Homogenbereich repräsentiert eine Zusammenfassung von Boden- bzw. Felsarten mit weitgehend einheitlichen geotechnischen Eigenschaften. Im Einzelnen beschreiben die Homogenbereiche folgende Boden- bzw. Felsarten:

Homogenbereich O1 - Oberboden

Der Homogenbereich O1 fasst die lokal vorhandene (künstlich aufgefüllte) Oberbodenschicht zusammen. Dies sind schwach bindige ... bindige, schwach kiesige und schwach organisch ausgeprägte Sande.

Homogenbereich B1 - Künstliche Auffüllungen

Der Homogenbereich B1 umfasst die künstlichen Auffüllungen. Diese bestehen bereichsweise aus einer Tragschicht (Kaksteinsplitt und Mineralbeton (Kiese, schwach bindig und schwach sandig)).

Vorwiegend sind schwach bindige, untergeordnet auch bindige, kiesige Sande abgelagert bzw. umgelagert. Vereinzelt kann der aufgefüllte Bereich im Wurzelhorizont liegen und somit schwach organisch ausgeprägt sein.

Bereichsweise wurden bodenfremde Anteile (Beton-, Ziegelreste, etc.) vorgefunden.

I. d. R. ist eine mitteldichte Lagerung gegeben.

Homogenbereich B2 – Quarz-Feldspatsande

Die Sandüberdeckung aus Quarz-Feldspatsande wird unter dem Homogenbereich B2 zusammengefasst. Die Sande sind vorwiegend nicht bindig ... schwach bindig ausgeprägt und können bereichsweise kiesführend sein.

Die Sande sind vorwiegend mitteldicht gelagert.

Homogenbereich B3 – Schluff-Sand-Wechselagerung

In der Tiefe folgen die sequenzweisen zwischengelagerten Schlufflagen des Homogenbereichs B3 mit einer vorwiegend weichen ... steifen Konsistenz.

Die unregelmäßig eingeschalteten sandigen bis stark sandigen Schlufflagen wechseln sich bereichsweise mit bindigen ... stark bindigen, schwach kiesigen Sandlagen ab. Teilweise können diese jedoch auch dominieren und mehrere Meter mächtig sein. Bereichsweise sind die Schluffe schwach organisch ausgeprägt.

Untergeordnet können auch steife sandige Tone vorkommen.

Die Lagerungsdichte der Sande kann vorwiegend als mitteldicht angegeben werden.

Homogenbereich B4 – Terrassensande bzw. -kiese

Die schwach bindigen, feinkiesigen ... stark feinkiesigen Grobsande des Homogenbereichs B4 können dem Horizont der Terrassensande bzw. -kiese zugeordnet werden.

Die Sande besitzen eine mitteldichte ... dichte Lagerung.

Homogenbereich B5 – Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Granite)

Der bereichsweise anstehende Verwitterungshorizont

7.3 Kennwerte Homogenbereiche

Für die Homogenbereiche ist von folgenden Eigenschaften und Kennwerten sowie deren ermittelten Bandbreiten auszugehen. Die angegebenen Eigenschaften und Kennwerte beruhen auf Feldversuchen bzw. üblichen Korrelationen, Laborversuchen und zum Teil auf Erfahrungswerten. Der Beschreibung des anstehenden Untergrundes liegen die DIN EN ISO Normen 14688-1, 14688-2 und 14689-1 zugrunde, der Beschreibung des Oberbodens die DIN 18915.

Tabelle 12: Kennwerte Homogenbereich Oberboden

Homogenbereich	O1
Eigenschaften/Kennwerte	Oberboden
Bodengruppe nach DIN 18196	SU*/ST*, SU//ST, (UL, UM, TL, TM)
Bodengruppe nach DIN 18915	3a, 4a, (5a)
Massenanteil Steine, Blöcke, große Blöcke	0 ... 10 %

Tabelle 13: Kennwerte Homogenbereiche Lockerboden

Homogenbereich	B1	B2	B3	B4	B5
Ortsübliche Bezeichnung					
Eigenschaften/Kennwerte	Künstliche Auffüllungen	Quarz-Feldspat-sande	Schluff-Sand-Wechselagerung	Teras-sensande bzw. -kiese	Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Granite)
Korngrößenverteilung (Kornkennzahlen)	n. bek.	Sand: 1 2 6 1 ... 0 0 8 2	Sand: 3 2 5 0 ... 1 1 7 1 Schluff: n. bek.	0 2 7 1 ... 0 0 2 8	n. bek.
Massenanteil Steine, Blöcke, große					

			Schluff: 0 ... 10 kPa		Ton: 5 ... 15 kPa
Wassergehalt w_n	n. bek.	n. bek.	Sand: -, Schluff: 20 ... 35 %	n. bek.	n. bek.
Plastizitätszahl I_p	-	-	Sand: -, Schluff: 5 ... 20 %	-	n. bek.
Konsistenzzahl I_c	-	-	Sand: -, Schluff: 0,25 ... 1,0	-	Sand / Kiese / Steine: -, Ton: 1,0 ... 1,25
Bezogene Lagerungsdichte I_D	15 ... 65 %	35 ... 65 %	Sand: 35 ... 65 % Schluff: -	35 ... 85 %	Sand / Kiese / Steine: 65 ... 85 % Ton: -
Organischer Anteil	0 ... 8 %	0 ... 2 %	Schluffe: 2 ... 6, Sand: 0 ... 4 % untergeordnet ... 20 %	0 ... 4 %	0 ... 2 %
Abrasivität	n. bek.	n. bek.	n. bek.	n. bek.	n. bek.
K_f -Wert	$10^{-4} \dots 10^{-7}$	$10^{-4} \dots 10^{-6}$	$10^{-5} \dots 10^{-8}$	$10^{-3} \dots 10^{-6}$	$10^{-3} \dots 10^{-6}$
Bodengruppe nach DIN 18196	[SU/ST], [SU*/ST*], [GU/GT], [GE]	SU/ST, SE, SW, (SU*/ST*)	UL/TL, UM/TM, SU/ST, SU*/ST*	SU/ST, SW, GU/GT, GW, (SU*/ST*, GU*/GT*)	BS, BL, BG, GU/GT, GU*/GT*

Legende:

- für Schicht nicht relevant

Tabelle 14: Charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Wichte erdfeucht γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul (statisch) $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Oberboden Homogenbereich O1	bautechnisch nicht verwertbar				
Künstliche Auffüllungen Homogenbereich B1	18,0 ... 19,0	10,0 ... 11,0	30,0 ... 32,5	0	20 ... 40
Quarz-Feldspatsande Homogenbereich B2	20,0	11,0	32,5	0	20 ... 35
Schluff-Sand- Wechselagerung Homogenbereich B3	19,0 ... 20,0	9,0 ... 10,0	27,5	0 ... 2	2 ... 8
Terrassensand bzw. -kiese Homogenbereich B4	21,0	11,0	35,0	0	35 ... 60
Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Gra- nite) Homogenbereich B5	22,0	12,0	35,0 ... 37,5	0 ... 5	40 ... 120

8 Geotechnische Folgerung - Kanalneubau

8.1 Allgemeines

Die Sohltiefe des geplanten Schmutzwasserkanals sind im Bereich der geplanten Mittel- und Grundschule 355,7 ... 358,1 m ü. NHN angegeben. Die Kanäle kommen ca. 1,1 ... 2,5 m u. aktueller Geländeoberkante zu liegen. Im Bereich der geplanten Sporthalle und des südlich des Flachklassentrakts kommen die Kanalsohlen bei 352,2 ... 354,3 m ü. NHN zu liegen. Es ergeben sich Einbindetiefen von ca. 2,7 m u. GOK.

Die Regenwasserkanäle sind rings um die geplanten Bauabschnitte vorgesehen. Die Sohlflächen sind mit 352,5 ... 358,3 m ü. NHN vorgesehen. Es ergeben sich somit Einbindetiefen von 1,4 ... 3,5 m u. GOK.

Die Sohlhöhen sind jeweils in den einzelnen Bohr- und Sondierprofilen auf Anlagengruppe 3 eingetragen.

Ausgehend von diesen Einbindetiefen kommen die Rohrsohlen vorwiegend in den nicht ... schwach bindigen Quarz-Feldspatsanden des Homogenbereichs B2 und untergeordnet in den Auffüllungen des Homogenbereichs B1 (siehe z.B. Bohrung B2-alt), in den Schluff-Sand-Wechselagerungen des Homogenbereichs B3 (siehe z.B. Bohrung B3) und im Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Granite) (siehe z.B. Sondierung S5) zu liegen.

8.2 Gründung und Rohraufleger

Die Auffüllungen des Homogenbereichs B1 und die nicht bindigen ... schwach bindigen Sande des Homogenbereichs B2 besitzen eine ausreichende Tragfähigkeit. Die Schluff-Sand-Wechselagerungen des Homogenbereichs B3 sind als nicht ausreichend tragfähig zu bewerten. Der Verwitterungshorizont der variszische Magmatite (Granite) ist wiederum als gut tragfähig zu bewerten.

Gegen die Gründung der Kanalleitungen / Rigolen / Filter bestehen keine Bedenken, wenn folgende Maßnahmen beachtet werden:

- Der Sand der Homogenbereiche B1 und B2 ist ausreichend tragfähig. Es genügt voraussichtlich die Aushubsohle nachzuverdichten.

- Stehen in Höhe der Aushubsohle Schluff-Sand-Wechsellagerungen des Homogenbereichs B3 (siehe z.B. Bohrung B3) oder bindige Auffüllungen an, sind diese bis 30 cm unter der Rohrsohle auszukoffern und durch kornabgestuften Schotter (z.B. 0/32) zu ersetzen.
- Die Rohrauflager sind gemäß den Anforderungen der DIN EN 1610 / DWA A 139 herzustellen. Im Felsersatz sind für die Planung verstärkte Rohrauflager zu berücksichtigen.

8.3 Herstellung des Leitungsgrabens

8.3.1 Allgemeines

Der Kanalneubau findet vorwiegend innerhalb der unbefestigten und befestigten Schulgeländeflächen statt. Zusätzlich ist ein Anschluss des Schmutzwasserkanals an den „Roither Weg“ vorgesehen. Der zeitlich Bauablauf für den Neubau des Kanals ist uns nicht bekannt. Eventuell ist zum Bauzeitpunkt mit Altbebauungen oder Neubauten in unmittelbarer Nähe zum Kanalgraben zu rechnen.

Wir empfehlen den Kanal so anzuordnen, dass während der Kanalbaumaßnahme keine Unterfangungen der Bauwerke notwendig werden. Alternativ sind die neu geplanten Gebäude ausreichend tief zu gründen.

Bei der Auswahl der Baugrubensicherung ist zwischen Bereichen außerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke, innerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke (großer Abstand Bebauung) und Bauwerken im Lastausbreitungsbereich von Bauwerken (geringer Abstand Bebauung) zu unterscheiden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass der Fall außerhalb des Einflussbereiches von Bauwerken vorliegt, wenn bei den anstehenden Untergrundverhältnissen eine fiktive Linie zwischen der Grabensohle und der Gründungssohle Bauwerk einen Winkel von ca. $\varphi \leq 30^\circ$ besitzt. Wenn $30^\circ < \varphi \leq 60^\circ$ ist, befindet sich die Baugrube im Einflussbereich jedoch außerhalb des Lastausbreitungsbereichs des Gebäudes. Bei $\varphi > 60^\circ$ ist davon auszugehen, dass sich der Verbau im Lastausbreitungsbereich von Bauwerken befindet.

Die genauen Abstände des Kanalgrabens zu angrenzenden Gebäuden sowie die genauen Höhenverhältnisse sind durch den Planer zu überprüfen und im Rahmen der weiteren Planung zu berücksichtigen. Zudem ist vorab zu prüfen ob verformungsempfindliche Sparten

8.3.2 Kanalneubau außerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke und Sparten

Außerhalb von bestehenden Verkehrsflächen, bestehenden Bauwerken und Sparten können die Leitungsgräben grundsätzlich frei geböscht hergestellt werden. Dabei ist in den Sanden und Schluffen ein Böschungswinkel von 45° einzuhalten.

Sollen die Aushubmassen verringert werden kann ein konventioneller Grabenverbau verwendet werden, siehe nachfolgender Abschnitt. Im Bereich von Verkehrsflächen wird dieser notwendig.

Außerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke bzw. Sparten können zur Grabensicherung auch konventionelle Grabenverbaugeräte verwendet werden. Eventuell zwischen Grabenwand und Verbauplatte verbleibende Hohlräume sind dann umgehend mit Sand/Splitt zu verfüllen (ständiger, kraftschlüssiger Kontakt Boden/Platte). Ergeben sich im Bereich von Leitungskreuzungen unvermeidliche Lücken, so müssten diese ergänzend mittels Holzverbau und/oder einzelner Kanaldielen gesichert werden.

8.3.3 Kanalneubau innerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke und Sparten

Innerhalb des Einflussbereiches bestehender Bauwerke ist der Kanalgraben durch einen Verbau zu sichern.

Kommt der Kanalgraben innerhalb von höherliegenden Sparten (Gasleitung, Wasserleitung etc.) zu liegen, sind zusätzlich die Vorgaben der Leitungsbetreiber zu berücksichtigen. Nach der derzeit vorliegenden Planung kommt der Kanalneubau im Einflussbereich von Sparten voraussichtlich nur im Anschlussbereich an den bestehenden Kanal im „Roither Weg“ sowohl bei der geplanten Mittel- als auch Grundschule zu liegen, siehe hierzu auch nachfolgende Abbildung 2.

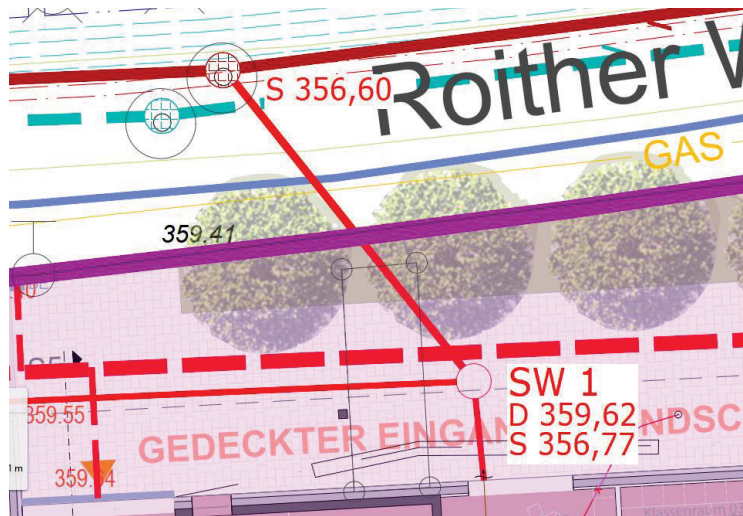


Abbildung 2: Anbindung des Schmutzwasserkanals an den „Roither Weg“ und bestehende Gasleitung; Quelle: Unterlage (U2)

Die Tiefenlage dieser Leitung ist zu überprüfen. Es wird voraussichtlich ein verformungsarmer Verbau erforderlich.

Aufgrund der vorliegenden rolligen Sande kann es beim Aushub zum Ausrieseln der Sande kommen.

Um Auflockerungen seitlich des Kanalgrabens und daraus folgende Schäden an der naheliegenden Bebauung auf ein Minimum zu reduzieren, muss der Verbau dem Aushub vorausseilend und möglichst erschütterungsarm eingebracht werden.

Es bietet sich daher im Bereich von Leitungen der Einsatz eines Gleitschienen-Verbaus mit Stützrahmen oder ein Dielenkammerverbau an.

Für alle Verbauten ist ein statischer Nachweis erforderlich.

Bei der Planung und Ausführung der Leitungsgräben sind die Unfallverhütungsvorschriften, die Vorschriften der DIN 4123 und der DIN 4

Aufgrund des Gefälles und der zwischengelagerten bindigen Lagen ist mit einem erhöhten Hangschichtwasseraufkommen zu rechnen.

Zur Fassung von Niederschlags- und Schichtenwasser ist eine offene Bauwasserhaltung, bestehend aus Dränschichten und Pumpensümpfen vorzuhalten.

Hinweise:

- Dränschichten müssen gegenüber dem anstehenden Boden filterstabil sein. Dies kann durch Ummanteln mit einem geeigneten Trenn-/Filtervlies erfolgen.
- Zur Ableitung des Wassers ist eine Vorflut erforderlich. Vor der Einleitung des Wassers in die Vorflut ist das Wasser über einen Sandfang / ein Absetzbecken zu leiten.
- Die für die Bauausführung notwendigen Dränungen sind nach Abschluss der Baumaßnahme dauerhaft zu verschließen. Ggf. sind in regelmäßigen Abständen Querschotten aus Ton oder Beton einzubauen, um eine Dränwirkung der verfüllten Gräben zu unterbinden.

8.4 Wiederverfüllen des Leitungsgrabens

Für die Grabenverfüllung sind grundsätzlich die Angaben der DIN EN 1610 bzw. DWA-A 139 zu beachten. In Bereich von Verkehrsflächen sind bei der Verfüllung der Gräben, innerhalb und außerhalb der Leitungszone zudem die Forderungen der ZTVE-StB 17, die Hinweise des FGSV-Merkblattes 516 (Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaus im Straßenbau, 2003) sowie die Hinweise der ZTV A-StB 12 zu beachten.

8.4.1 Leitungszone

Innerhalb von Verkehrsflächen, sind bei der Verfüllung der Gräben innerhalb und außerhalb der Leitungszone die Hinweise der ZTVA-StB 12 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen), des FGSV-Merkblattes für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau (Nr. 516, 2003) sowie die Forderungen der ZTVE-StB 17 zu beachten.

Für die Verfüllung der Leitungszone sind Füllböden nach den Vorgaben der jeweiligen Leitungsbetreiber zu verwenden (ZTV A-StB 12). Gemäß DIN EN 1610 / DWA-A 139 sind hierzu verdichtungsfähige körnige Baustoffe oder hydraulisch gebundene Baustoffe einzubauen. Unter Verkehrsflächen

ist zum Verfüllen gemäß FGSV-Merkblatt 516 bzw. der ZTVE-StB 17 grobkörniger Boden (nichtbindige Sande/Kiese) zu verwenden.

Gemäß der DIN EN 1610 ist das Größtkorn entsprechend des Leitungsquerschnittes zu begrenzen:

- Größtkorn 22 mm bei $DN \leq 200$;
- Größtkorn 40 mm bei $DN > 200$ bis $DN \leq 600$;
- Größtkorn 60 mm bei $DN > 600$;
- Für $DN < 100$ sind die schriftlichen Herstellerangaben zu berücksichtigen.

Für die Verfüllung der Leitungszone ist von 100% Fremdmaterial auszugehen.

Anmerkung: Die nicht bindigen Sande des Homogenbereichs B2 (Quarz-Feldspatsande) sind grundsätzlich für eine Verfüllung geeignet. Jedoch müssten diese dann vom restlichen Auffüllungsmaterial und von bindigeren Schichten getrennt werden.

8.4.2 Hauptverfüllung

Für die Hauptverfüllung des Grabens kann der anfallende Boden verwendet werden, sofern dieser geeignet ist. In Anlehnung an die ZTV A-StB12 sind ausgeprägt plastische feinkörnige Böden (TA) sowie Böden mit organischen oder organogenen Beimengungen (OH, OU, OT und OK, HN, HZ, F) für die Grabenverfüllung unter Verkehrsflächen nicht geeignet. Zu nasse oder ausgeprägt breiige...weiche Böden sind ebenfalls auszusondern oder ggf. durch Zusatzmaßnahmen (z.B. Bodenverbesserung durch das Einfräsen von hydraulischen Bindemitteln) zu verbessern.

Das anfallende Aushubmaterial besteht nach den Untersuchungsergebnissen überwiegend aus sandigen und kiesigen Auffüllungen des Homogenbereichs B1, nicht bindigen ... schwach bindigen Sanden des Homogenbereichs B2 (SE, SU/ST) und untergeordnet aus Schluff-Sand-Wechselagerungen (UL, UM, SU*/ST*) des Homogenbereichs B3.

Die sandigen und kiesigen Auffüllungen des Homogenbereichs B1 und die Sande des Homogenbereichs B2 sind bei einer fachgerechten Zwischenlagerung (Schützen vor Witterungseinflüssen) für einen Wiedereinbau in der Hauptverfüllung aus geotechnischer Sicht geeignet.</

Die ggf. anstehenden weichen Schluff-Sand-Wechselagerungen des Homogenbereichs B3 sind für eine Wiederverfüllung ohne Zusatzmaßnahme nicht geeignet. Ggf. können diese mittels Bindemittel verbessert werden.

Alternativ bzw. ergänzend ist zur Verfüllung der Leitungsgräben Fremdmaterial zu verwenden.

Das Auffüllmaterial ist lagenweise einzubauen und gut zu verdichten. Die Lagenstärke ist abhängig vom verwendeten Verdichtungsgerät, sie darf jedoch 0,3 m im unverdichteten Zustand nicht überschreiten. Für den zu erreichenden Verdichtungsgrad von Gräben unter Verkehrsflächen gelten die Anforderungen der ZTV E-StB17. Der Verdichtungserfolg ist durch Dichtebestimmungen oder Plattendruckversuche im Rahmen der Bauausführung zu überprüfen.

9 Geotechnische Folgerungen – Verkehrsflächen

9.1 Allgemeines

Es ist die Erneuerung der vorhandenen Busschleife geplant. Zusätzlich sollen an dieser neue PKW-Stellplätze errichtet werden.

Angaben zur Belastungsklasse gem. RStO liegen derzeit nicht vor. Busverkehrsflächen werden gemäß RStO, Abschnitt 2.5.2 je nach Verkehrsbelastung eingeteilt. Es wird derzeit für die Ermittlung des frostsicheren Oberbaus von einer Belastungsklasse Bk0,3 (Parkplätze) und Bk1,8 (Busschleife) und einer Bauweise Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht ausgegangen.

Wir gehen zudem davon aus, dass der Gradient der Straße unverändert bleibt.

9.2 Frostempfindlichkeit Planum

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen ist in Höhe Planum überwiegend mit schwach bindigen bis bindigen Sanden des Homogenbereichs B2/B3 zu rechnen. Zusätzlich sind Schluffwechsellagerungen des Homogenbereichs B3 nicht auszuschließen.

Nach DIN 18196 „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ sind den schwach bindigen Sanden die Gruppensymbole SU/ST zuzuordnen. Anstehende bindige Sande gehören der Bodengruppe SU*/ST* an. Den Schluffen können die Gruppensymbole UL und UM zugeordnet werden.

Die Sande des Homogenbereichs B2 und B3 fallen gemäß ZTV E-StB 17 überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F2/F3 (gering bis mittel frostempfindlich bis sehr frostempfindlich). Die Schluffwechsellagerung des Homogenbereichs B2 fallen vorwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F3.

Da eine Abgrenzung bestimmter Frostempfindlichkeitsklassen in der Praxis oftmals nur schwer möglich ist, wird für die Festlegung der Dicke des frostsicheren Straßenbaus nachfolgend vom ungünstigen Fall, der Frostempfindlichkeitsklasse F3, ausgegangen. Es wird ein frostsicherer Oberbau gemäß RStO 12 erforderlich.

9.3 Erforderliche Dicke des frostsicheren Aufbaus gemäß RStO 12

Die sich aus den vorhandenen Randbedingungen ergebende Dicke des frostsicheren Aufbaus inkl. Mehr und Minderdicken gemäß RStO 12 ist für eine Bauweise mit Asphaltdecke in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Wenzenbach befindet sich nach der Karte der Frosteinwirkungszone für Deutschland in der Frosteinwirkungszone II.

Tabelle 15: Erforderliche Dicke frostsicherer Aufbau

Beschreibung		Bk0,3 nach RStO 12	Bk1,8 nach RStO 12
Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus (F3-Böden)		50 cm	60 cm
Örtliche Verhältnisse			
Frosteinwirkung	Zone II	+ 5 cm	+ 5 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	Keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm	± 0 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum	+ 5 cm	+ 5 cm
Lage der Gradiente	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m	± 0 cm	± 0 cm
Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	- 5 cm	- 5 cm </

9.4 Tragfähigkeit des Untergrundes

Ausgehend von einer Bauweise mit Asphaltdecke gem. RStO 12, Tafel 1, und einer Belastungs-
klasse von Bk0,3, Bk1,0 ... 1,8 sind folgende E_{v2} -Werte einzuhalten:

Tabelle 16: Anforderungen an die Tragfähigkeit

Bauweise	Asphaltdecke	
Höhenlage	E_{v2} [MN/m ²] Bk0,3	E_{v2} [MN/m ²] Bk1,8
OK-Planum	≥ 45	≥ 45
OK-Frostschuttschicht	≥ 100	≥ 120
OK-Schottertragschicht	≥ 120	≥ 150

In Höhe Planum ist überwiegend mit den Böden des Homogenbereichs B2 und B3 zu rechnen. In
den schwach bindigen Sanden kann der geforderte E_{v2} -Wert von 45 MN/m² in Höhe Planum durch
Nachverdichten voraussichtlich erreicht werden. Stehen in Höhe Planum bindige Sandbereiche an,
empfehlen wir einen zusätzlichen Bodenaustausch von ca. 10 ... 20 cm vorzusehen.

Stehen in Höhe Aushubsohle des Bodenaustauschs weiche bis steife Böden (Schluffe) des Homo-
genbereichs B3 an, so liegt der erzielbare E_{v2} -Wert voraussichtlich in einer Größenordnung von 8
bis 30 MN/m². Zur Erhöhung der Tragfähigkeit ist dann ein zusätzlicher Bodenaustausch von ca. 20
... 40 cm vorzusehen.

Als Austauschmaterial empfehlen wir nicht bindige ... schwach bindige Sande und Kiese zu verwen-
den. Dies sind Sande und Kiese mit den Gruppensymbolen GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU/GT, SU/ST
nach DIN 18196. Das Auffüllmaterial ist lagenweise einzubauen und gut zu verdichten. Die Lagen-
stärke ist abhängig vom verwendeten Verdichtungsgerät, sie darf jedoch 0,3 m im unverdichteten
Zustand nicht überschreiten. Es sind die Vorgaben der ZTV E-StB 17 zu beachten.

9.5 Entwässerung des Planums bzw. der Frostschutzschicht

Das Planum ist mit einem ausreichenden Quergefälle herzustellen, um eventuell zutretendes Wasser rasch abzuleiten.

Zur fachgerechten Ableitung von Oberflächenwasser sind in den Randbereichen Entwässerungseinrichtungen anzuordnen, und diese an eine geeignete Vorflut anzuschließen.

10 Geotechnische Folgerungen - Versickerungsanlagen

10.1 Allgemeines

Sowohl westlich der geplanten Mittelschule (Sickerbereich 1) als auch südwestlich der geplanten Sporthalle (Sickerfläche 2) ist eine Füllkörperrigole geplant. Vor dem Zufluss des Wassers in die Füllkörperrigolen sind jeweils Filteranlage und Zisternen angedacht.

Nach Unterlage (U4) sollen die Rigolensohlen bei 354,50 m ü. NHN (Sickerbereich 1) und bei 351,30 m ü. NHN (Sickerbereich 2) zu liegen kommen. Die Aushubsohlen für den Sickerbereich 1 kommt ca. 3,9 m u. GOK und für den Sickerbereich 2 ca. 1,4 m u. GOK zu liegen.

Die Sohle der Filteranlage und der Zisternen sind auf ca. ähnlicher Höhe wie die Rigolensohlen angedacht.

Die Sohlhöhen sind jeweils in den Bohrprofilen B13 und SV2 eingezeichnet, siehe Anlage 3.

10.2 Gründung

Gegen die Gründung der Rausikko-Boxen / Zisternen / Filteranlage bestehen keine Bedenken, wenn folgende Maßnahmen beachtet werden:

- Für die Rigolenkörper ist ein ebenes Auflager herzustellen. Der Sand des Homogenbereichs B2 sind nachzuverdichten.
- Zur Feststellung der Versickerungsfähigkeit und um Setzungsunterschiede zu vermeiden sind bindige Sande und Schluffe des Homogenbereichs B3 auszutauschen und durch durchlässiges Material zu ersetzen, siehe hierzu auch Kapitel 10.9.

10.3 Sicherung gegen Auftrieb

Der anstehende Untergrund besitzt durchwegs Wasserdurchlässigkeiten von $k_f < 10^{-4}$ m/s, weshalb die Gefahr von aufstauendem Schichten und Sickerwasser innerhalb des Arbeitsraumes besteht. Aufgrund der Erkundungsergebnisse ist der Bemessungswasserstand ohne zusätzliche Maßnahmen in Höhe der geplanten Geländeoberkante anzusetzen.

Die Bauteile sind im Bau- und Endzustand bis zum angegebenen Bemessungswasserstand gegen Auftrieb zu sichern.

Zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Verstärkung der Bauteildicken (Erhöhung des Gewichtes)
- Anordnung von Überständen zur Aktivierung einer Erdauflast
- Im Bauzustand ist zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit eine offene Wasserhaltung vorzuhalten

10.4 Herstellung Baugrube

Steht ausreichend Platz zur Verfügung, können die Baugrubenböschungen frei geböscht hergestellt werden.

Der zulässige Böschungswinkel beträgt dann, für frei abgeböschte Baugruben mit max. 5 m Höhe und lastfreiem Streifen am Böschungskopf von 2 m Breite, in der künstlichen Auffüllung und den natürlichen Sanden 45°. Ab einer Böschungshöhe > 5,0 m ist die Standsicherheit der Böschung rechnerisch nachzuweisen.

Zur Fassung von Niederschlags- und Schichtenwasser ist eine offene Bauwasserhaltung, bestehend aus Dränschichten und Pumpensümpfen vorzuhalten.

10.5 Versickerungsfähigkeit

Zur Beurteilung des Untergrunds für die Versickerung von Niederschlagswasser ist das DWA-Arbeitsblatt A 138 heranzuziehen. Maßgebend für eine mögliche Versickerung von Niederschlagswasser sind die Durchlässigkeit des Untergrundes (Sickerraum) und die Mächtigkeit der durchlässigen Schicht (Mächtigkeit des Sickerraums). Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt etwa in einem k-Wert-Bereich von $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Die Mächtigkeit des Sickerraums sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

10.6 Durchlässigkeit

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 ergeben sich unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Sickerversuche und eines Korrekturfaktor für Feldmethoden von 2,0 ein Bemessungs- k_f -Wert von:

Tabelle 17: Korrektur der k_f -Werte nach DWA-A 138

Versickerungsbereich	Aufschluss	Methode	Bemessungswert k_f [m/s]	Durchlässigkeit nach DIN 18130-1
- ²	SV1	In-situ	$1,91 \times 10^{-6}$	durchlässig
2 ¹	SV2	In-situ	$5,50 \times 10^{-6}$	durchlässig
- ²	SV3	In-situ	$3,66 \times 10^{-6}$	durchlässig
- ²	SV4	In-situ	$2,14 \times 10^{-6}$	durchlässig
1 ³	SV5	In-situ	$2,80 \times 10^{-6}$	durchlässig

¹ Die Lage des Versickerungsversuches SV2 wurde planerisch vorgegeben. Dieser liegt etwa 30,0 m entfernt von der geplanten Rigole. Aktuell ist das Grundstück noch bebaut. Aufgrund der inhomogenen geologischen Verhältnisse empfehlen wir in diesem Bereich ebenfalls Versickerungsversuche durchzuführen, siehe Kapitel 11.

² Es liegen noch keine Planunterlagen zu möglich geplanten Versickerungsanlagen vor.

³ Der Versickerungsbereich 1 wurde nach Durchführung der Baugrunduntersuchungen unter die geplante Busschleife verschoben. In Höhe der geplanten Rigolensohle steht schwach bindiger Sand an. Auf der sicheren Seite liegend empfehlen wir für die weitere Planung einen k_f von $1,0 \times 10^{-6}$ anzunehmen. Soll der k_f -Wert genauer ermittelt werden, empfehlen wir in diesem Bereich ebenfalls einen Versickerungsvers

10.7 Sickerfläche 1

Im Bereich der Sickerfläche 1 (Busschleife) wurde Grundwasser bei 352,05 m ü. NHN (siehe Bohrung B12) festgestellt.

Die Mächtigkeit des Sickerraums kann hier voraussichtlich durchwegs eingehalten werden.

Unter Berücksichtigung des Ergebnisses des Sickerversuches und eines Korrekturfaktor für Feldmethoden ist ein **Bemessungswert für die Durchlässigkeit der Quarz-Feldspatsand des Homogenbereichs 2 von 1×10^{-6} m/s** zu verwenden.

10.8 Sickerfläche 2

Im Bereich der Sickerfläche 2 liegt uns kein direkter Aufschluss vor. Grundwasser wurde in den naheliegenden Bohrungen bei 350,1 ... 350,3 m ü. NHN eingemessen.

Angaben zu dem für Versickerungsanlagen maßgebenden mittleren Höchststand des Grundwassers (MHGW) bzw. eine langjährige Aufzeichnung von Grundwassermessständen im Bereich der Untersuchungsfläche liegen nicht vor.

Zur Einhaltung der Mächtigkeit des Sickerraums unter einer **angenommenen** Grundwasserschwankung von $\pm 1,0$ m im Nahbereich des Wenzenbachs ist die Sohlhöhe der geplanten Versickerungsanlage nicht unter 352,3 m ü. NHN anzuordnen.

Im Sickerbereich 2 ist unter Berücksichtigung einer angenommenen Grundwasserschwankung von $\pm 1,0$ m eine Versickerung mit der aktuell geplanten Rigolensohle vorerst nicht möglich.

10.9 Schlussfolgerungen

Eine planmäßige Versickerung von Regenwasser ist den Untersuchungsergebnissen nach nur **bereichsweise** möglich.

Der Grundwasserflurabstand kann **ausschließlich im Sickerbereich 1** durchwegs eingehalten werden.

Beim Bau der Versickerungseinrichtungen sind generell folgende Maßnahmen zu beachten:

- Gegebenenfalls in Höhe Sohle Versickerungsanlage vorhandene Auffüllungen oder anstehende bindige Lagen sind auszubauen und durch durchlässiges Material ($k_f 10^{-3} - 10^{-6}$) zu ersetzen. Dies sind Sande und Kiese mit einem Feinkornanteil $\leq 5 \%$.
- Die Sohle der Versickerungsanlage ist durch den Baugrundgutachter abnehmen zu lassen.
- Bei der Planung und Ausführung der Versickerungsanlage sind die Vorgaben des DWA-Arbeitsblattes A 138 zu beachten.
- Bei den Aushubarbeiten sind die Angaben der DIN 4123 zu berücksichtigen.

10.10 Vermeidung möglicher Schäden an Gebäuden und Bauwerken

Neben den oben genannten Anforderungen ist gemäß DWA-A Arbeitsblatt 138 zur Vermeidung möglicher Schäden an Gebäuden und Bauwerken ein Mindestabstand zwischen Versickerungsanlage und Gebäuden einzuhalten. Die Mindestabstände dezentraler Versickerungsanlagen zu Bauwerken sind nach DWA-A Arbeitsblatt 138 zu beachten.

11 Anmerkungen

Wir empfehlen den Kanal so anzuordnen, dass während der Kanalbaumaßnahme keine Unterfangungen der Bauwerke notwendig werden. Alternativ sind die neu geplanten Gebäude ausreichend tief zu gründen.

Südlich des geplanten Flachklassentrakts ist nach aktuellen Planunterlagen ebenfalls ein Schmutz- und Regenwasserkanal vorgesehen. In diesem Bereich liegen uns keine Aufschlüsse vor. Wir empfehlen in diesem Bereich eine Nacherkundung durchzuführen.

Nach Unterlage (U2) ist südwestlich der geplanten Sporthalle die Versickerungsrigole vorgesehen. Hierfür liegen derzeit keine Aufschlüsse vor. Grundsätzlich liegt das Grundwasser dort im Einflussbereich der „Wenzenbach“. Eine Versickerung mit der aktuell geplanten Rigolensohlhöhe ist voraussichtlich nicht möglich. Wir empfehlen diese höher anzuordnen oder einen anderen Versickerungsbereich zu wählen und im Anschluss ggf. erneut einen Versickerungsversuch durchzuführen.

Für weitere Fragen stehen wir Ihnen jederzeit gerne zur Verfügung.

Projektingenieur



Dipl.-Ing. Birgit Spotka



Jens Winkler, M. Sc.