Rubel & Partner · Management für Umwelt und Technologie

Geotechnischer Bericht

Erschließung Neubaugebiet „Schulstraße West" in Otterberg

Auftraggeber:	WVE GmbH Kaiserslautern Blechhammerweg 50 D-67659 Kaiserslautern
Auftragnehmer:	Rubel & Partner Hermannstraße 65 D-55286 Wörrstadt Tel.: 06732 932980 Fax: 06732 961098
Projektnummer:	170611
Projektleiter:	Dipl.-Geol. S. Lahham

Wörrstadt, den 02. August 2017

170611_ber

Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag 1

2 Verwendete Unterlagen 1

3 Situation 2

4 Untersuchungsumfang 3

4.1 Baugrund 3

4.2 Umwelttechnik 3

5 Schichtenfolge 4

5.1 Oberboden 4

5.2 Hanglehm / Hangschutt (Quartär) 4

5.3 Sandstein, zersetzt 5

6 Bodenklassifizierung und Kennwerte 6

6.1 Klassifizierung der Schichten 6

6.2 Bodenmechanische Kennwerte 6

6.3 Erdbebenzone 7

7 Hydrogeologische Verhältnisse / Grundwasser 7

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 7

8.1 Baugrund 7

8.2 Erdarbeiten 8

8.3 Baugrube / Gräben 9

8.4 Wasserhaltung 10

8.5 Bauwerksgründung 10

8.6 Bauwerksabdichtung 10

8.7 Verkehrsflächen 11

8.8 Ver- und Entsorgungsleitungen 12

8.8.1 Leitungsbettung 12

8.8.2 Verfüllmaterial 12

8.9 Versickerung 13

8.10 Umwelttechnik 13

9 Zusammenfassung 16

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
- Anlage 1.2 Lageplan der Aufschlusspunkte, Maßstab 1 : 1.000

Anlage 2 Geotechnische Profilschnitte, Maßstab 1 : 75

- Anlage 2.1 DPH 1 – RKS 1 – DPH 2 – RKS 3 – RKS 4 – DPH 3 – RKS 5
- Anlage 2.2 RKS 2 – DPH 4 – RKS 7 – RKS 6 – RKS 8

Anlage 3 Bodenmechanische Laborversuche

- Anlage 3.1 Bestimmung der Wassergehalte nach DIN 18 121
- Anlage 3.2 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

Anlage 4 Homogenbereiche nach DIN 18 300, DIN 18 320:2016-09

Anlage 5 Analysenergebnisse Umwelttechnik, Eurofins Umwelt Ost GmbH
Prüfbericht Nr. AR-17-FR-010655-01 (Boden, LAGA), vom 28.07.2017

Anlage 6 Probenahmeprotokolle Boden gemäß LAGA PN 98

Anlage 7 Arbeitsprotokoll der Kampfmittelortung vom 26.07.2017

1 Auftrag

Das Büro Rubel & Partner wurde auf Grundlage des Angebotes vom 13.06.2017 von der WVE GmbH Kaiserlautern beauftragt, geo- und umwelttechnische Untersuchungen zur Erschließung des Neubaugebietes „Schulstraße West“ auszuführen. Die Beauftragung erfolgte mit Schreiben vom 30.06.2017.

Auf der Grundlage der durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen sind Angaben zur Bodenbeschaffenheit und zu den hydrogeologischen Verhältnissen zu machen. Der geotechnische Bericht soll insbesondere Angaben zur Gründung von Straßen-/ Wegen und Kanalleitungen liefern.

Des Weiteren sind die zum Abtrag vorgesehenen Schichten (Boden/Asphalt) aus umwelttechnischer/abfallrechtlicher Sicht zu bewerten.

Die Ergebnisse der geo- und umwelttechnischen Erkundung werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst und bewertet.

2 Verwendete Unterlagen

Zur Bearbeitung des vorliegenden Berichts wurden Rubel & Partner folgende Planunterlagen zum Bauvorhaben zur Verfügung gestellt:

[P1] WVE GmbH, Flurkarte mit Höhenangabe, ohne Planstempel, erhalten am 09.06.2017

[P2] Werke der Verbandsgemeinde Otterbach/Otterberg, Kanalbestandsplan, Maßstab 1 : 1.500, erhalten am 06.07.2017

Des Weiteren standen Rubel & Partner folgende Unterlagen zur Verfügung:

[U1] Topographische und Geologische Karte, 6412 Otterberg, Maßstab 1 : 25.000

[U2] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 09, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV)

[U3] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, ZTVA-StB 12, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV)

[U4] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 12, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), 2012

[U5] LAGA – Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen -Technische Regeln -, 06.11.1997

[U6] LAGA – Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), 05.11.2004

[U7] Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Infoblatt 24, Infoblatt 25, vom Juli 2007

[U8] Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB 01, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV), Ausgabe 2001, Fassung 2005

[U9] Arbeitskreis Straßenbauabfälle Rheinland-Pfalz, Leitfaden für die Behandlung von Ausbauasphalt und Straßenaufbruch mit teer-/pechtypischen Bestandteilen, Fassung 2006, mit Aktualisierung vom August 2008

[U10] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV), vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 02.05.2013

[U11] Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Arbeitsblatt DWA-A 138, April 2005

[U12] Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt DWA-M 153, August 2007

3 Situation

Die WVE GmbH Kaiserlautern plant die Erschließung des Neubaugebietes „Schulstraße West" in Otterberg.

Die Lage des Projektareals kann dem Übersichtslageplan im Maßstab 1 : 25.000 (Anlage 1.1) und dem Lageplan in der Anlage 1.2 im Maßstab 1 : 1.000 entnommen werden.

Das Neubaugebiet befindet sich am südwestlichen Ortsrand von Otterberg und überstreicht eine Fläche von ca. 1,5 ha. Es umfasst die Flurstücke 2159, 2160 und 2137.

Das Neubaubaugebiet wird im Süden von der Schulstraße begrenzt. Im Westen und Norden schließen landwirtschaftlich genutzte Fläche an.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung war das Gelände i.W. unbebaut und wurde landwirtschaftlich genutzt.

Angaben zur geplanten Geländeaufteilung bzw. ein Bebauungsplan liegen Rubel & Partner nicht vor. Die Erschließung wird voraussichtlich von der Schulstraße aus erfolgen.

Die von Rubel & Partner durchgeführten Baugrundaufschlüsse wurden auf einen bestehenden Kanaldeckel (KD OBO 5145R) eingemessen, dessen Höhe in [P2] mit 307,69 mNN angegeben ist. Die Lage des Höhenbezugspunktes ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt.

Das Gelände des Neubaugebietes zeigt ein ausgeprägtes Gefälle von Südwest nach Nordosten hin auf. Gemäß den Höhenangaben aus [P1] fällt das Gelände von ca. 310,13 mNN auf 295,45 mNN ab.

4 Untersuchungsumfang

4.1 Baugrund

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 17. und 18.07.2017 von Rubel & Partner folgende Aufschlüsse durchgeführt:

- 8 Kleinbohrungen in Form von Rammkernsondierungen (RKS): RKS 1 bis RKS 8
- 4 Rammsondierungen (Typ DPH nach DIN EN ISO 22476-2): DPH 1 bis DPH 4

Die Rammkernsondierungen (RKS) wurden mit einem Durchmesser von d = 80 mm bis 40 mm niedergebracht und dienten der Entnahme von gestörten Bodenproben bis maximal 5,8 m unter GOK.

Aus den Rammkernsondierungen wurden gestörte Bodenproben entnommen. Im bodenmechanischen Labor Rubel & Partner erfolgte eine bodenmechanische Ansprache der Proben zum Zweck einer einheitlichen Benennung und Beschreibung nach DIN EN ISO 14 688 sowie eine bautechnische Klassifizierung nach DIN 18 196 und DIN 18 300.

Zur Bestimmung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden wurden ergänzend schwere Rammsondierungen Typ DPH (Dynamic-Probing-Heavy) bis maximal 5,0 m unter GOK ausgeführt. Die schwere Rammsondierung besitzt einen Spitzenquerschnitt von 15 cm² und erfolgt mit einem Fallgewicht von 50 kg bei einer Fallhöhe von 0,5 m.

Die Aufschlüsse DPH 1, DPH 4, RKS 1, RKS 3, RKS 4, RKS 6, RKS 7 mussten aufgrund von Sondierwiderständen zwischen 2,6 m (RKS 4) und 5,8 m (RKS 6) unter GOK abgebrochen werden. Die geplanten Endteufen von 5,0 bzw. 8,0 m unter GOK wurden nicht erreicht.

Die Schlagzahlen der Rammsondierungen (N_{10}) sowie die zeichnerische Darstellung der Bohrergebnisse nach DIN 4023 sind in den geotechnischen Profilschnitten der Anlage 2 dargestellt.

Die Bohr- und Sondierpunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist dem Lageplan der Anlage 1.2 zu entnehmen.

Ausgewählte Bodenproben wurden hinsichtlich ihrer bodenmechanischen Kennwerte untersucht. Die Auswertung der Laborversuche ist in Anlage 3 dokumentiert.

4.2 Umwelttechnik

Zur orientierenden umwelt-/abfalltechnischen Beurteilung der auszuhebenden Böden wurden umwelttechnische Untersuchungen gemäß den LAGA-Richtlinien durchgeführt.

Hierzu wurden aus dem Bohrprofil Bodenproben entnommen. Die zur umwelttechnischen Untersuchung vorgesehenen Proben wurden in Glasflaschen (Weithalsgläser) mit teflonbeschichtetem Deckel gekühlt aufbewahrt und zur Analyse dem Labor bereitgestellt.

Im Rahmen der umwelttechnischen Untersuchung wurden folgende Mischproben zusammengestellt und gemäß den LAGA-Richtlinien Tabelle II, 1.2-4 und 1.2-5 (Stand 2004) untersucht.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Einzel- und Mischproben mit Untersuchungsumfang

Probenbezeichnung	aus Einzelprobe	Untersuchungsumfang
MP 1: Südwest	RKS 1/2 – 1/6 RKS 2/2 – 2/4	- LAGA (2004) Tabelle II, 1.2-4, -5
MP 2: Mitte	RKS 3/2 – 3/5 RKS 4/2 – 4/7 RKS 7/2 – 7/9	
MP 3: Nordost	RKS 5/2 – 5/5 RKS 6/2 – 6/5 RKS 8/2 – 8/9	

Die Analysen wurden von dem akkreditierten chemischen Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH durchgeführt. Der Originalbericht des Labors ist Gegenstand der Anlage 5. Die zugehörigen Probenahmeprotokolle der Bodenmischproben in Anlehnung an LAGA PN 98 sind der Anlage 6 zu entnehmen.

5 Schichtenfolge

Nach den Ergebnissen der Baugrundaufschlüsse, dem vorhandenen Kartenwerk und der eingehenden Geländeaufnahme vor Ort kann der allgemeine Schichtenaufbau wie folgt zusammengefasst werden:

Die geologische Basis am Projektstandort wird von den Festgesteinsformationen der Staufer Schichten (Buntsandstein) eingenommen. Hierüber folgen natürlich anstehende quartäre Hangablagerungen in Form von Hanglehm und Hangschutt.

Abschließend liegt ein Oberboden auf.

5.1 Oberboden

Zuoberst liegt eine ca. 0,2 – 0,4 m starke Oberbodenschicht vor. Diese besteht aus bodenmechanischer Sicht aus einem Schluff-Sand-Gemisch mit organischen Beimengungen und vereinzelten tonigen und kiesigen Nebenanteilen. Die Kornverteilung schwankt gemäß der bodenmechanischen Ansprache der entnommenen Bodenproben zwischen feinsandigen Schluff und schluffigen (Fein-)Sand.

Die Farbe des Oberbodens ist mit braun zu benennen.

5.2 Hanglehm / Hangschutt (Quartär)

Unterhalb des Oberbodens folgen quartäre Hanglehm- und Hangschuttablagerungen. Hierbei handelt es sich um natürlich umgelagerte Schluffe, Sande und Kiese mit einem Körnungs-

band, das von feinsandigen, schwach tonigen Schluffen (Hanglehm) bis zu schwach schluffigen, sandigen Kiesen reicht (Hangschutt). Der Hanglehm und der Hangschutt treten grundsätzlich als unsystematische verteilte Wechsellagerung auf, wobei die Hanglehme überwiegend die oberen Horizonte prägen und insbesondere im tieferliegenden nordöstlichen Teilbereich des Neubaugebietes verstärkt vorliegen.

An exemplarischen Proben wurde das Körnungsband der quartären Ablagerungen bestimmt. Diese zeigten folgende Korngrößenanteile auf (Anlage 3.2):

- Ton: 0 – 13,7 Ma.-%
- Schluff: 13,9 – 53,1 Ma.-%
- Sand: 26,7 – 66,4 Ma.-%
- Kies: 4,3 – 43,2 Ma.-%

Die Rammsondierungen bestätigen mit Schlagzahlen von N_{10} = 1 – 25 grundsätzlich das breite Körnungsband. Sie weisen jedoch auch auf wechselnde Lagerungen bzw. Konsistenzen hin. Diese schwanken bei nicht bindiger Zusammensetzung zwischen mitteldicht und dicht. Die bindigen Bereiche weisen Konsistenzen zwischen weich und steif auf.

Der Übergang zu dem unterlagernden Verwitterungshorizont des Sandsteins verläuft fließend. Anhand der Farbgebung und Zusammensetzung des Bodenmaterials sowie den Bohrwiderständen beim Abteufen der Sondierungen lässt sich die Unterkante der quartären Ablagerungen jedoch bei ca. 2,3 – 5,2 m unter GOK verorten. Die Unterkante der quartären Ablagerungen fällt mit dem Gelände nach Nordosten hin ab.

5.3 Sandstein, zersetzt

Die Basis wird im Projektgebiet von einem Sandstein gebildet, der zunächst in zersetzter und entfestigter Form ansteht. In diesem Zustand besitzt der einst fest anstehende Fels Lockergeseinseigenschaften. In zersetztem Stadium kann er als schwach schluffiger bis stark schluffiger, wechselnd kiesiger Sand beschrieben werden. Mit der Tiefe nimmt der Felsverbund zu, so dass im zersetzten bis entfestigten Stadium ein ausgeprägter Steinanteil anzunehmen ist.

Die Farbe des Sandsteines ist rot bis rotbraun.

Ausgehend davon, dass ein widerstandsbedingter Sondierabbruch den Übergang in den angewitterten oder unverwitterten Sandstein anzeigt, ist an den Aufschlusspunkten DPH 1, DPH 4, RKS 1, RKS 3, RKS 4, RKS 6, RKS 7 dieser Übergang zwischen 2,6 m (RKS 4) und 5,8 m (RKS 6) unter GOK zu erwarten.

Die übrigen Sondierungen (DPH 2, DPH 3) und Bohrungen (RKS 2, RKS 5, RKS 8) endeten mit ihrer geplanten Endteufe von 5,0 m noch innerhalb der Zersatzzone des Sandsteins.

Anhand der Abbrüche lässt sich ein Verlauf der Oberkante des angewitterten bis unverwitterten Sandstein zwischen ca. 292,61 mNN und 304,97 mNN annehmen.

6 Bodenklassifizierung und Kennwerte

6.1 Klassifizierung der Schichten

In der nachfolgenden Tabelle 2 wird eine Unterteilung der Schichten und eine Klassifizierung nach den Bodengruppen der DIN 18 196 sowie der Bodenklassifikation nach DIN 18 300 alt/neu vorgenommen. Die Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18 300: 2016-09 sind der Anlage 4 zu entnehmen. Des Weiteren folgt eine Zuordnung der Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09 und der Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB 12.

Tabelle 2: Erdbautechnische Klassifizierung der Schichten

Schichten	Bodengruppe DIN 18 196	Bodenklasse DIN 18 300		Frostempfindlichkeit ZTVE-StB 09 [3]	Verdichtbarkeitsklasse ZTVA-StB 12 [4]
		neu [1]	alt [2]		
Oberboden	OH	A	1	/	/
Hanglehm / Hangschutt (Quartär)	TL / UL / SU* ST* / SU / SW GU* / GU	B	3 / 4	F 1 – F 3	V 1 – V 3
Sandstein, zersetzt bis entfestigt	SU* / SU / SW	C	3 / 4 / 5 / 6	F 1 – F 3	V 1 – V 2
Sandstein [5], angewittert bis unverwittert	/	D	6 / 7	/	/

[1] Homogenbereich nach DIN 18 300: 2016-09, Anlage 4

[2] Bodenklassen nach DIN 18300: 2012-09
Bodenklasse 1: Oberboden (Mutterboden); Bodenklasse 2: Fließende Bodenarten; Bodenklasse 3: Leicht lösbare Bodenarten; Bodenklasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten; Bodenklasse 5: Schwer lösbare Bodenarten; Boden-/Felsklasse 6: Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare verfestigte bindige und nichtbindige Bodenarten; Boden-/Felsklasse 7: Schwer lösbarer Fels

[3] F 1 = nicht frostempfindlich; F 2 = gering bis mittel frostempfindlich; F 3 = sehr frostempfindlich

[4] V 1 = nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden; V 2 = bindige gemischtkörnige Böden
V 3 = bindige, feinkörnige Böden

[5] nicht erbohrt

6.2 Bodenmechanische Kennwerte

Auf Grundlage der durchgeführten bodenmechanischen Feld- und Laborversuche können die in der nachfolgenden Tabelle 3 zusammengestellten mittleren Bodenkennwerte in Abstimmung mit DIN 1055 für erdstatische Berechnungen in Ansatz gebracht werden.

Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte (charakteristisch)

Schichten	Wichte (feucht) γ_k [kN/m³]	Wichte (unter Auftrieb) γ'_k [kN/m³]	Reibungswinkel (dränierter Boden) φ'_k [Grad]	Kohäsion (dränierter Boden) c'_k [kN/m²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m²]
Oberboden	17	/	/	/	/
Hanglehm / Hangschutt (Quartär)	20 – 21	10 – 12	27,5 – 35	0 – 7,5	6 – 30
Sandstein, zersetzt	20 – 22	11 – 13	30 – 35	0	50 – 80
Sandstein [1], angewittert bis unverwittert	23	/	45 [2]	50 – 100 [2]	100 – 350

1) nicht erbohrt
2) Ersatzkennwerte

6.3 Erdbebenzone

Nach DIN EN 1998 liegt das Baugelände in der Erdbebenzone 0. Die Untergrundverhältnisse sind der Baugrundklasse A zu zuordnen (Fels oder andere felsähnliche geologische Formation, mit höchstens 5 m weicherem Material an der Oberfläche).

7 Hydrogeologische Verhältnisse / Grundwasser

Zum Zeitpunkt der Baugrundaufschlussarbeiten im Juli 2017 wurde in den bis maximal 5,8 m reichenden Rammsondierungen kein Grund-/Schichtwasser angetroffen. Auch ergaben sich keine Hinweise auf Sicker-/Schichtwasserzuläufe in das Bohrloch.

Die festgestellten, bindigen Böden (Schluff, schluffige Sande sowie der unverwitterte Sandstein) können Niederschlagwässer aufstauen, so dass es temporär auch zu einer Schichtwasserführung und Stauwasser in geringen Tiefen kommen kann. Nach längeren Niederschlägen ist nicht auszuschließen, dass örtlich und zeitlich begrenzt Schichtwasser aus versickerndem Niederschlagswasser auftritt.

8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

8.1 Baugrund

Nach den im Projektareal durchgeführten Baugrundaufschlüssen können die anstehenden Schichten hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit qualitativ wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 4: Tragfähigkeit und Schichtuntergrenze der anstehenden Böden

Schichten	Schichtuntergrenze [m unter GOK]	Tragfähigkeit
Oberboden	0,2 – 0,4	keine
Hanglehm / Hangschutt (Quartär)	2,3 – 5,2	gering bis mittel
Sandstein, zersetzt bis entfestigt	2,6 – 5,8 (gemäß Sondierabbrüchen) bzw. > 5,0	gut bis sehr gut
Sandstein, angewittert bis unverwittert	nicht erbohrt	sehr gut

Der im Baufeld anstehende Oberboden ist komplett abzuschieben. Er ist getrennt von sonstigem Bodenmaterial aufzunehmen und entsprechend seiner natürlichen Funktion zu verwerten.

Der aufgeschlossene Hanglehm und Hangschutt stellt sich grundsätzlich als Wechsellagerung mit einem breiten Körnungsband dar. Aufgrund der breiten Spanne, kann diesen quartären Ablagerungen eine nur geringe bis mittlere Tragfähigkeit zugeordnet werden.

Der Sandstein wurde bis zur Endteufe der Bohrungen in zersetzter bis maximal entfestigter Form erteuft. In diesem Zustand ist der Sandstein als gut bis sehr gut zu beschreiben. Mit zunehmender Tiefe geht der Sandstein in angewitterten oder unverwitterten Zustand über, der Übergang ist unterhalb der widerstandsbedingten Sondierabbrüchen zu erwarten. Hier ist eine sehr gute Tragfähigkeit vorhanden.

8.2 Erdarbeiten

Die im Baufeld anstehenden Hanglehme und Hangschutte sind als leicht bis mittelschwer lösbarer Boden (Bodenklasse 3, 4 gemäß DIN 18 300 alt) einzustufen.

Im zersetzten bis entfestigten Zustand ist der Sandstein überwiegend als leicht bis schwer lösbarer Boden zu beschreiben (Bodenklasse 3 - 5 gemäß DIN 18 300, alt). Er kann jedoch auch einen mineralischen gebundenen Zusammenhalt besitzen (Bodenklasse 6 DIN 18 300, alt). Der angewitterte bis unverwitterte Sandstein ist als leicht bis schwer lösbarer Fels (Fels-/ Bodenklasse 6 und 7 gemäß DIN 18 300, alt) zu beschreiben.

Grundsätzlich wird darauf hingewiesen, dass die im Projektareal anstehenden Böden mit ausgeprägten bindigen Anteilen (schluffige Sande, Schluffe) bei Wasserzutritt verbreien können. Auch bei dynamischer Beanspruchung durch Baufahrzeuge wird das Porenwasser mobilisiert und die Konsistenz entsprechend reduziert. Die bauausführende Firma muss die Erdarbeiten deshalb mit entsprechender Sorgfalt ausführen, damit die Tragfähigkeit des Planums durch unsachgemäße Behandlung nicht beeinträchtigt wird.

Es ist rückschreitend auszuheben und eine dynamische Beanspruchung bei der Verdichtung auszuschließen. Um eine Auflockerung / Aufreißen der Aushubsohle zu vermeiden, ist der Aushub bei bindigen Böden mit glatter Schneide vorzunehmen.

Das freigelegte Bauplanum sollte sofort nach seiner Freilegung mit einer Arbeitsschicht aus Schotter oder durch eine Betonsauberkeitsschicht geschützt und stabilisiert werden. Sofern das Arbeitsplanum nicht sofort geschützt werden kann, ist eine Sicherheitsschutzschicht von mindestens 0,3 m zu belassen.

Aufgeweichte, vernässte oder verfahrene Bereiche im Tiefenbereich der Gründungssohlen sind auszutauschen oder nachzuarbeiten.

Im Bereich geplanter Kanalgräben sind mit dem Hanglehm und Hangschutt quartäre Ablagerungen zu erwarten, die eine breites Körnungsband aufweisen und nur teilweise (nicht bindige Böden) für den Wiedereinbau geeignet.

Die beim Baugrubenaushub anfallenden Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 3 (Hanglehm) sind hinsichtlich einer Wiederverwendung/Rückverfüllung in setzungsempfindlichen Bereichen nicht geeignet und daher abzufahren. Ggf. lassen sich Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 1 – V 2 (Hangschutt, zersetzter Sandstein) separieren, die nach Überprüfung durch eine geotechnische Fachbauüberwachung zur Rückverfüllung/Wiedereinbau herangezogen werden können.

8.3 Baugruben / Gräben

Detaillierte Unterlagen über die Einbindetiefen der geplanten Gebäude, Baukörper und Kanäle in das Gelände liegen zum jetzigen Planungsstand nicht vor. Im Nachfolgenden werden allgemeine Vorgaben zur Ausbildung von Baugruben und Gräben aufgestellt.

Für Baugrubenböschungen sind in Anlehnung an DIN 4124 folgende Böschungswinkel anzusetzen bzw. sollten nicht überschritten werden.

- Hanglehm / Hangschutt ≤ 45°
- Sandstein, zersetzt/entfestigt ≤ 45°
- Sandstein, angwittert/unverwittert ≤ 70°

Es muss bei Baugruben zu Bauwerksgründungen beachtet werden, dass die Standsicherheit von Böschungen u.U. durch besondere Gegebenheiten, Witterungseinflüsse sowie den Baustellenbetrieb beeinträchtigt wird. Außerdem sind Verkehrs-, Stapel- und Kranlasten zu berücksichtigen. In solchen Fällen sowie bei Baugrubentiefen von ≥ 5,0 m ist die Standsicherheit der Böschung rechnerisch nachzuweisen. Die Vorgaben der DIN 4124 sind zu beachten.

Die Böschungsoberflächen bei Baugruben (Bauwerksgründungen) sind zum Schutz gegen Witterungseinflüsse mit einer Folie dauerhaft abzudecken. Die Folie ist an der Böschungskrone und am Böschungsfuß zu befestigen.

Für Kanalarbeiten sind die Gräben in Abstimmung mit der DIN 4124 anzulegen. Bis zu einer Grabentiefe von 1,25 m unter GOK ist ein Böschungswinkel von ≤ 90° anzusetzen. Bei Gräben mit Tiefen zwischen 1,25 - 1,75 m ist die Böschungskante ab 1,25 m bis GOK unter ≤ 45° abzuböschen. Bei Gräben mit Tiefen > 1,75 m sind Verbaumaßnahmen erforderlich.

Für die Bemessung der Verbauwände können die im Kapitel 6, Tabelle 3 angegebenen Bodenkennwerte in Abstimmung mit den Bohrprofilen zugrunde gelegt werden. Dabei ist im Allgemeinen der aktive Erddruck anzusetzen. Sofern annähernde Unnachgiebigkeit des Verbaus gefordert wird, ist der erhöhte aktive Erddruck wie folgt anzusetzen:

$$E = 0{,}5 \times (E_{oh} + E_{ah})$$

Zusätzlich sind bei der statischen Bemessung zum Endzustand auch alle Bauphasen des Ein- und Ausbaues zu berücksichtigen.

8.4 Wasserhaltung

Die Aushubarbeiten bewegen sich bereichsweise innerhalb bindiger Böden, die eine geringe Wasserdurchlässigkeit besitzen und entsprechend Niederschlagswasser temporär aufstauen können. Es wird darauf hingewiesen, dass eine Tagwasserhaltung eine kostenfreie Nebenleistung gemäß VOB, Teil C, DIN 18299 ist. Alle Zusatzmaßnahmen, die durch eine unsachgemäße Tagwasserhaltung entstehen sind deshalb von der bauausführenden Firma zu tragen.

8.5 Bauwerksgründung

Bei Vorlage von Detailplanungen mit den Bauwerkslasten, der Spannungsverteilung und den Einbindetiefen von Bauwerken sind objektbezogene, bauwerksspezifische Baugrunduntersuchungen anzufordern. Eine normgerechte Baugrunderkundung ist durchzuführen. Diesbezüglich werden nachfolgend nur allgemeine Empfehlungen zur Gründung beschrieben.

Bei den anstehenden Böden kann grundsätzlich eine Gründung sowohl über Einzel-/Streifenfundamente als auch über eine tragende Bodenplatte ausgeführt werden.

Sofern eine Gründung über Einzel-/Streifenfundamente planseits favorisiert wird, sind die Fundamente einheitlich bis auf die ausreichend tragenden Schichten zu führen. Bei der Dimensionierung von Streifenfundamente ist die zulässige Bodenpressung bzw. der Bemessungswert des Sohlwiderstands objektspezifisch anzusetzen.

Grundsätzlich ist auf eine frostfreie Gründungstiefe von 0,8 m zu beachten.

8.6 Bauwerksabdichtung

Bauwerksabdichtungen sind auf das jeweilige Bauwerk individuell angepasst zu planen. Je nach Positionierung der Gebäude und unterkellert geplanter Ausführung sind objektbezogene Angaben und Empfehlungen auszusprechen.

8.7 Verkehrsflächen

Das Projektareal liegt in der Frostempfindlichkeitszone I. Die vor Ort anstehenden Böden werden in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 bis F 3 eingestuft.

Gemäß RStO 12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen) ist auf dem Erd-/Rohplanum eine Grundtragfähigkeit mit einem Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MN/m² nachzuweisen. Hierauf kann dann der Aufbau der Verkehrsflächen erfolgen.

Die obere Baugrundzone wird von Hanglehmen und Hangschutten aufgebaut, die eine breites Körnungsband aufweisen. Die Grundtragfähigkeit ist mit dem in der RStO 12 geforderten Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MN/m² erfahrungsgemäß nicht durchgängig vorhanden. Dies ist nach Freilegung mit statischen Plattendruckversuchen zu prüfen.

Es sind daher grundsätzlich Zusatzmaßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit einzuplanen.

Diese können in Form eines Bodenaustausches mit einer Stärke von mindestens 0,25 m erfolgen. Als Bodenaustauschmaterial kann Schottermaterial der Körnung 0/45 mm bis 0/56 mm verwendet werden. Alternativ besteht die Möglichkeit einer Bodenverbesserung durch Kalk-/Zementstabilisierung. Hierfür ist im Vorfeld eine Eignungsuntersuchung auszuführen und die Bindemittelart-/menge festzulegen.

Die Ausbildung des Oberbaues erfolgt nach der RStO 12 in Abhängigkeit der vom Planer festzulegenden Belastungsklasse.

Aufgrund der größtenteils anstehenden bindigen Schichten (Schluffe, schluffige Sande) im Planum ist der Tragschichtaufbau nach den Kriterien für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach RStO 12 festzulegen. Die Mindeststärke des frostsicheren Straßenaufbaus richtet sich nach Tabelle 6 der RStO 12.

In Anlehnung an Tabelle 6 ist mit der angesetzten Frostempfindlichkeitsklasse F 3 und der Frosteinwirkungszone I eine Mindeststärke des frostsicheren Straßenaufbaus von

d = 0,60 m Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk1,0

d = 0,50 m Belastungsklasse Bk0,3

vorgegeben.

Für den Aufbau der Frostschutzschichten wird ausschließlich gebrochenes Natursteinmaterial empfohlen, da mit rundkörnigen Materialien die geforderten Verformungsmodule nicht gewährleistet werden können.

Die gemäß RStO 12 geforderten Verformungsmodule für die einzelnen Schichten sind mittels statischer Lastplattendruckversuche nachzuweisen.

8.8 Ver- und Entsorgungsleitungen

8.8.1 Leitungsbettung

Die Grabensohle muss eben und frei von Aushubboden sein sowie die für das Leitungsauflager erforderliche Tragfähigkeit aufweisen. Aufgelockertes Material im Bereich der Grabensohle ist nachzuverdichten bzw. gegen geeignetes Material auszutauschen. Auf die Steinfreiheit ist zu achten.

Nach den Baugrundaufschlüssen kommt die Leitungssohle voraussichtlich innerhalb dem Hanglehm/Hangschutt bzw. dem zersetzten bis entfestigten Sandstein zu liegen. Es ist auch nicht auszuschließen, dass in Teilbereichen der angewitterte bis unverwitterte Sandstein ansteht. Aufgrund der mindestens mitteldichten Lagerung bzw. steifen Konsistenz quartären Ablagerungen sowie des zersetzten bis entfestigten Sandsteins ist von einer ausreichenden Tragfähigkeit auszugehen. Nachrangig können auch weichkonsistente Bereiche angeschnitten werden, bei denen zur Erhöhung der Tragfähigkeit ein Bodenaustausch vorzusehen ist. Der Bodenaustausch ist in einer Mindeststärke von 0,25 m auszuführen. Als Bodenaustauschmaterial ist ein Schottermaterial (Naturstein) der Körnung 0/32 mm verdichtet einzubauen.

Schachtbauwerke sollten generell auf einer Ausgleichsschicht (Schotter 0/32 – 0/45 mm) in ≥ 0,20 m Stärke bzw. auf Magerbeton d ≥ 0,10 m gegründet werden.

Um eine Auflockerung / Aufreißen der Aushubsohle zu vermeiden, ist der Aushub bei anstehenden bindigen Böden mit glatter Schneide vorzunehmen.

Aufgeweichte Böden sind gegen geeignetes Austauschmaterial gemäß DIN EN 1610 zu ersetzen. Empfohlen wird Schottermaterial (Naturstein) der Körnung 0/32 mm.

Die DIN EN 1610 „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen“ ist zu beachten.

8.8.2 Verfüllmaterial

Die Leitungszone reicht von der Grabensohle bis zu einer Höhe von 0,3 m über den Rohrscheitel. Der Bereich der Leitungszone ist mit grobkörnigem Boden mit einem Größtkorn von 40 mm zu verfüllen. Die Anforderungen an die Baustoffe der Leitungszone sind in DIN EN 1610 (Abschnitt 5.3) aufgeführt.

Für die Hauptverfüllung sind nach DIN EN 1610 grundsätzlich alle Baustoffe geeignet, die auch in der Leitungszone verwendet werden dürfen.

Generell sollte zum Erreichen einer einheitlichen Tragfähigkeit nur Aushubmaterial der Verdichtbarkeitsklasse V 1 und V 2 verwendet werden. Dies ist vorab mit der geotechnischen Fachbauüberwachung festzulegen.

Die natürlich anstehenden Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 3 sind zur Wiederverfüllung nicht geeignet und folglich abzufahren. Bei den anstehenden Böden wird als Verfüllmaterial ein schwach schluffiger Sand empfohlen.

Als Verdichtungskriterium des Verfüllmaterials gelten die Anforderungen der ZTVE-StB 09, Abschnitt 9.5.

Die Bereiche der Leitungszone, in denen sich der Baustoff nicht einwandfrei verfüllen und verdichten lässt, sind mit Beton oder mit einem Boden-Bindemittel-Gemisch (Flüssigboden) zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die Rohrbettung, auf die Leitungen und auf den Straßenoberbau auswirkt.

Die Verdichtung von Leitungs- und Kanalgrabenverfüllungen ist mit Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 zu kontrollieren.

8.9 Versickerung

Die Versickerung des Niederschlagswassers über geeignete Sickersysteme ist dem Arbeitsblatt DWA-A 138 [U11] in Verbindung mit dem Merkblatt DWA-M 153 [U12] zu entnehmen.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Versickerung ist die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens. Generell liegt die entwässerungstechnisch relevante Durchlässigkeit in einem k_f-Bereich von 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s.

Im Bereich des Neubaugebietes stehen mit den Hanglehmen und Hangschutten, sowie den unterlagernden zersetzten bis entfestigten Sandsteinen Böden an, die über ein breites Körnungsband verfügen jedoch überwiegend einen ausgeprägten bindigen Anteil aufweisen.

Aus den ermittelten Kornverteilungen lassen sich nach Mallet/Paquant Durchlässigkeitsbeiwerte in einer Spanne von $k_f = 1{,}7 \times 10^{-8}$ m/s bis $6{,}0 \times 10^{-5}$ m/s herleiten.

Die Anforderung an den Durchlässigkeitsbeiwert gemäß ist entsprechend nicht durchgängig gegeben. Sollten Versickerungsanlagen geplant werden, ist die Durchlässigkeit des Untergrundes standortspezifisch zu prüfen.

Die unterlagernden Sandsteine (zersetzt bis unverwittert) sind als sehr schwach wasserdurchlässig zu bewerten und sind für eine gezielte Versickerung nicht geeignet.

8.10 Umwelttechnik

Die Basis für die Verwertung von natürlichen, unbelasteten Böden bildet das Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV). Die „Anforderungen an das Verfüllmaterial innerhalb und unterhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht bei bodenähnlichen Anforderungen“ ist im ALEX-Infoblatt 24 und 25 [U7] festgehalten.

Die Verwertung von anfallendem Bauaushub in technischen Erdbauwerken ist den „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen“ der Ländergemeinschaft Abfall (LAGA) geregelt. Die Beurteilung erfolgt auf der Basis einer Mischprobe typischer Zusammensetzung.

In diesen Regeln wird unter anderem die Verwertung wie folgt definiert:

- uneingeschränkter Einbau (Z 0)
- offener eingeschränkter Einbau (Z 1)
- eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (Z 2)
- abgekapselter Einbau entsprechend der Deponie Verordnung Klasse I (Z 3)
- abgekapselter Einbau entsprechend der Deponie Verordnung Klasse II (Z 4)

Werden im gewachsenen oder aufgefüllten Boden die Z 0-Werte unterschritten, so ist eine uneingeschränkte Verwertung des Bodens zulässig. Es wird davon ausgegangen, dass keinerlei Schutzgüter beeinträchtigt werden.

Für die Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf darüber hinaus auch Bodenmaterial verwertet werden, das die Zuordnungswerte Z 0 im Feststoff überschreitet, jedoch die Zuordnungswerte Z 0* im Feststoff einhält, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- die Zuordnungswerte Z 0 im Eluat der Tabelle II.1.2-3 werden eingehalten
- oberhalb des verfüllten Bodenmaterials wird eine Schicht aus Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält und somit alle natürlichen Bodenfunktionen übernehmen kann, aufgebracht. Diese Bodenschicht oberhalb der Verfüllung muss eine Mindestmächtigkeit von 2 m aufweisen.
- die Verfüllungen liegen außerhalb folgender Gebiete:

- festgesetzte, vorläufig sichergestellte oder fachbehördlich geplante Trinkwasserschutzgebiete, Zone I bis III A,
- festgesetzte, vorläufig sichergestellte oder fachbehördlich geplante Heilquellenschutzgebiete, Zone I bis III,
- Wasservorranggebiete, die im Interesse der künftigen Wasserversorgung raumordnerisch ausgewiesen worden sind,
- Karstgebiete und Gebiete mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund.

Werden im gewachsenen oder aufgefüllten Boden die Z 1.1-Werte unterschritten und sind keine Abfälle enthalten, so ist die Verwertung des Bodens unter der Einschränkung möglich, dass eine Beeinträchtigung des Schutzgutes Grundwasser ausgeschlossen wird und eine Ablagerung in wasserwirtschaftlich genutzten Gebieten oder im Grundwasser ausgeschlossen ist. Für die Verwertung von Boden auf Flächen, die landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzt werden, muss die Unterschreitung der Z 1.1-Werte sichergestellt sein. Hierbei stellen grundsätzlich die Z 1.1-Werte die Obergrenze dar. Nur in Ausnahmefällen gelten bei Beachtung des Verschlechterungsverbotes (vorbelastete Umgebung) sowie in hydrologisch günstigen Gebieten die Z 1.2-Werte als Obergrenze, wobei der Abstand zwischen Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand in der Regel mindestens 2 m betragen soll.

Boden, der hinsichtlich möglicher Belastungen einer Z 2-Klasse zugeordnet werden muss, darf nur in Verbindung mit technischen Sicherungsmaßnahmen verwertet werden. Dies bedingt einen Einbau z.B. in Lärmschutzwälle mit mineralischer Oberflächenabdichtung, in Straßendämme mit wasserun- oder geringdurchlässiger Fahrbahndecke und mineralischer Oberflächenabdichtung und gegebenenfalls auch einen Einsatz im Straßen- und Wegebau.

Der Einsatz in geplanten oder festgesetzten Trinkwasserschutz-, Heilquellenschutz- oder Überschwemmungsgebieten ist nicht zulässig. Der Abstand zwischen Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand soll mindestens 1 m betragen.

Boden, der Belastungen über dem Z 2-Wert beinhaltet (Z 3 und höher), kann in der Regel nicht verwertet werden. Hier wird eine Bodenreinigung bzw. Deponierung notwendig.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Ergebnisse im Rahmen einer abfallrechtlichen Einstufung interpretiert. Die zur Einstufung relevanten Analysenparameter sind in der zweiten Tabellenspalte aufgenommen.

Tabelle 5: Analysenergebnisse und abfallrechtliche Einstufung Boden

Probenbezeichnung	Stoffkonzentration > Z 0 (Schluff)	Abfallrechtliche Einstufung (LAGA / AVV-Schlüssel)
MP 1: Südwest	pH-Wert = 6,4 (Z 1.2)	LAGA Z 1.2 / 17 05 04
MP 2: Mitte	/	LAGA Z 0 / 17 05 04
MP 3: Nordost	pH-Wert = 5,5 (Z 2)	LAGA Z 2 / 17 05 04

Bei den untersuchten Böden handelt es sich um natürlich anstehende Böden ohne Hinweise auf schädliche Bodenveränderung. Er genügt den Anforderungen des gemäß ALEX-Infoblatt 24 und 25 als Verfüllmaterial zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht oder als Verfüllmaterial unterhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht. Der geringe pH-Wert ist für Bundsandstein-Böden geogen bedingt.

Bei abfallrechtlicher Einstufung sind die durch die Mischproben „MP 1:Südwest“ und „MP 3:Nordost“ repräsentierten Böden formal einer LAGA-Klasse Z 1.2 und Z 2, die durch die Mischprobe „MP 2: Mitte“ repräsentierten Böden einer LAGA-Klasse Z 0 zuzuordnen.

9 Zusammenfassung

Die WVE GmbH Kaiserlautern plant die Erschließung des Neubaugebietes „Schulstraße West" in Otterberg. Zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden am Projektstandort Ramm- und Rammkernsondierungen ausgeführt.

Anhand der erteuften Bohrprofile werden die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse dargestellt. Für die erteuften Schichten werden bodenmechanische Kennwerte angegeben und allgemeine Empfehlungen zur Tragfähigkeit und Gründung verschiedener baulicher Anlagen abgegeben sowie der Untergrund im Hinblick seiner Versickerungsfähigkeit bewertet.

Durch die Baugrunduntersuchungen wurde nachgewiesen, dass am Projektstandort unter einer Oberbodenauflage, quartäre Hanglehme bzw. Hangschutte anstehen, die auf dem ortstypischen Sandstein aufliegen. Dieser liegt zunächst in zersetzter bis entfestigter Form vor und geht sukzessive mit der Tiefe in einen angewitterten bis unverwitterten Zustand über.

Aufgrund der im Erd-/Rohplanum größtenteils anstehenden bindigen Böden ist die Mindestbreite des frostsicheren Straßenaufbaues für die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 auszubilden. Für die im Planumsbereich der Verkehrsflächen anstehenden bindigen Böden wird die Grundtragfähigkeit mit einem nach RStO 12 geforderten Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MN/m² erfahrungsgemäß nicht durchgängig erreicht werden. Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit (Bodenaustausch) sind einzuplanen.

Im Bereich der Kanalgräben sind quartäre Ablagerungen zu erwarten, die eine breites Körnungsband aufweisen und nur z.T. für den Wiedereinbau geeignet. Anstehende Hangschutte und zersetzte Sandsteine sind überwiegend der Verdichtbarkeitsklasse V 1 und V 2 zuzuordnen und können zum Wiedereinbau / Rückverfüllung herangezogen werden. Hanglehme sind hingegen nicht für den Wiedereinbau zu verwenden und durch Liefermaterial zu ersetzen.

Für die anfallenden Bodenaushubmassen sind die vorliegenden, orientierend ausgeführten Analysenergebnisse zu berücksichtigen.

Abschließend wird nochmals darauf hingewiesen, dass für alle geplanten Bauwerke eine normgerechte Baugrunderkundung auszuführen ist.

Sollten sich im Zuge der weiteren Planungsphase Änderungen in ausführungstechnischer Hinsicht ergeben, so sind auf Basis der vorliegenden Untersuchung ergänzende Empfehlungen anzufordern.

Der Bericht ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Wörrstadt, den 02. August 2017

Dipl.-Geol. S. Lahham

Beratender Ingenieur 1206 Mitglied der Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz

Dipl.-Ing. D. Boddem