

Ortsumgehung Pflaumheim BW 4b, SBR Pflaumbach

Geotechnischer Bericht mit detaillierten Gründungs- und Planungsempfehlungen

Ort: Pflaumheim
Auftraggeber: LRA Aschaffenburg
Projektleiter: Dr.-Ing. H.-J. Franke
GMP-Projektnr.: 221246\g4a_2-BW 4b Fra/fr
Datum: 14.02.2023

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen | Hedanstraße 17 | 97084 Würzburg
Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG
Beratende Ingenieure und Geologen
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

Pers. haft. Gesellschafterin:
GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRB 10485

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke
Dipl.-Ing. Hubert Hansel
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen
Dr. Verena Herrmann

Akkreditiertes Prüflabor
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
DAkS-Akkreditierungsnr.
D-PL-14479-01-00

Unterlagen: Obermeyer Planen+ Beraten GmbH, NL Aschaffenburg:

- [1] Lageplan und Schnitte, Stand Januar 2022

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG:

- [2] GMP-Gutachten 209270 g2, v. 19.07.2010
- [3] GMP-Gutachten 213249-g4 vom 03.06.2014

Länderübergreifende Regelungen für die abfalltechnische Bewertung:

- [4] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997
- [5] Arbeitskreis Umweltfragen: RuVA-StB 01: „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbauasphalt mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“

Länderspezifische Regelungen für die abfalltechnische Bewertung:

- [6] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“, Stand: November 2017
- [7] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt Nr. 3.4/1 „Umweltfachliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von Straßenaufbruch“, Stand: 01.03.2019

- Anlagen:**
1. Übersichtslageplan, M = 1:25.000
 2. Lageplan der Aufschlüsse, M = 1:250, 1:1.000, 1:100
 3. Ingenieurgeologischer Längsschnitt mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen, M = 1:100
 4. Dokumentation der Ansatzpunkte
 5. Dokumentation der Aufschlussbohrungen
 6. Dokumentation Schwarzdeckenkerne
 7. Entnommene Bodenproben Geotechnik
 8. Entnommene Bodenproben Umwelt
 9. Zusammenstellung der Laborversuche
 10. Bestimmung Kornverteilung nach DIN 17892-4, DIN 18123
 11. Bestimmung Zustandsgrenzen, DIN 18122, Teil 1
 12. Oedometerversuch nach DIN ISO 17892-5-V
 13. Bestimmung Abrasivität nach NF-P 18-579
 14. Körnungsbänder nach DIN EN 17892-4
 15. Berechnungsergebnisse Pfahlsetzungen

Anhang: AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg vom 10.05.2010:

- Prüfbericht 602110-740130
- Prüfbericht 591453-719035

- CLG Labor Graser, Schonungen vom 08.11.2021:
- 21/10/2140018

AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg

- Prüfbericht 3241169 vom 24.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239880 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239881 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3243042 - 241853 vom 31.01.2022

Projektdokumentation:

Datum	Index	Thema	Gez.	Gepr.
14.03.2022		Homogenbereiche eingearbeitet	Ms	Fra
14.02.2023	A	Negative Mantelreibung, Über- arbeitung Probelbelastungen	Ms	Fra

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang	6
2. Örtliche Verhältnisse und geplante Baumaßnahme	6
2.1 Geplante Baumaßnahme	6
2.2 Geotechnische Kategorie und Erdbebenzone.....	6
2.3 Erdbeben	6
2.4 Frosteinwirkung.....	7
2.5 Schutzgebiete.....	7
3. Untergrunderkundung	7
3.1 Aufschlüsse	7
3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte	8
4. Probenahme	8
4.1 Geotechnische Probenahme	8
4.2 Umwelttechnische Untersuchung.....	9
5. Untergrundverhältnisse	9
5.1 Baugrundmodell	9
5.2 Oberboden (Mu)	9
5.3 Lehme und Kiese (q).....	10
5.4 Tertiäre Sande und Tone.....	11
5.5 Hydrogeologische Verhältnisse.....	11
6. Laborversuche.....	13
6.1 Geotechnische Versuche	13
6.2 Grundwasserchemismus	13
7. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen	14
7.1 Bewertungsgrundlage	14
7.2 Durchgeführte Untersuchungen	15
7.3 Analysenergebnisse	15
7.3.1 Asphaltdeckenkerne	15
7.3.2 Bodenmaterial.....	17
8. Charakteristische Bodenkennwerte.....	18

9.	Geotechnische Empfehlungen	18
9.1	Gründungsempfehlungen	18
9.2	Ansatz Negative Mantelreibung	20
9.3	Herstellung Baugrube	21
9.4	Bautechnische Hinweise	22
9.4.1	Pfahlherstellung	22
9.4.2	Probelastung	22
9.4.3	Besondere Maßnahmen	22
9.4.4	Baustraßen	22
9.4.5	Hinterfüllung der Widerlager und der Arbeitsräume	23
10.	Wasserrechtliche Auswirkungen	23
11.	Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen	24
11.1	Asphaltdeckenkerne	24
11.2	Bodenmaterialien	24
12.	Homogenbereiche	25
12.1	Geotechnische Klassifizierung	25
12.2	Schichteinteilung	25
12.3	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320	26
12.4	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300, DIN18301 und DIN 18304	27
12.4.1	Boden	28
13.	Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen	29
13.1	Zusammenfassung	29
13.2	Empfehlung zur weiteren Erkundung	29
13.3	Planungsempfehlungen	29
13.4	Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen	30
13.5	Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung	31
13.6	Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung	32

1. Vorgang

Die Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Aschaffenburg, plant für den Landkreis Aschaffenburg die Ortsumgehung der Gemeinde Pflaumheim.

Die GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG wurde auf der Grundlage des Angebotes vom 15.07.2021 mit Schreiben vom 27.07.2021 mit der Überarbeitung des vorhandenen geotechnischen Berichtes auf die aktuelle Normung beauftragt. Der hier vorgelegte Bericht behandelt das Brückenbauwerk BW 4b vom Bau-km 2+295 bis km 2+326 (SBR Pflaumbach).

2. Örtliche Verhältnisse und geplante Baumaßnahme

2.1 Geplante Baumaßnahme

Es ist ein zweifeldriges Bauwerk mit einer Stützweite jedes Feldes mit 16,00 m geplant. Der Kreuzungswinkel mit dem Pflaumbach beträgt 94,03 gon. Die Gründung erfolgt als Tiefgründung auf Bohrpfählen. Das Bauwerk wird als Balken auf drei Stützen konzipiert. Die Gradienten der Umgehungstrasse wird ca. 2,5 m oberhalb der aktuellen Geländeoberkante geführt. Die Unterkante der Pfähle wird bei 126,30 m NN geplant

Das Bauwerk wird als integrales Bauwerk konzipiert. Der Untergrund ist nachgiebig und damit für eine integrale Bauweise geeignet. Die Gradienten der Umgehungstrasse wird ca. 3,5 m oberhalb der aktuellen Geländeoberkante geführt.

2.2 Geotechnische Kategorie und Erdbebenzone

Nach DIN 1045 und DIN 4020 gehört die Baumaßnahme aufgrund des integralen Bauwerks der geotechnischen Kategorie GK III an.

2.3 Erdbeben

Nach DIN 1998-1 liegt die Baumaßnahme in der Erdbebenzone 0.

2.4 Frosteinwirkung

Laut Karte der Frosteinwirkungszonen der RStO 12 liegt die geplante Baumaßnahme in der Frostzone 1. Nach den Frostindizes der Jahre 1962/63 ist eine Frosteindringtiefe von 70 - 80 cm zu erwarten.

2.5 Schutzgebiete

Die Baumaßnahme befindet sich im festgesetzten Wasserschutzgebiet Großostheim Zone IIIB. Für den Pflaumbach ist kein Überschwemmungsgebiet ausgewiesen, in den Planunterlagen ist ein HQ₁₀₀ bei 145,61 m NN ausgewiesen.

3. Untergrunderkundung

3.1 Aufschlüsse

Im Baubereich des Bauwerks 4b wurden insgesamt 3 Baugrundaufschlussbohrungen (BK 15 04/2010), KB 5/13 (01/14), KB 6/13 (01/14) und KB 5/21 bis in Tiefen von 20,0 bzw. 25,0 m unter GOK abgeteuft.

Die Position der Aufschlussbohrungen ist im Lageplan der Anlage 2 dargestellt.

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte, zur indirekten Ermittlung der Tragfähigkeit und zur indirekten Ermittlung von Schichtgrenzen wurden ergänzend zu den Aufschlussbohrungen 3 Sondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 ausgeführt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind im ingenieurgeologischen Längsschnitt in Anlage 3 mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen aufgetragen.

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Boden- und Felsarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben und die geologischen Kennzeichnungen.

Links neben den Aufschlüssen sind die Kategorien der Proben (ungestört, gestört, Kern), die Entnahmetiefe, sofern vorhanden, die Grund- und Schichtwasserverhältnisse und die Ergebnisse der Bohrlochrammsondierungen eingezeichnet.

Die verwendeten Signaturen der Tiefenprofile und die Kurzzeichen für Boden- und Felsarten sind in der Legende der Anlage 3 erläutert.

Die Ergebnisse der Sondierungen mit der schweren Rammsonde sind als Rammdiagrammen mit der Anzahl der Schläge für 10 cm Sondeneindringung (N_{10}) ebenfalls in die ingenieurgeologischen Schnitte der Anlage 3 eingetragen.

Nach Abschluss der Erkundungsarbeiten wurden die Aufschlüsse durch die ausführende Bohrfirma Behringer & Dittmann und Terrasond eingemessen.

3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte

Die ergänzende Erkundung wurde satellitengestützt mit Korrekturdaten im amtlichen ETRS89 System eingemessen. Da zum 30. Juni 2017 deutschlandweit das Höhenbezugssystem DHHN2016 eingeführt wurde, wurden die Höhen der Einmessung in m NHN gemessen. Nachdem die Baumaßnahme im ursprünglichen Höhensystem weitergeführt wird, wurden die gemessenen NHN-Höhen im mNN umgerechnet.

4. Probenahme

4.1 Geotechnische Probenahme

Die für geotechnische Untersuchungen entnommenen Bodenproben können der Tabelle in Anlage 7 entnommen werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden nachfolgend erläutert und sind in Anlage 9 zusammengestellt.

Die nicht untersuchten Proben werden als Rückstellproben bei GMP eingelagert und bis zu drei Monate nach Abgabe des Gutachtens aufbewahrt. Anschließend werden sie fachgerecht entsorgt soweit keine längere Aufbewahrung durch den Auftraggeber gefordert wird.

4.2 Umwelttechnische Untersuchung

Aus den Aufschlüssen wurden Asphaltdeckenkerne sowie Boden-/Materialproben für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommen, im GMP-Labor gesichtet und abfalltechnisch beurteilt. Im Bereich des BW4b und des Feldweges entlang des Pflaumbach wurden weder bodenfremde Bestandteile angetroffen noch zum Zeitpunkt der Probenahme geruchliche Auffälligkeiten festgestellt.

Die untersuchten Asphaltdeckenkerne mit durchgeführter Analytik sind in Tabelle 1 der Anlage 8 aufgeführt.

In der Tabelle 2 der Anlage 8 sind die für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommenen Boden-/Materialproben mit der Angabe der Verwendung für die Mischprobenerstellung sowie der durchgeführten Analytik zusammengestellt.

5. Untergrundverhältnisse

5.1 Baugrundmodell

Nach der Geologischen Karte von Bayern steht im Untergrund der Untere Buntsandstein als Festgestein an. Dieser Buntsandstein wird überlagert von tertiären Sanden die von Lehmen abgedeckt sind. Aus geotechnischer Sicht kann der Untergrund in diesem Bauwerk vereinfachend in drei Schichten dargestellt werden:

1. Oberboden (Mu)
2. Lehme und Kiese (q)
3. Tertiäre Sande und Tone (t)

5.2 Oberboden (Mu)

Als erstes Schichtglied wurde an allen Aufschlüssen Oberboden mit einer Mächtigkeit zwischen 0,20m und 0,34m aufgeschlossen.

5.3 Lehme und Kiese (q)

Unter dem Oberboden wurden Sande und quartäre Lehne angetroffen. Die angetroffenen Sande liegen oberhalb der Gründungssohle und sind geotechnisch nicht weiter relevant. Die unterlagernden Lehme bestehen aus Schluff mit tonigen und feinsandigen Beimengungen. Am Übergang zum Tertiär wurden in allen Bohrungen im Bauwerksbereich eine Kieslage

An den einzelnen Aufschlüssen ist mit folgenden Unterkanten bzw. Mächtigkeiten zu rechnen:

Tabelle 1: Unterkante Lehme und Kiese

Aufschluss	Achse	Unterkante Lehme [mNN]	Unterkante Kiese [m NN]
KB 5/13	10	134,61	134,06
KB 6/13	20	134,66	133,96
KB 5/21	-	134,17	133,07
BK 15/10	30	135,15	133,55

Am Aufschluss KB 5/21 wurden Holzreste, am Aufschluss BK 15/10 Pflanzenreste mit torfigen Lagen angetroffen. In den Auelehmen ist mit stark wechselnden organischen Beimengungen zu rechnen. Ausgeprägte Torflagen wurden nicht angetroffen, jedoch deuten die Pflanzenreste darauf hin, dass mit starken organischen Beimengungen auf jeden Fall in den Auelehmen zu rechnen ist.

Die organischen Einlagerungen in den quartären Lehmen sind in der Pfahlbemessung wie folgt zu berücksichtigen:

Tabelle 2: Organische Schichten

Aufschluss	Achse	Oberkante [m NN]	Unterkante [m NN]
KB 5/13	10	142,01	137,61
KB 6/13	20	139,06	137,26
KB 5/21	-	141,17	137,87
BK 15/10	30	139,05	137,55

Die Vor-Ort-Ansprache der Konsistenz ergab in der Regel eine weich bis steife Konsistenz. Am Aufschluss KB 3/13 ist auch eine weiche bis breiige Konsistenz anzutreffen. Diese Ansprache wird durch die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen

$$2 \leq N_{10} \leq 3$$

bestätigt. Das lineare Ansteigen der Schlagzahlen aller Rammsondierungen bis zum Übergang zu den tertiären Schichten belegt die vorhandene Mantelreibung am Gestein und damit indirekt ebenfalls die Konsistenzansprache weich bis steif.

5.4 Tertiäre Sande und Tone

Als 3. Schichtglied folgen bis zur Aufschlussendtiefe tertiäre Sande und Tone. Die tertiären Sande sind als Fein- bis Mittelsande mit schwach schluffigen Beimengungen anzusprechen. Die tertiären Tone sind als Schluff mit tonigen und feinsandigen Beimengungen angesprochen. Die Mächtigkeit der angeschnittenen Tonlinsen beträgt zwischen 0,60 m und 6,20 m (BK 13).

Am Aufschluss BK 6/10 dünne Braunkohlelagen aufgeschlossen. Deren Mächtigkeit wurde hier zwischen 5 cm und 15 cm festgestellt, aus Erfahrung ist aber bekannt, dass die Mächtigkeit der Braunkohlelagen bis auf mehrere Meter ansteigen kann.

Die durchgeführten Rammsondierungen belegen mit Schlagzahlen $N_{10} > 30$ in den tertiären Sanden, dass die tertiären Sande sehr dicht gelagert sind. Ein signifikanter Rückgang der Schlagzahlen im Bereich der angetroffenen tertiären Tone wurde nicht festgestellt und bestätigt damit die Vor-Ort-Ansprache der steifen bis halbfesten Konsistenz.

5.5 Hydrogeologische Verhältnisse

Das Grundwasser wurde sowohl in den quartären Auelehmen als auch in den tertiären Sanden angetroffen. An fast allen Grundwasseranschnitten wurde ein starkes Ansteigen des Grundwasserspiegels um maximal 4,0 m festgestellt.

In den Aufschlüssen wurden die in nachfolgender Tabelle zusammengestellten Grundwasserspiegel festgestellt:

Tabelle 3: Gemessene Ruhewasserspiegel

Aufschluss	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserspiegel	Wasser [m u. GOK]	Wasser [mNN]
KB 5/13	145,21	Zutritt	4,87	140,34
		Zutritt	10,70	134,51
		Ruhewasser	7,80	137,41
KB 6/13	145,16	Zutritt	4,80	140,36
		Ruhewasser	3,73	141,43
		Zutritt	6,40	138,76
		Zutritt	8,48	136,68
KB 5/21	145,17	Ruhewasser	6,59	138,58
BK 15/10	145,15	Zutritt	7,00	138,15
		Ruhewasser	3,75	141,40
		Zutritt	9,55	135,60
		Zutritt	12,20	132,95
BK 6/10	144,75	Zutritt	11,30	133,45
		Ruhewasser	11,00	133,75

Aus hydrogeologischer Sicht ist nicht davon auszugehen, dass die Grundwasserstockwerke im Quartär und Tertiär getrennt sind. Durch die im Quartär aufgeschlossenen Kies- und Sandlinsen können hydraulische Fenster vorliegen, welche eine Stockwerkstrennung stark einschränken können.

Aus hydrogeologischer Sicht ist davon auszugehen, dass der Grundwasserspiegel durch den Pflaumbach beeinflusst wird. Langjährige Grundwasserpegelbeobachtungen liegen nicht vor. Wir schätzen das ein Bemessungswasserstand analog dem HW₁₀₀ im Pflaumbach von 145,61 m NHN maßgebend ist.

6. Laborversuche

6.1 Geotechnische Versuche

Die Versuche wurden im Jahr 2009 nach den damals gültigen Normen ausgeführt. Da sich an den Normen grundlegend nichts geändert hat, wurden die Klassifikationsversuche nicht noch einmal ausgeführt. Nach aktueller Normung wurde die Abrasivität und die dazugehörige Kornverteilung ermittelt:

Tabelle 4: Normung Laborversuche

Art	Versuch	Norm	Ausgabe	Anlage	Anzahl
Boden	Bestimmung des Wassergehalts	DIN EN ISO 17892 - 1	03-2015	9	7
	Bestimmung der Kornverteilung	DIN 18123, DIN EN ISO 17892 – 2	11-1996	10	2
	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen	DIN 18122-1	07-1997	11	2
	Bestimmung der Zusammen-drückbarkeit	DIN ISO 17892-5-V	07-2002	12	2
	Bestimmung der Abrasivität	NF-P 18-579		13	1

Die Ergebnisse der Laborversuche sind im Einzelversuch in der Anlage 10 - 13 dargestellt und in der Anlage 9 zusammengefasst. Es gab keine Auffälligkeiten zwischen ingenieurgeologischer Ansprache und Klassifikationsversuch.

6.2 Grundwasserchemismus

Zur Beurteilung des Betonangriffsgrades wurde im Mai 2010 und Oktober 2021 jeweils eine Grundwasserprobe entnommen und vom AGROLAB Bruckberg Labor GmbH bzw. CLG Labor Graser auf Inhaltsstoffe nach DIN 4030 analysiert.

Die Ergebnisse der Wasseruntersuchung zur Beurteilung betonangreifender Wässer sind im Anhang beigelegt und in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 5: Untersuchungsergebnisse der Grundwasseranalyse

Aufschluss	Probenahmetiefe [m u. GOK]	Prüfbericht	Betonangriff	Parameter
KB 5/13	11,50	602110-740130	XA 0 nicht angreifend	--
KB 6/13	8,48	591453-719035	XA 0 nicht angreifend	
KB 5/21	8,00	21/10/2140018	XA 0 nicht angreifend	--

7. Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

7.1 Bewertungsgrundlage

Zur orientierenden umwelttechnischen Bewertung werden folgende Bewertungsgrundlagen herangezogen:

- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Mitteilung Nr. 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln“, Stand 06.11.1997 /4/
Nachfolgend: LAGA M20
- Arbeitskreis Umweltfragen: RuVA-StB 01: „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbauasphalt mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ /5/
Nachfolgend: RuVA-StB 01
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“ /6/, Stand: November 2017
- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt Nr. 3.4/1 „Umweltfachliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von Straßenaufbruch“, Stand: 01.03.2019 /7/
Nachfolgend: LfU-Merkblatt 3.4/1

7.2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erhöhung der Planungssicherheit und für die Ausschreibung der Baumaßnahme wurden orientierende abfalltechnische Untersuchungen an Einzel- und Mischproben durchgeführt. Die Mischproben wurden anhand der Erkenntnisse aus der Probensichtung aller Einzelproben aufgrund ähnlicher Materialbeschaffenheit (z.B. Fremdbestandteile) sowie deren räumlichen Bezug zueinander zusammengestellt. Die für die Herstellung der Mischproben verwendeten Einzelproben sind in Tabelle 2 der Anlage 8 zusammengestellt.

Die Misch- und Einzelproben aus den Bodenmaterialien wurden auf den Parameterumfang der LAGA M20, die Auffüllungen in der Gesamtfraktion, der natürliche Untergrund in der Feinfraktion < 2 mm laboranalytisch untersucht. Die Asphaltdeckenkerne wurden auf die Parameter polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und den Phenolindex im Eluat laboranalytisch untersucht. Die chemischen Analysen wurden von dem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Labor AG-ROLAB Labor GmbH, Bruckberg durchgeführt.

Die Aufschlüsse wurden in Abständen von ca. 50 - 100 m niedergebracht.

Die Misch- bzw. Einzelproben werden für einen Zeitraum von sechs Wochen nach Datum des Prüfberichtes (Laborproben) bzw. drei Monaten nach Erstellung des Gutachtens (Rückstellproben GMP) zurückgestellt. Die Rückstellfristen können gegebenenfalls nach vorheriger Anmeldung verlängert werden.

7.3 Analysenergebnisse

7.3.1 Asphaltdeckenkerne

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Asphaltdeckenkerne sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle wird die Entnahmetiefe, der Gehalt an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Feststoff, der Gehalt an Benzo(a)pyren im Feststoff, der Phenolindex im Eluat sowie die orientierende abfalltechnische Einstufungen gemäß LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1 und RuVA-StB 01 angegeben.

Tabelle 6: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Asphaltkernen

Probe (Entnahmetiefe)	PAK- Gehalt [mg/kg]	Benzo(a)pyren [mg/kg]	Phenolindex im Eluat [mg/l]	Einstufung gem. LfU-Merkblatt 3.4/1	Einstufung gem. RuVA-StB 01
RKS 15 (0,0 – 0,085 m)	0,11	<0,05	<0,01	①	A
RKS 16 (0,0 – 0,14 m)	0,07	<0,05	<0,01	①	A
RKS 17 (0,0 – 0,10 m)	0,06	<0,05	<0,01	①	A
RKS 18 (0,0 – 0,125 m)	0,06	<0,05	<0,01	①	A

PAK: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe; BaP: Benzo(a)pyren, PAK-Einzelstoff
n.b.: bei Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar

Einstufung gem. LfU-Merkblatt 3.4/1:

- ① Ausbauasphalt ohne Verunreinigung (PAK 0 - 10 mg/kg)
- ② gering verunreinigter Straßenaufbruch (PAK 10- 25 mg/kg)
- ③ pechhaltiger Straßenaufbruch (PAK > 25 mg/kg)
- ④ als gefährlicher Abfall einzustufender pechhaltiger Straßenaufbruch
(PAK > 1.000mg/kg oder Benzo(a)pyren > 50 mg/kg)

Einstufung gem. RuVA-StB 01:

- A: Ausbauasphalt Verwertungsklasse A (PAK ≤ 25 mg/kg)
- B,C: Ausbaustoffe mit teer-/pechtypischen Bestandteilen,
Verwertungsklassen B,C (PAK > 25 mg/kg)

7.3.2 Bodenmaterial

LAGA M20

Die Prüfergebnisse der laboranalytischen Untersuchungen der Boden-/Materialproben aus den Auffüllungen und dem natürlichen Untergrund sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. In der Tabelle werden die Entnahmetiefe, die Materialbeschreibung, die orientierende abfalltechnische Einstufung gemäß LAGA M20, Hinweise für eine maßnahmeninterne Verwertung sowie die für die Einstufung maßgeblichen Parameter angegeben.

Die in der Tabellenspalte „Verwertung vor Ort“ angegebenen potentiellen internen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP-bekannten Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2+3).

Tabelle 7: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
MP 17 RKS 15 – 18 (0,1 – 0,4 m)	Auffüllung: Kies, sandig, schluffig, sehr schwach tonig Fremdbestandteile: ohne	Z0	[pH (E) 9,1] ²	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 18 RKS 15+16+18 (0,2 – 1,8 m)	Auffüllung: Schluff, feinsandig, schwach tonig, schwach kiesig Fremdbestandteile: ohne	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 19 RKS 15 + 17 (0,25 – 2,0 m)	Nat. Untergrund: Schluff, feinsandig, schwach tonig	Z0	[pH (E) 9,3] ²	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)

Z...: Einstufung gemäß LAGA-Mitteilung Nr. 20, Teil Boden, Stand 1997

LAGA M20: Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln" Teil II, Stand 06.11.1997

OS: Originalsubstanz; E: Eluat; PAK: polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (Summe gem. EPA)

¹: Bewertet wird nur die abfallrechtliche, nicht die bautechnische Eignung.

²: Erhöhte pH-Werte allein stellen nach LfU online-FAQ kein Ausschlusskriterium dar.

8. Charakteristische Bodenkennwerte

Die geotechnische Klassifizierung des Untergrundes hinsichtlich Verdichtbarkeit, Frostepfindlichkeit und Bodenklassen ist in der Tabelle 8 zusammenfassend dargestellt:

Tabelle 8: Charakteristische Zahlenwerte ausgesuchter geotechnischer Kenngrößen

	Baugrund	Boden- gruppe DIN 18196	Rei- bungs- winkel cal ϕ' [°]	Kohäsion		Steife- modul ⁽¹⁾ E_s [MN/m ²]	Hydr. Durchläs- sigkeit k_f [m/s]	Feucht- wichte (Wichte u. Auftrieb) γ [kN/m ³]
				cal c' [kN/m ²]	cal c_u [kN/m ²]			
Qu	Auelehme	TL/SU*	25,0	5,0,0	25,0 (12,5) ²⁾	2,5 – 5,0	10 ⁻⁶	19,0/(9,0)
T	Tertiäre Tone	TM/TA	22,5	15,0	250,0	20 – 25	10 ⁻⁸	20,0/10,0)
	Tertiäre Sande	SU/ST	32,5	2,5	-	25 – 35	10 ⁻⁵	19,0(9,0)

¹⁾ im Spannungsbereich 150 – 250 kN/m²

²⁾ Im Bereich organischer Einlagerungen

9. Geotechnische Empfehlungen

9.1 Gründungsempfehlungen

Aus den gelieferten Bauwerksplänen ist die Gründungssohle bei 142,80 m NN abzulesen. In dieser Gründungstiefe stehen Auelehme an, die aufgrund der hohen Setzungsbeträge nicht für eine Flachgründung eine zweifeldrigen Brücke geeignet sind.

Aus geotechnischer Sicht ist nur eine Tiefgründung in der Lage die anfallenden Setzungen so weit zu reduzieren, dass das geplante Zweifeld-Bauwerk hergestellt werden kann. Hier können entweder alle Arten von Rammpfählen oder alternativ Bohrpfähle eingesetzt werden. Aufgrund der im Tertiär vorhandenen Braunkohlelagen muss bautechnisch eine Verlängerung der Pfähle möglich sein. Dies ist bei Rammpfählen nur mit duktilen Rammpfählen, bei Ortbetonrammpfählen (Franki-Pfähle) und eingeschränkt mit Fertigbetonpfählen möglich. Ortbetonbohrpfähle können bei entsprechend vorgehaltenen Bewehrungskörben problemlos verlängert werden.

Aufgrund der festgestellten geringen undrainierten Kohäsion ist auf jeden Fall ein Hüllrohr in den festgestellten organischen Bereichen einzusetzen. Damit sind Franki-Ortbetonrammpfähle systembedingt nicht einsetzbar.

Duktile Rammpfähle wären auf Knicken zu bemessen, damit ist dieses Pfahlssystem bei den hier auftretenden Lasten nicht einsetzbar.

Wir empfehlen an den jeweiligen Achsen Hüllrohre zur Stützung der Betonsäule in den Weichschichten einzusetzen. Aus geotechnischer Sicht ist es erforderlich, dass die Hüllrohre mindestens 0,50 m über den hier erkundeten Bereich der Weichschichten hinausgehen. Da im Bereich der Achse 20 zwei Aufschlüsse vorliegen, wird der jeweils ungünstigere Wert genommen.

Wir empfehlen die Hüllrohre mindestens wie folgt anzusetzen:

Tabelle 9: Hüllrohre

Achse	Oberkante [m NN]	Unterkante [m NN]
10	142,51	137,21
20	141,67	136,76
30	139,55	137,05

Die Pfahlbemessung kann mit den in Tabelle 9 angesetzten Höhenkoten je Achse erfolgen. Wenn eine vereinfachte Bemessung mit einem einheitlichen Schichtmodell erfolgen soll, so können die folgenden Kennwerte angesetzt werden. Bei einer Gründung mit Ortbetonbohrpfählen können folgende Kennwerte zur Bemessung angesetzt werden:

Tabelle 10: Charakteristische Kennwerte Bohrpfahlgründung

Tiefe	Bodengruppe	$R_{s,k,Druck}$ [kN/m ²]	$R_{s,k,Zug}$ [kN/m ²] ⁽¹⁾	s/d	$R_{b,k}$ [MN/m ²]
145,0 NN > T > 134,0 m NN	Auelehm	40,0	20,0	-	-
T < 134,0 m NN	Kiese, Tertiäre Sande und Tone	70,0	40,0	0,02	1,00
				0,03	1,20
				0,10	1,80

(1) Wert gilt nur zur Vorbemessung, muss durch Pfahlprobelastung verifiziert werden

Diese Werte gelten für Einzelpfähle im Abstand $a > 2,5d$. Bei geringeren Abständen ist die Gruppenwirkung zu beachten. Die in Tabelle 10 genannten Kennwerte sind auf der Basis von Erfahrungswerten und vergleichbaren Verhältnissen vorsichtig geschätzte Werte und können zur Bemessung angesetzt werden.

Für die horizontale Bettung der Bohrpfähle kann folgender horizontaler Steifemodul angesetzt werden:

Tabelle 11: Kennwerte zur Bemessung auf horizontale Bettung

Schichteinheit	$E_{s,h,min}$ [MN/m ²]	$E_{s,h,max}$ [MN/m ²]	$E_{s,h,wahrsch}$ [MN/m ²]
Auelehme	1,5	10,0	7,5
Kiese, tertiäre Sande und Tone	40,00	75,00	50,0

Zur Bemessung der Pfähle auf horizontalen Lasten kann von einem Bettungsansatz

$$k_{s,h} = E_{s,h} / d, d \leq 1,0 \text{ m}$$

ausgegangen werden.

9.2 Ansatz Negative Mantelreibung

Bei Schüttung des Straßendamms nach Herstellung der Brücke verformt sich der Baugrund und es treten vertikale Relativverschiebungen zwischen Pfahlgründung und Umgebung auf, dadurch wird eine negative Mantelreibung aktiviert. Durch die negative Mantelreibung und den Erddruck auf das Widerlager werden die Pfähle zusätzlich belastet, so dass sich die Pfahlgründung zusätzlich setzt. Durch die Vertikalbewegung der Pfähle wird der Einflussbereich der negativen Mantelreibung reduziert, so dass nicht die volle Pfahllänge mit negativer Mantelreibung beaufschlagt wird, sondern nur noch der Teil, an dem eine Relativverschiebung zwischen Pfahl und Boden erfolgt.

Für diese Berechnungen wurde das am Bauwerk 4a erstellte FE-Modell auf die Verhältnisse am Bauwerk 4b angepasst. Dabei wurde die vorgesehene RSV Ertüchtigung hinter Achse 10 berücksichtigt.

Das Ergebnis der Setzungsberechnungen ist in Anlage 15 dokumentiert. Die Setzungsprognose beträgt für den Pfahl in Achse 10 ohne Damm ca. 0,5 cm. Aus dem Diagramm in Anlage 15.2 ist zu entnehmen, dass die Pfahlsetzung durch die Lasterhöhung insgesamt um ca. 0,1 cm zunimmt und relativ unterschiedliche Vertikalbewegungen bis zu einer Tiefe von ca. 7,50 m auftreten. Durch die damit aktivierte negative Mantelreibung steigt die Pfahlsetzung um ca. 0,1 cm. Damit reduziert sich die von der negativen Mantelreibung beaufschlagte Fläche rechnerisch um ca. 0,25 m.

Damit kann der Einwirkungsbereich der negativen Mantelreibung (neutraler Punkt) an den einzelnen Achsen definiert werden.

Tabelle 12: Einwirkungsbereich negative Mantelreibung

Achse	Neutraler Punkt [m NHN]	$\tau_{n,k}$ [kN/m ²]
10	137,7	12,5
30	137,65	12,5

In der Achse 20 erfolgt keine zusätzliche nachträgliche Belastung des Untergrunds durch eine Dammschüttung, damit wird dort auch keine negative Mantelreibung aktiviert.

9.3 Herstellung Baugrube

Aufgrund der topographischen Situation kann die Baugrube zur Herstellung des Bauwerks in der Achse 10 und 30 frei geböscht werden. Als temporäre Böschungswinkel sind 45° möglich. In der Nähe des Pflaumbachs (Achse 20) empfehlen wir einen horizontal wasserdichten Spundwandverbau herzustellen.

Die Oberflächen der Böschungsschultern sind gegen Erosion durch das Auflegen von Folien zu schützen.

Bei Böschungshöhen > 5 m ist ein Standsicherheitsnachweis erforderlich.

Es ist zu beachten, dass die Baugrube bei Hochwasser im Pflaumbach überschwemmt wird, das HQ₁₀₀ liegt ca. 2,80 m oberhalb der Baugrubensohle. Geringere Hochwasserereignisse als das HQ₁₀₀ sind uns nicht bekannt.

9.4 Bautechnische Hinweise

9.4.1 Pfahlherstellung

Bei Pfahlsohlen unterhalb des Grundwasserspiegels ist ab dem Grundwasserspiegel mit Wasserauflast zu bohren. Hinsichtlich der Anforderungen an die Ausführung ist die DIN EN 1536 maßgebend.

9.4.2 Probelastung

Falls Zugpfähle erforderlich werden, können diese mit den o.g. Werten vorbemessen werden. Eine Probelastung auf Zug bei Zugpfählen ist unerlässlich.

Da ein integrales Bauwerk geplant wird, ist die horizontale Pfahlverschiebung und Verdrehung von grundsätzlicher Bedeutung für das schlanke Bauwerk. In diesem Fall ist die Durchführung einer Pfahlprobelastung unbedingt erforderlich.

9.4.3 Besondere Maßnahmen

Der in der Gründungssohle anstehende Auelehm ist sehr wasserempfindlich, d.h. bei geringen Wassergehaltsänderungen kann der Auelehm von einer halbfesten Konsistenz in eine weiche Konsistenz wechseln. Daher ist die Gründungssohle sofort nach dem Aushub vor Wasserzutritte zu schützen, d.h. die Sauberkeitsschicht ist sofort aufzubringen.

9.4.4 Baustraßen

Die Oberfläche ist nicht für das Befahren mit einem schweren Bohrgerät geeignet. Hier ist entsprechend den eingesetzten Baugeräten ein temporäres Arbeitsplanum herzustellen. Ob aus wasserwirtschaftlicher Sicht besondere Maßnahmen erforderlich sind (z.B. dichte Deckfläche) ist der wasserrechtlichen Genehmigung zu entnehmen. Hier ist auch zu entnehmen, ob für temporäre Baubehelfe Recyclingbaustoffe eingesetzt werden können.

9.4.5 Hinterfüllung der Widerlager und der Arbeitsräume

Die Hinterfüllung der Widerlager und der Arbeitsräume sollte mit Material in Tragschichtqualität gemäß TL SoB-StB 20, Bild B7 (0/56 mm) verfüllt werden, damit Setzungen weitestgehend minimiert werden. Das Material sollte in Lagen von 25 - 30 cm eingebracht und lagenweise bis 100 % der einfachen Proctordichte verdichtet werden. Ein Lastausbreitungswinkel von 45° ist zu berücksichtigen.

Die beim Aushub anfallenden Auelehme sind nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung nur bedingt verdichtbar und sollten daher für die Hinterfüllung ohne hydraulische Aufbereitung nicht verwendet werden. Bei den vorliegenden Wassergehalten ist von einer Bindemittelzugabe zwischen 2% und 3% auszugehen.

Folgende Qualitätsmerkmale sind an die Verdichtung und E_{v2} -Werte bis 1,0 m unter UK Planum sind einzuhalten:

$$\begin{aligned}D_{pr} &\geq 1,0 \\E_{v2} &\geq 60 \text{ MN/m}^2 \\E_{v2}/E_{v1} &\leq 2,30\end{aligned}$$

Im Bereich bis zum Planum sind folgende Werte einzuhalten:

$$\begin{aligned}D_{pr} &\geq 1,03 \\E_{v2} &\geq 120 \text{ MN/m}^2 \\E_{v2}/E_{v1} &\leq 2,1\end{aligned}$$

Recyclingmaterial kann nicht eingesetzt werden, da sich das Bauwerk im Überschwemmungsbereiches des Pflaumbachs befindet.

10. Wasserrechtliche Auswirkungen

Bei einer Gründungssohle der Pfahlkopfplatte von 142,80 m NN ist eine ausreichende Mächtigkeit der Deckschichten vorhanden, so dass aus hydrogeologischer Sicht keine besonderen baulichen Zusatzmaßnahmen (Grundwasserschutz, Grundwasserumleitung usw.) erforderlich wären. Nähere Auflagen hierzu sind der wasserrechtlichen Genehmigung zu entnehmen.

Die Pfähle stellen aus hydrogeologischer Sicht einen punktuellen Eingriff dar, der die hydrogeologischen Verhältnisse nur im unmittelbaren Nahbereich der Pfähle ($< 1d$) verändert. Solange zwischen den Pfählen eine lichte Weite $a \geq 0,25 d$ vorliegt, entstehen keine nennenswerten abdichtenden Effekte.

11. Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen

11.1 Asphaltdeckenkerne

Der durch die vorliegenden Analysenergebnisse orientierend charakterisierte **Ausbauasphalt ohne Verunreinigung an sämtlichen Aufschlüssen** mit PAK-Gehalten unter 10 mg/kg ist gemäß dem Merkblatt Nr. 3.4/1, sowie in Übereinstimmung mit den Merkblättern der FGSV und nach den Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) möglichst hochwertig im Heißmischgut einzusetzen. Hinsichtlich der ungebundenen und gebundenen Verwertung, sowie der Lagerung des Straßenaufbruchs bestehen aus wasserwirtschaftlicher Sicht keine Auflagen.

11.2 Bodenmaterialien

LAGA M20

Die in der Tabelle 7 angegebenen Hinweise zu maßnahmeninternen Verwertungsmöglichkeiten beziehen sich ausschließlich auf den GMP bekannten Planungsstand (siehe Kapitel 2.1 und Anlagen 2+3) sowie die untersuchten Materialien. Bei Planungsänderungen sind die internen Verwertungsmöglichkeiten neu zu bewerten. Bei einer externen Verwertung sind die Hinweise der LAGA M20 zu beachten.

12. Homogenbereiche

12.1 Geotechnische Klassifizierung

Nach der aktuellen Norm (VOB/C, September 2016) sind die bekannten Bodenklassen (z.B. DIN 18300 u. a.) durch Homogenbereiche ersetzt worden. Homogenbereiche sind z. B. in DIN 18300 definiert als:

„[...] ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für Erdarbeiten vergleichbare Eigenschaften aufweist.“

Für das geplante Bauvorhaben wird davon ausgegangen, dass nur Homogenbereiche für die folgenden Gewerke anzugeben sind:

- ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“
- ATV DIN 18301 „Bohrarbeiten“

12.2 Schichteinteilung

Der Aufbruch der Verkehrsflächen sollte in einer gesonderten Position ausgeschrieben werden. Bei der Festlegung der Homogenbereiche werden folgende Schichteinteilungen verwendet:

Tabelle 13: Schichten

Schicht-Nr.	Schichten	Boden	Fels
1	Oberboden	X	
2	Auelehme und Kiese	X	
3	Tertiäre Sande und Tone	X	

Die Homogenbereiche werden wie folgt definiert:

Tabelle 14: Festlegung Homogenbereiche

Schicht-Nr.	Homogenbereich nach DIN 18320	Homogenbereich nach DIN 18300	Homogenbereich nach DIN 18301
1	O 1	---	---
2	---	B 1	B 1
3	---	B 2	B 2

Eine Unterteilung der Homogenbereiche nach chemischer Belastung erfolgt nicht, da es sich um eine orientierende abfalltechnische Einstufung handelt.

Die endgültigen Homogenbereiche sowie ggf. erforderliche Homogenbereiche für weitere Gewerke sind im weiteren Verlauf der Planungen in enger Abstimmung zwischen den Fachprojektanten und GMP festzulegen.

Die angegebenen Grenzwerte der nachfolgenden Tabellen ergeben sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie der Auswertung von zahlreichen Versuchen in vergleichbaren geologischen Verhältnissen. Unter Berücksichtigung der Entstehungsgeschichte sowie durch äußere Einflüsse (z.B. Witterungsverhältnisse) können Abweichungen nach oben wie unten nicht ausgeschlossen werden.

12.3 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

Oberboden wird hinsichtlich der Bearbeitbarkeit nach DIN 18915 in Oberbodengruppen eingeteilt. Die Ausschreibung erfolgt nach DIN 18320.

Tabelle 15: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320

Homogenbereich	O 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU/OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	2 - 9	
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb	

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

12.4 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18300, DIN18301 und DIN 18304

Infolge der Abhängigkeit der Homogenbereiche von den Bauverfahren können diese nur soweit eingeteilt werden, als sie zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung und Gutachtenerstellung bekannt sind.

Bei der vorgenommenen Einteilung der Homogenbereiche werden folgendes Vorgehen und folgende Planungsgrundlagen vorausgesetzt:

- Einsatz eines Kettenbaggers von ca. 20 bis 30 t Betriebsgewicht (z.B. Liebherr R 920)
- Ausreichend Flächen zur Zwischenlagerung des Aushubs sind vorhanden.
- Kontinuierliche geotechnische Fachbetreuung zur Separation des Aushubs.

12.4.1 Boden

Tabelle 16: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300, 18301

Homogenbereich	B 1		B 2		DIN 18300	DIN 18301
Schicht-Nr.	2		3			
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis		
Ortsübliche Bezeichnung	Auelehme und Kiese		Tertiäre Sande und Tone		X	X
Bodengruppe (DIN 18196)	SU/ST/SU*/ST* TL/TM/TA/UL/UM GU/GT/GU*/GT*		SU/ST/SU*/ST* TL/TM/TA/UL/UM		X	X
Korngrößenverteilung (DIN 18123)	Körnungsband (Anlage 14)		Körnungsband (Anlage 14)		X	X
Massenanteil Steine, D > 63 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	15	0	5	X	X
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	0	5	0	5	X	X
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm [Gew. %] (DIN EN ISO 14688-1)	nb		Nb		X	X
Dichte [g/cm³] (DIN 18125-2)	1,7	2,2	1,7	2,1	X	
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²] (DIN 4094-4)	10,0	75,0	20	600	X	X
Kohäsion [kN/m²]	0,0	10,0	0,0	50,0		X
Wassergehalt [-] (DIN EN ISO 17892-1)	15,0	35,0	5	40	X	X
Plastizitätszahl [-] (DIN 18122-1)	0,07	0,25	0,10	0,35	X	X
Konsistenzzahl [-] (DIN 18122-1)	0,50	1,00	0,75	1,20	X	X
Lagerungsdichte ¹⁾ (DIN EN ISO 14688-2)	-	-	Dicht	Sehr dicht	X	X
Organischer Anteil [Gew. %] (DIN 18128)	0	10	0	3	X	
Abrasivität (NF-P 18-579)	nicht abrasiv	schwach abrasiv	nicht abrasiv	schwach abrasiv		X

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

13. Zusammenfassung und weitergehende Empfehlungen

13.1 Zusammenfassung

Im Untergrund des BW 4b stehen Auelehme, humose Schichten und tertiäre Sande und Tone an.

Das Bauwerk 4b kann nur mit einer Tiefgründung gegründet werden. Für diese Gründung wurden die notwendigen geotechnischen Bemessungsgrundlagen und Hinweise zur Ausführung gegeben.

13.2 Empfehlung zur weiteren Erkundung

Zum aktuellen Stand sind keine weiteren Erkundungen erforderlich. Bei Änderung der Planung werden eventuell weitere Erkundungsmaßnahmen erforderlich.

13.3 Planungsempfehlungen

Falls eine Pfahlgründung ausgeführt wird, ist ein dauerhafter Eingriff ins Grundwasser vorhanden. Dazu ist eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich. Falls reine Zugpfähle erforderlich werden ist eine Probelastung auf Zug zur Festlegung der Mantelreibung erforderlich.

13.4 Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen

Hinsichtlich der Planung, Ausschreibung und Durchführung der Aushubmaßnahme empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

- Hinweis auf den orientierenden Charakter der durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen und die Beschränkung auf die untersuchten Materialien
- Berücksichtigen von Entsorgungspositionen für Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen gem. LfU-Merkblatt 3.4/1, sowie Zuordnungsklassen für Boden (Z0) gemäß LAGA M20 bei der Ausschreibung
- Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse der orientierenden abfalltechnischen Einstufung bei der Gewichtung der Aushubmassen je Entsorgungsposition
- Angabe der geplanten Entsorgungswege für sämtliche Zuordnungs- bzw. Deponieklassen durch die Bieter bereits bei der Angebotsabgabe
- Für alle im Entsorgungskonzept genannten Entsorgungsstellen sollten zur Überprüfung der Zulässigkeit des Entsorgungsweges folgende Unterlagen beigelegt sein:
 - Bezeichnung der Entsorgungsstelle mit Anschrift
 - Art der geplanten Entsorgung (z.B. Entsorgung auf einer Deponie, Verwertung als Deponieersatzbaustoff usw.)
 - Vollständiger Genehmigungsbescheid mit dem Positivkatalog der zugelassenen Abfallarten, Annahmekriterien der Entsorgungsstelle sowie gegebenenfalls Einzelfallentscheidungen der zuständigen Behörden
 - Annahmeerklärung des Entsorgers für die im Leistungsverzeichnis genannten Abfälle
- Prüfung der Zulässigkeit der Entsorgungswege bis spätestens zur Auftragerteilung
- Entsorgung/Verwertung der Aushubmaterialien durch einen zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb gemäß § 52 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).
- Aushubüberwachung durch eine verantwortliche Person zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Zusammensetzung der Aushubmaterialien.

- Abstimmung mit Betreiber der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls mit der zuständigen Fachbehörde ob für die abfalltechnische Einstufung der Aushubmaterialien $\leq$ Z1.2 die vorliegenden in-situ-Untersuchungen ausreichend sind.
- Verbindliche abfalltechnische Deklaration der Aushubmaterialien $\leq$ Z1.2 über Haufwerksuntersuchung (empfohlenes Mietenvolumen maximal 500 m³), wenn von der geplanten Entsorgungsstelle die vorliegenden in-situ Ergebnisse nicht anerkannt werden, oder eine Untersuchung behördlich im Einzelfall gefordert wird.

In Auffüllungsmaterialien wurden teilweise bodenfremde Bestandteile (Fremdbestandteile) festgestellt. Allein das Vorhandensein bestimmter Fremdbestandteile (z.B. Asphaltdeckenreste) kann zu einer schlechteren abfalltechnischen Einstufung oder einem anderen Entsorgungsweg führen. Dies ist im Zweifelsfall mit der konkreten Entsorgungsstelle im Vorfeld der Aushubmaßnahme abzuklären.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.

13.5 Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung

Trotz der relativ geringen Abstände der Aufschlüsse können zwischen den einzelnen Untersuchungsstellen andere Untergrundverhältnisse vorhanden sein als im Gutachten beschrieben. Der Gutachter ist zur Überprüfung der E_{v2} -Werte auf dem Erdplanum und der Frostschutzschicht und zur genauen Angabe von notwendigen Stabilisierungsmaßnahmen mit heranzuziehen.

Die Gründungssohlen der Fundamente als auch die Pfahlsohlen sind durch einen geotechnischen Sachverständigen abzunehmen und freizugeben.

13.6 Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung

Die Aushubmaßnahme ist durch eine verantwortliche Person fachtechnisch zu begleiten, um eine ordnungsgemäße Verwertung der Aushubmaterialien zu gewährleisten.

Die abfalltechnischen Empfehlungen in Kapitel 13.4 sind zu beachten. Für Aushubmaterialien $\leq$ Z1.2 ist im Vorfeld mit der geplanten Entsorgungsstelle und gegebenenfalls der zuständigen Fachbehörde abzustimmen, ob die vorliegenden in-situ-Ergebnisse für eine abfalltechnische Einstufung ausreichend sind.

Bei Nichtbeachtung der abfalltechnischen Empfehlungen kann es zu Bauverzögerungen und Kostenmehrungen kommen.

Bei der Beprobung über Haufwerke ist bei der Planung der Baustellenlogistik zu berücksichtigen, dass für die chemische Analytik ein Zeitaufwand von sechs bis sieben Werktagen benötigt wird. Bis zum Vorliegen der Analysenergebnisse darf dann das Haufwerk nicht mehr durch weitere Anschüttungen oder Abgrabungen verändert werden.

Die Untersuchungen erfolgten unter den im Bericht genannten Bedingungen auf Grundlage der zum Zeitpunkt der Untersuchung geltenden Kenntnisse, Vorschriften und Normen. Trotz sorgfältiger Vorgehensweise kann das Vorhandensein weiterer schadstoffhaltiger Materialien nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung aufgrund nicht identifizierter schadstoffhaltiger Materialien wird ausgeschlossen.

Ergeben sich im Zuge der Erdbauarbeiten Hinweise auf weitere Schadstoffbefunde wird empfohlen, GMP hinzuziehen.


Dr.-Ing. H.-J. Franke
(Geschäftsführer)




M. Sc. Geoökologie S. Weber
(Projektleiter Umwelttechnik)

Verteiler:

Landratsamt Aschaffenburg, Herrn Friess (1x Papierform, 1x digital)
Obermeyer, Planen + Beraten GmbH, Herrn Vornberger (1x digital)