

Ortsumgehung Pflaumheim, AB1/AB3

Geotechnischer Bericht

Ort: Pflaumheim
Auftraggeber: Landratsamt Aschaffenburg
Projektleiter: Dr. Ing. H.-J. Franke
GMP-Projektnr.: 221246\g8 Fr\fr
Datum: 21.07.2022

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
DAkkS-Akkreditierungsnr.
D-PL-14479-01-00

Unterlagen: Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Aschaffenburg:

- /1/ Lageplan, M = 1:5.000, Stand 07.07.2009
- /2/ Höhenpläne, M = 1:5.000/500, Stand 31.07.2009

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG:

- /3/ GMP-Gutachten 209270 g3, v. 24.06.2010
- /4/ GMP-Gutachten 213249-g8 vom 25.08.2014
- /5/ GMP-Gutachten 221246-g7 vom 18.03.2022

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:

- /3/ Merkblatt 3.4/1, Stand 20.03.2001

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/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 09.07.2021
- /6/ 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:

- /7/ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“, Stand: November 2017
- /8/ 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 = 1:2.500
 3. Längsschnitte mit Tiefenprofilen und Rammdiagrammen, M. 1:1.000, 1:100
 4. Dokumentation der Aufschlusspunkte
 5. Dokumentation der Aufschlussbohrungen
 6. Entnommene Bodenproben Geotechnik
 7. Entnommene Bodenproben Umwelt
 8. Zusammenstellung der Laborversuche
 9. Bestimmung der Kornverteilung n. DIN 18123, DIN EN 17892-4
 10. Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122, Teil 1, DIN EN 17892-12
 11. Bestimmung der Proctorkurven nach DIN 18127
 12. Bestimmung der Zusammendrückbarkeit n. DIN 18135
 13. Bestimmung der direkten Scherfestigkeit n. DIN 18137
 14. Bestimmung der Druckfestigkeit an Natursteinen nach DIN EN 1926:2006
 15. Bestimmung einaxiale Druckfestigkeit gem. Empfehlung DGGT, DIN 18141-1
 16. Bestimmung Abrasivität Festgestein n. NF- P 94-430
 17. Bestimmung Abrasivität Lockergestein n. NF- P 18-579
 18. Bestimmung der Veränderlichkeit n. DIN EN ISO 14689-1
 19. Körnungsbänder nach DIN EN 17892-4
 20. Setzungsberechnungen PLAXIS

Anhang:

Prüfbericht AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg:

- Prüfbericht 3241169 vom 24.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239867 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239869 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239870 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239871 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239872 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239873 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239874 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239875 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239882 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239883 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239884 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239885 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239886 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239887 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239888 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239889 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3242356 - 239890 vom 27.01.2022
- Prüfbericht 3243042 - 241840 vom 31.01.2022
- Prüfbericht 3243042 - 241850 vom 31.01.2022
- Prüfbericht 608645 vom 02.06.2010
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110347 vom 08.08.2014
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110353 vom 08.08.2014
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110354 vom 08.08.2014
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110355 vom 08.08.2014
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110358 vom 08.08.2014
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110360 vom 08.08.2014
- Prüfbericht 1181521 / 3 – 110361 vom 08.08.2014

CLG - Chemisches Labor Dr. Graser, Schonungen:

- Prüfbericht 21/10/2137311 vom 15.10.2021
- Prüfbericht 21/10/2140017 vom 08.11.2021
- Prüfbericht 21/10/2140018 vom 08.11.2021

Projektdokumentation:

Datum	Index	Thema	Gez.	Gepr.
21.07.2022		Homogenbereiche eingearbeitet, Dimensionierung RSV; Überschüttung, Vertikaldrains	Ms	Fra

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang	7
2. Örtliche Verhältnisse und geplante Baumaßnahme	7
2.1 Geplante Baumaßnahme	7
2.2 Geotechnische Kategorie und Erdbebenzone.....	8
2.3 Erdbeben	8
2.4 Frosteinwirkung.....	8
2.5 Schutzgebiete.....	8
3. Untergrunderkundung	9
3.1 Geotechnische Untersuchungen	9
3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte	10
4. Probenahme	10
4.1 Geotechnische Probenahme	10
4.2 Umwelttechnische Untersuchung.....	11
5. Geologische Verhältnisse	11
6. Untergrundverhältnisse	11
6.1 km 0+000 bis 3+050	12
6.1.1 Oberboden	12
6.1.2 Schwarzdecken	12
6.1.3 Mineralischer Unterbau.....	13
6.1.4 Auffüllungen (A)	14
6.1.5 Löss/Lösslehm, Auelehm (qu).....	14
6.1.6 Sande und Tone (t).....	15
6.2 km 3+050 bis km 4+250	15
6.2.1 Oberboden	15
6.2.2 Löss, Lösslehm (qu).....	15
6.2.3 Hang- und Verwitterungsschutt (qu).....	16
6.2.4 Unterer Buntsandstein	16
7. Hydrogeologische Verhältnisse	16
8. Laborversuche.....	18
8.1 Geotechnische Versuche	18
8.2 Grundwasserchemismus	19
8.3 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen.....	19
8.3.1 Bewertungsgrundlage.....	19
8.3.2 Durchgeführte Untersuchungen.....	20
8.3.3 Analysenergebnisse.....	21
8.3.3.1 Asphaltdeckenkerne.....	21
8.3.3.2 Bodenmaterial	22

9.	Charakteristische Bodenkennwerte	25
10.	Geotechnische Empfehlungen Neubau AB1/AB3.....	26
10.1	Geländeeinschnitte.....	26
10.2	Dammlage	28
10.2.1	Dammaufstandsflächen.....	28
10.2.2	Dammbaumaterial und Anforderungen	29
10.2.3	Besondere Maßnahmen, km 2+050 – 2+350	30
10.3	Planum Straße geländegleich, Einschnitt.....	38
10.3.1	Tragfähigkeit des Planums.....	38
10.3.2	Beurteilung der Frostsicherheit	39
10.4	Geotechnische Empfehlungen Breitfeldstraße	39
11.	Besondere Maßnahmen im Wasserschutzgebiet.....	40
12.	Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen	41
12.1	Asphaltdeckenkerne.....	41
12.2	Bodenmaterialien.....	42
13.	Hinweise für die Bauausführung	43
14.	Homogenbereiche	44
14.1	Geotechnische Klassifizierung	44
14.2	Schichteinteilung	44
14.3	Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320	45
14.3.1	Boden.....	46
14.3.2	Fels.....	47
15.	Zusammenfassung und Empfehlungen	48
15.1	Zusammenfassung	48
15.2	Planungsempfehlungen.....	48
15.3	Empfehlungen zur weiteren Erkundung	48
15.4	Hinweise für Planung, Ausschreibung und Durchführung der Entsorgungsmaßnahmen	48
15.5	Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung	50
15.6	Empfehlungen zur umwelttechnischen Überwachung	50

1. Vorgang

Die Obermeyer Planen + Beraten GmbH, Aschaffenburg, plant für den Landkreis Aschaffenburg den Bau der Entlastungsstraße AB 1/AB 3 südlich von 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 die grundbautechnische Beratung ausschließlich für den Ausbau der Straße gemäß der vorgelegten Planungsvariante. Die geotechnischen Berichte für die erforderlichen Brückenbauwerke werden separat vom Streckengutachten erstellt. Für den Rückbau der AB 3 wurde ein separater Bericht erstellt /5/.

2. Örtliche Verhältnisse und geplante Baumaßnahme

2.1 Geplante Baumaßnahme

Der geplante Streckenverlauf ist im Übersichtslageplan der Anlage 1 sowie im Lageplan der Aufschlüsse der Anlage 2 dargestellt.

Nach den vorliegenden Planunterlagen weist die geplante Umgehung West eine Länge von ca. 4,25 km auf. Die Entlastungsstraße ist zweistreifig mit Dammkronen bzw. Kronenbreiten von 10,5 m geplant. Die Böschungen sollten eine Neigung von 1:1,5 nicht übersteigen.

Im geplanten Trassenverlauf zweigt die Verbindungsstraße zwischen Großostheim und Pflaumheim (AB 1) vor dem nordöstlichen Ortsrand in westlicher Richtung ab, umgeht Pflaumheim in einem Abstand von ca. 1 km parallel zum Ortskern Pflaumheim und schließt an die Verbindungsstraße AB 3 in nordöstlicher Richtung an.

Die geplante Trasse überquert unter anderem die Breitfeldstraße, den Dürrbach, den Mühl- und den Pflaumbach, den Grundgraben sowie einen Feldweg. Die für die Querung vorgesehenen Bauwerke werden in einem gesonderten Gutachten berücksichtigt.

Die genauen Höhenlagen der Trasse können den Längsschnitten der Anlagen 3.1 - 3.6 entnommen werden.

Die für die Bebauung vorgesehene Fläche wird derzeit landwirtschaftlich genutzt.

2.2 Geotechnische Kategorie und Erdbebenzone

Nach DIN 1045 und DIN 4020 gehört die Baumaßnahme aufgrund der Sonderbaumaßnahmen in die geotechnische Kategorie GK III.

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 I. Nach den Frostindizes der Jahre 1962/63 ist eine Frosteinringtiefe von 70 - 80 cm zu erwarten.

2.5 Schutzgebiete

Mit der geplanten Trasse wird das festgesetzte Trinkwasserschutzgebiet für die Trinkwasserversorgung der Stadt Aschaffenburg (Schutzzone IIIB) gequert. Darüber hinaus verläuft die Straße innerhalb der Schutzzone III, nahe an der Schutzzone II des festgesetzten Trinkwasserschutzgebietes für den Brunnen Pflaumheim (Schutzverordnung vom 22.07.1976).

Die Trasse liegt auf folgenden Abschnitten im Trinkwasserschutzgebiet:

Tabelle 1: Abschnitte Trinkwasserschutzgebiet

Bau-km	Trinkwasserzone
0+000 bis 0+575	IIIB
0+575 bis 1+390	III
2+350 bis 4+040	IIIB

3. Untergrunderkundung

3.1 Geotechnische Untersuchungen

Für die Durchführung der Aufschlüsse im Wasserschutzgebiet wurde mit Datum vom 02.08.2021 beim Landratsamt Aschaffenburg eine wasserrechtliche Genehmigung beantragt.

Im Rahmen der Untersuchungen im Jahr 2021 wurden im Bereich der Brückenbauwerke ergänzende Aufschlussbohrungen durchgeführt. Im Bereich der Breitenauer Straße, der Querung Dürrbach (BW 2), des Kreisverkehrs am km 2+490 wurden Kleinbohrungen ausgeführt. Für den Rückbau der AB3 und der Kreuzungen wurden separate Erkundungen durchgeführt und dargestellt /5/.

Die Position der vorhandenen und neuen Erkundungen ist im Lageplan der Anlage 2 dargestellt. Insgesamt wurden 8 neue Baugrundaufschlussbohrungen und 15 Kleinbohrungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in ingenieurgeologischen Längsschnitten in Anlage 2 und 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.

3.2 Einmessung der Aufschlusspunkte

Nach Abschluss der Erkundungsarbeiten wurden die Aufschlüsse sowohl durch die ausführenden Bohrfirmen Behringer & Dittmann und Terrasond als auch GMP eingemessen.

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 6 entnommen werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Anlage 8 zusammengestellt.

4.2 Umwelttechnische Untersuchung

Aus den Aufschlüssen wurden Asphaltdeckenkerne sowie Boden-/Materialproben für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommen, im GMP-Labor gesichtet und abfalltechnisch beurteilt. Bodenfremde Bestandteile wurden an folgenden Aufschlüssen angetroffen:

- RKS 3 (Ziegel, Schwarzdecke, Beton)
- RKS 20 (Schlacke)

Zum Zeitpunkt der Probenahme wurden keine geruchlichen Auffälligkeiten festgestellt.

Die untersuchten Asphaltdeckenkerne mit durchgeführter Analytik sind in Tabelle 1 der Anlage 7 aufgeführt.

In der Tabelle 2 der Anlage 7 sind die für orientierende abfalltechnische Untersuchungen entnommenen Boden-/Materialproben mit der Angabe der Verwendung für die Mischprobenerstellung sowie der durchgeführten Analytik zusammengestellt.

5. Geologische Verhältnisse

Nach der Geologischen Karte von Bayern, Blatt 6020 Aschaffenburg, ist im Untersuchungsbereich überwiegend Lösslehm und Löss vorhanden, der von Sanden und Kiesen unterlagert wird. Lediglich im Südosten von Pflaumheim verläuft die Trasse über Gesteine des Unteren Buntsandstein, die von Löss und Verwitterungsschutt abgedeckt werden.

6. Untergrundverhältnisse

Im Nachfolgenden werden die Untergrundverhältnisse nur bis in eine Tiefe von ca. 3,0 - 4,0 m unter geplanter Straßenoberkante beschrieben. Die darunter anstehenden Schichten sind für den Bau der Strecke irrelevant.

Nach dem Ergebnis der Baugrunderkundung ist im Untersuchungsbereich überwiegend Löss und Lösslehm vorhanden, der von Mutterboden überlagert wird. Im Bereich der bestehenden Straßen wurden oberflächennah Auffüllungen sowie der Straßenoberbau aufgeschlossen.

Südöstlich der Maßnahme, ab Bau-km ca. 3+900, steht Festgestein des Unteren Buntsandstein an, das von Verwitterungsschutt überlagert wird.

Die genaue Schichtenfolge kann den Tiefenprofilen der Anlage 3 entnommen werden.

6.1 km 0+000 bis 3+050

6.1.1 Oberboden

In den Aufschlüssen wurde, mit Ausnahme der Sondierung RKS 10/13, Oberboden mit einer Mächtigkeit von ca. 0,5 - 0,4 m aufgeschlossen. Oberer Boden wird nach DIN 4023 mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

6.1.2 Schwarzdecken

Bei den Aufschlüssen auf den bestehenden Straßen mussten zunächst die Schwarzdecken durchkernt werden. Der Schichtaufbau ist in der nachfolgenden Tabelle erläutert:

Tabelle 2: Schichtdicken der erkundeten Schwarzdecke

Aufschluss	Gesamtdicke [cm]	Schichtstärke [cm]	Sensorik	Bemerkung
RKS 1	25,0	4,0 Deckschicht 10,0 Tragschicht 5,5 Deckschicht (alt) 5,5 Tragschicht		
RKS 2	17,0	3,0 Deckschicht 14,0 Tragschicht		
RKS 3	15,0	3,0 Deckschicht 12,0 Tragschicht		
RKS 4	22,0	4,0 Deckschicht 10,0 Tragschicht 8,0 Tragschicht		
RKS 5	10,0	3,5 Deckschicht 6,5 Tragschicht		
RKS 6	7,0	2,5 Deckschicht 4,5 Tragschicht		

Aufschluss	Gesamtdicke	Schichtstärke	Sensorik	Bemerkung
	[cm]	[cm]		
RKS 7	15,5	3,0 Deckschicht 12,5 Tragschicht		
RKS 8	16,0	11,0 Deckschicht 5,0 Tragschicht		
RKS 9	8,0			
RKS 10	8,0			---
RKS 19	23,0	3,0 Deckschicht 13,0 Tragschicht 7,0 Tragschicht	unauffällig	---
RKS 10/10	21,0	9,0 Tragschicht 2,0 Deckschicht (alt 10,0 Tragschicht	unauffällig	---
RKS 20	24,0	10,0 Deckschicht 1,5 Deckschicht (alt) 12,5 cm Tragschicht	unauffällig	---

6.1.3 Mineralischer Unterbau

Die Schichtdicken und die Zusammensetzung des mineralischen Unterbaus an den einzelnen Aufschlüssen wurden wie folgt festgestellt

Tabelle 3: Schichtdicken des mineralischen Unterbaus

Aufschluss	Stärke [m]	Zusammensetzung	Bemerkung
RKS 1	0,65	G, s	
RKS 2	0,48	S	35,0 cm verfestigt
RKS 3	0,50	S	15,0 cm verfestigt, Rollierung ab 0,65 m – 0,95 m
RKS 4	0,93	G, s	
RKS 5	0,35	S	14,0 cm verfestigt
RKS 6	0,53	G, s	
RKS 7	0,44	S, g'	10,0 cm verfestigt
RKS 8	0,29	G, s	
RKS 9	0,42	X	Rollierung
RKS 10	0,32	X	Rollierung
RKS 19	0,97	G, s*	---
RKS 10/10	0,60	G, s	Ab 95,0 alte auffällige Schwarzdecke
RKS 20	0,46	G, s*	---

6.1.4 Auffüllungen (A)

Unter den mineralischen Unterbau folgen weitere Auffüllungen, die wie folgt angetroffen wurden:

Tabelle 4: Schichtdicken Auffüllungen

Aufschluss	Stärke [m]	Zusammensetzung	Bemerkung
RKS 1	-		
RKS 2	1,35	U, g, t+S, g	
RKS 3	1,05	U, fs, g	2% Ziegel 3% Schwarzdecke, 5% Beton
RKS 4	0,80	U, s, g	
RKS 5	-		
RKS 6	-		
RKS 7	0,60	U, fs + S, g*	
RKS 8	-		
RKS 9	0,60	S, x	Sst-Abraum
RKS 10	0,50	S, x	Sst-Abraum
RKS 19	0,30	U, fs	
RKS 10/10	0,15	U, fs	Ab 95,0 alte auffällige Schwarzdecke
RKS 20	0,90	U, fs*	1% Schlacke

6.1.5 Löss/Lösslehm, Auelehm (qu)

Unter den Auffüllungen bzw. dem Oberboden folgt in allen Aufschlüssen bis zu den Aufschlussendtiefen bzw. bis mindestens 3,0 m unter geplanter Straßenoberkante Löss, der bereits überwiegend zu Lösslehm verwittert ist (Kurzzeichen: Lö/Löl) und Auelehme. Die Aue- und Lösslehme wurden oberflächennah in steifer Konsistenz angetroffen. Darunter sind weiche und breiige Konsistenzen im Bereich des BW 45a und 4b vorhanden. Die Mächtigkeiten der Lehme wurden in den Aufschlussbohrungen zwischen 6,75 m und über 20,0 m ermittelt. In den Auelehmen können wasserführende kiesige Lagen auftreten.

Die leichten Rammsonden ergaben in dem Löss bzw. Lösslehm Schlagzahlen im Mittel $N_{10,DPL} = 5 - 10$, die schweren Rammsonden $N_{10,DPH} = 3 - 8$. Die Schlagzahlen liegen damit teils unter den Erfahrungswerten für steifen Löss und Lehm, was auf eine hohe Wasser- und Strukturempfindlichkeit hindeutet.

6.1.6 Sande und Tone (t)

Unter den quartären Lehmen folgen tertiäre Sande und Tone. Die Sande bestehen aus Sand mit schluffigen Beimengungen, die Tone aus Ton mit sandigen und schluffigen Beimengungen. Die Sande sind in der Regel dicht bis sehr dicht gelagert und die Tone weisen eine mindestens steife bis halbfeste Konsistenz auf.

6.2 km 3+050 bis km 4+250

6.2.1 Oberboden

In den Aufschlüssen wurde zunächst der Oberboden mit einer Stärke von 0,2 - 0,4 m aufgeschlossen.

6.2.2 Löss, Lösslehm (qu)

Unter dem Oberboden folgt Lösslehm. Dieser besteht aus Schluff mit schwachen sandigen Beimengungen. Die Mächtigkeit wurde an den Baugrundaufschlüssen zwischen 0,90 m und 9,50 m ermittelt.

Mit der leichten Rammsonde werden im Bereich der Schluffe und schluffigen Sande mittlere Schlagzahlen $N_{10,DPL} = 5$, mit der schweren Rammsonde $N_{10,DPH} = 2 - 3$ erreicht. Die Schlagzahlen liegen damit unter den Erfahrungswerten für Lehme von steifer Zustandsform, was auf eine hohe Strukturempfindlichkeit hindeutet.

Im Bereich der halbfesten bis festen Lehme erreichen die Schlagzahlen der leichten Rammsonde DPL 18 Werte $N_{10,DPL} = 20$, was hier die Bodenansprache bestätigt.

6.2.3 Hang- und Verwitterungsschutt (qu)

Unterhalb der Lösslehme folgen Hangsande, Hang,- und Verwitterungsschutt. Diese bestehen aus reinen Sanden sowie Kiesen mit sandigen und steinigen Beimengungen.

Der Hangschutt ist mitteldicht gelagert.

6.2.4 Unterer Buntsandstein

Ab dem km 3,300 (BW 5) sind keine tertiären Schichten mehr anzutreffen und es tritt der Fels des Unteren Buntsandstein auf. Es handelt sich um sehr dünn bis dünn geschichtete, mittel- bis weitständig geklüftete und verwitterte bis unverwitterte Sandsteine.

Ab dem km 4+030 ist damit zu rechnen, dass der Fels oberflächennah ansteht.

Die leichten Rammsonden kamen unmittelbar auf dem anstehenden Fels mit Schlagzahlen $N_{10} > 100$ fest.

7. Hydrogeologische Verhältnisse

Bei der Baugrunderkundung wurden folgende Grundwasserspiegel erkundet:

Tabelle 5: gemessene Grundwasserspiegel

Aufschluss	Tiefe [m u.GOK]	Tiefe [m NHN]	Abstand Gradiente [m]	Bemerkung
KB 1	14,64	132,31	ca. 20,20	
BK 6/10	11,00	133,75	ca.15,30	
KB 2	12,00	132,68	ca.16,40	
BK 7/10	10,95	134,11	k.A.	
KB 3	19,49	148,11	ca.12,19	
BK 11/10	8,60	138,08	ca.10,00	
BK 12/10	5,20	141,30	ca.6,77	
RKS 9/10	1,30	144,40	ca. 4,18	schwebender GW-Spiegel

Aufschluss	Tiefe [m u.GOK]	Tiefe [m NHN]	Abstand Gradiente [m]	Bemerkung
BK 13/10	6,00	139,55	ca.9,12	
KB 2/13	4,50	140,99	ca.7,58	
BK 14/10	6,90	139,15	ca.9,38	
KB 4	6,94	138,86	ca.9,50	
KB 3/13	8,82	136,82	ca.11,58	
KB 4/13	6,25	139,06	ca. 9,15	
KB 5/13	4,87	140,34	ca.7,56	
KB 6/13	3,73	141,43	ca. 5,69	
KB 5	6,59	138,58	ca. 8,54	
BK 15/10	3,75	141,40	ca. 6,03	
BK 16/10	7,40	138,33	ca. 8,86	
RKS 10/10	2,80	145,72	ca. 2,60	schwebender GW-Spiegel
RKS 11/10	1,70	146,31	ca.3,07	schwebender GW-Spiegel
BK 17/10	8,20	149,56	ca. 4,44	
RKS 13/10	1,30	169,93	ca. 3,07	schwebender GW-Spiegel

Die hier angetroffenen schwebenden Grundwasserhorizonte werden temporär bei den Ertüchtigungsmaßnahmen des Planums wahrscheinlich entwässert.

Der Wasserandrang aus den temporären Grundwasserhorizonten ist von den jeweiligen Witterungsverhältnissen abhängig. In oder nach länger anhaltenden Nässeperioden muss mit einem deutlich erhöhten Grundwasserstand und -andrang gerechnet werden, während nach einer länger anhaltenden Trockenperiode der Wasserandrang sehr stark zurückgehen kann. Schwebende Grundwasserhorizonte werden vor allem am Top des gering durchlässigen Lösslehm auftreten.

8. Laborversuche

8.1 Geotechnische Versuche

Die Versuche wurden im Jahr 2009 und 2013 nach den damals gültigen Normen ausgeführt. An den in diesem Jahr entnommenen Proben wurde die jeweils aktuellste Norm angewendet.

Tabelle 6: Normung Laborversuche und Auswertung

Art	Versuch	Norm	Ausgabe	Anlage	Anzahl. (neu)
Boden	Bestimmung des Wassergehalts	DIN EN ISO 17892 - 1	03-2015	8	26
	Bestimmung der Korngrößenverteilung	DIN 18123, DIN EN ISO 17892 - 4	1996, 04-2017	9	10
	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen	DIN 18121-1, DIN EN ISO 17892 - 12	1998, 10-2018	10	5
	Bestimmung der Proctorkurven	DIN 18127	2006	11	-
	Bestimmung der Zusammendrückbarkeit	DIN 18135	1998	12	-
	Bestimmung der direkten Scherfestigkeit	DIN 18137	1990	13	-
	Bestimmung Abrasivität Lockergestein	NF P 18-579		17	8
	Klassifizierung	DIN 18196	05-2011	8	
Fels	Bestimmung der Druckfestigkeit an Natursteinen	DIN EN 1926	2006	14	-
	Bestimmung einaxiale Druckfestigkeit	Empfehlung DGGT AK11, DIN 18141-1	1975,2014	15	4
	Bestimmung Abrasivität Festgestein	NF P 94-430		16	4
	Bestimmung Veränderlichkeit	DIN EN ISO 17892-4	2017	18	1
Wasser	Betonaggressivität	DIN 4030-1	06-2008	Anhang	

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 8 zusammengefasst. Eine detaillierte Dokumentation der jeweiligen Versuche ist in den Anlagen 9 bis 18 beigelegt.

8.2 Grundwasserchemismus

Zur Beurteilung des Betonangriffsgrades wurde im Oktober 2021 jeweils eine Grundwasserprobe entnommen und vom CLG - Chemisches Labor Dr. Graser, Schonungen 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 7: Untersuchungsergebnisse der Grundwasseranalyse

Aufschluss	Probenahmetiefe [m u. GOK]	Prüfbericht	Betonangriff	Parameter
KB 1/21	11,50	21/10/2137311	XA 0 nicht angreifend	--
KB 4/21	8,48	21/10/2140017	XA 0 nicht angreifend	
KB 5/21	8,00	21/10/2140018	XA 0 nicht angreifend	--

8.3 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

8.3.1 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
- Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 09.07.2021 /5/
Nachfolgend: DepV
- Arbeitskreis Umweltfragen: RuVA-StB 01: „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbauasphalt mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ /6/
Nachfolgend: RuVA-StB 01

- Bayerisches Landesamt für Umwelt: Merkblatt „Beprobung von Boden und Bauschutt“ /7/, 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 /8/
Nachfolgend: LfU-Merkblatt 3.4/1

8.3.2 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 Proben-sichtung 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 7 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. 70 - 130 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.

8.3.3 Analysenergebnisse

8.3.3.1 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 8: 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 1 (0,0 – 0,25 m)	0,71	0,06	<0,01	①	A
RKS 2 (0,0 – 0,17 m)	1,3	0,23	<0,01	①	A
RKS 3 (0,0 – 0,15 m)	0,36	0,06	<0,01	①	A
RKS 4 (0,0 – 0,27 m)	0,29	<0,05	<0,01	①	A
RKS 5 (0,0 – 0,10 m)	1,5	0,11	<0,01	①	A
RKS 6 (0,0 – 0,07 m)	0,59	0,06	<0,01	①	A
RKS 7 (0,0 – 0,155 m)	1,4	0,17	<0,01	①	A
RKS 8 (0,0 – 0,16 m)	0,5	0,05	<0,01	①	A
RKS 19 (0,0 – 0,23 m)	0,12	<0,05	<0,01	①	A
RKS 20 (0,0 – 0,24 m)	0,36	<0,05	<0,01	①	A
RKS 10/10 (0,0 – 0,21 m)	15,2	2,5	<0,01	②	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 Ausbausemment 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: Ausbausemment Verwertungsklasse A (PAK ≤ 25 mg/kg)
- B,C: Ausbaustoffe mit teer-/pechtypischen Bestandteilen,
Verwertungsklassen B,C (PAK > 25 mg/kg)

8.3.3.2 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 Anlage 2 + 3).

Tabelle 9: Orientierende abfalltechnische Einstufung von Aushubmaterialien

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
MP 1 Knotenpkt. KP4 RKS 2 + 4 (0,27 – 1,2 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, stark schluffig, sandig, schwach tonig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z1.1	PAK 3,58 mg/kg [pH (E) 9,5] ²	Ja (Grundwasserabstand > 1 m)
MP 2 Knotenpkt. KP4 RKS 1 – 3 (0,15 – 0,9 m)	<u>Auffüllung:</u> Sand, kiesig, sehr schwach schluffig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z0	[pH (E) 9,5] ²	Ja (Gesamte Baumaßnahme)
MP 3 Knotenpkt. KP4 RKS 3 (0,65 – 2,0 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, kiesig, sandig, steinig, tonig <u>Fremdbestandteile:</u> 3% Beton, 2% Schwarzsdecke, 1% Ziegel	Z1.1	PAK 1,93 mg/kg	Ja (Grundwasserabstand > 1 m)
MP 4 Knotenpkt. KP4 RKS 2 + 4 (1,0 – 2,0 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, sandig, schwach kiesig, sehr schwach tonig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	>Z2	Chlorid 33 mg/l	Nein
MP 5 Kreisv. Bauanfang RKS 6 + 8 (0,07 – 0,6 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, sandig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z0	--	Ja (Gesamte Baumaßnahme)

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
MP 6 Kreisv. Bauanfang RKS 8 (0,45 – 0,6 m)	<u>Nat. Untergrund:</u> Löss / Schluff, feinsandig, tonig	Z0	[pH (E) 9,1] ²	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 7 Kreisv. Bauanfang RKS 7 (0,16 – 0,25 m)	<u>Auffüllung:</u> Sand (verfestigt) <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z1.2	Chlorid 15 mg/l Sulfat 72 mg/l pH (E) 8,9	Ja (über > 2 m dichter Deckschicht aus Ton/Lehm/Schluff, Grundwasserab- stand > 1 m)
MP 8 Kreisv. Bauanfang RKS 5 + 7 (0,24 – 0,6 m)	<u>Auffüllung:</u> Sand, kiesig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z0	[pH (OS) 8,2 pH (E) 9,6] ²	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 9 Kreisv. Bauanfang RKS 7 (0,6 – 1,8 m)	<u>Auffüllung:</u> Sand, stark schluffig, stark kiesig, sehr schwach tonig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z2	Chlorid 21 mg/l	Ja (Unter dichter Deck- schicht, Grundwas- serabstand > 1 m)
MP 10 Kreisv. Bauanfang RKS 5 (0,5 – 1,5 m)	<u>Nat. Untergrund:</u> Löss / Schluff, feinsandig, schwach kiesig, schwach tonig	Z0	[pH (OS) 8,1 pH (E) 9,4] ²	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 20 Kreisv. Km 2+500 RKS 19 + 20 (0,23 – 1,2 m)	<u>Auffüllung:</u> Kies, stark sandig, schluffig <u>Fremdbestandteile:</u> ohne	Z0	[pH (E) 9,2] ²	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 21 Kreisv. Km 2+500 RKS 19 + 20 (0,7 – 1,6 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, stark sandig, schwach kiesig, schwach tonig <u>Fremdbestandteile:</u> 1% Schlacke	Z2	PAK 15,8 mg/kg BAP 1,7 mg/kg	Ja (Unter dichter Deck- schicht, Grundwas- serabstand > 1 m)
MP 1 RKS 1/13-3/13 Abschnitt 0+000 bis 0+300 (0,4 – 3,0 m)	<u>Natürlicher Untergrund:</u> Schluff, sandig, tonig (Löss/Lösslehm)	Z 0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)

Probe (Entnahmetiefe)	Material	Orientierende abfalltechnische Einstufung		Verwertung vor Ort (Einbaubereich) ¹
		LAGA M 20 (Boden)	maßgebl. Parameter	
MP 2 RKS 4/13 + Sch 3/13,4/13 Abschnitt 1+000 bis 1+200 (0,0 – 4,0 m)	<u>Natürlicher Untergrund:</u> Schluff, sandig, tonig (Löss/Lösslehm)	Z 0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 3 RKS 5/13 + Sch 5/13,6/13 Abschnitt 1+400 bis 2+000 (0,0 – 4,0 m)	<u>Natürlicher Untergrund:</u> Schluff, sandig, tonig (Löss/Lösslehm)	Z 0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 4 Sch 8/13+ RKS 6/13 Abschnitt 2+600 bis 2+800 (0,0 – 3,6 m)	<u>Natürlicher Untergrund:</u> Schluff, sandig, tonig	Z 0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 6 KB 7/13+KB8/13 Abschnitt 3+300 (2,0 – 4,5 m)	<u>Natürlicher Untergrund:</u> Schluff, sandig, tonig (Löss/Lösslehm)	Z 0	--	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
RKS 8/13 Abschnitt 4+000 (0,9 – 1,7 m)	<u>Natürlicher Untergrund:</u> Schluff, sandig, tonig	Z0 [>Z 2]	[KW 2.400 mg/kg*]	Ja (Gesamte Baumaß- nahme)
MP 5 KB 8/13 Abschnitt 3+300 (0,3 – 2,3 m)	<u>Auffüllung:</u> Schluff, sandig, tonig <u>Fremdbestandteile:</u> <1% Ziegelreste	Z 0	--	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)

BAP: Benzo(a)pyren (PAK Einzelstoff)

MKW: Mineralölkohlenwasserstoffe (Summe C10 – C40)

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

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

*: Die Kohlenwasserstoffgehalte sind voraussichtlich auf organische Bestandteile zurückzuführen

9. Charakteristische Bodenkennwerte

Für die in den Aufschlüssen erkundeten Schichten können nach den Ergebnissen der Laborversuche und den Erfahrungen des Gutachters die in nachfolgender Tabelle 10 angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte den geotechnischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

Tabelle 10: Charakteristische Bodenkennwerte

	Baugrund	Boden- gruppe DIN 18196	Feucht- wichte / Wichte unter Auftrieb γ / γ' [kN/m ³]	Rei- bungs- winkel ϕ' [°]	Kohäsion		Steifemodul 1) (min - max) Es [MN/m ²]
					cal c' [kN/m ²]	cal c _u [kN/m ²]	
A	Auffüllung	---	19,0/9,0	30,0 ²⁾	---	---	15 - 20
qu	Löss	TL//ST	19,0/9,0	27,5	10,0	50,0	10 - 15
	Aue, Lösslehm	TL, SU/ST	19,5/9,5	25,0	10,0	75,0	10 - 15
	Hangsand, Hang- /Verwitterungsschutt	GU/SU	20,0/10,0	32,5	---	---	30 - 40
t	Sande und Lehme	TM/SU	19,5/9,5	27,5/32,5	7,5/--	150,0/--	25 -50
su	Sandstein verwittert	-	21,0/11,0	37,5	75,0	--	150,0

¹⁾ In Abhängigkeit vom Spannungsbereich

²⁾ Ersatzreibungswinkel

10. Geotechnische Empfehlungen Neubau AB1/AB3

10.1 Geländeeinschnitte

Relevante Einschnitte werden in folgenden Bereichen hergestellt:

Tabelle 11: Übersicht Geländeeinschnitte

Beginn	Ende	Tiefe [m]	Aufschlüsse
0+900	1+110	2,50	BK 5/10, RKS 4/13
1+370	1+854	7,00	RKS 7/10, Sch 3/10, KB 3/22, KB 1/13, BK 8/10, BK 9/10, RKS 5/13, Sch 4/10, BK 10/10
2+660	2+870	2,50	BK 7/10, RKS 6/13
3+060	3+630	5,00	Sch 5/10, BK 18/10, KB 6/22, KB 7/13, KB 8/13, RKS 14/10, RKS 15/10

Herstellen der Böschung

Nach RAS-Q sollen Einschnitte und Dämme über 2,0 m Höhe eine einheitliche Böschungsneigung erhalten. Die Regelneigung beträgt 1:1,5. Ab einer Böschungshöhe von 5,0 m ist die Standsicherheit nachzuweisen, eventuell sind aus geotechnischer Sicht Bermen erforderlich.

Auf den Böschungen sollte nur eine dünne Oberbodenschicht (ca. 10 cm) aufgebracht werden, da sonst die Gefahr von Abrutschen der Deckschichten besteht. Der Oberboden sollte auf eine abgetreppte Böschungsoberfläche aufgebracht werden.

Der Ton- und Sandstein sollte frei von Bewuchs bleiben, da dieser die Aufwitterung des Gesteins beschleunigt und damit möglicherweise lokale oberflächennahe Instabilitäten begünstigt.

Schicht- und Sickerwasserzutritte aus der Böschung können nicht ausgeschlossen werden. Bei Antreffen von Wasseraustritten müsste ein Drainsystem gezielt zur schadlosen Ableitung des Wassers eingebaut werden.

Verwendbarkeit des Aushubmaterials

Der beim Aushub unter der 30 - 40 cm mächtigen Oberbodenabdeckung liegende Löss und Lösslehm ist nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung gut verdichtbar und kann für die Dammschüttung verwendet werden.

Dieses Material ist allerdings sehr wasserempfindlich. Das bedeutet, dass das Material möglichst umgehend nach Aushub wieder eingebaut werden muss. Bei einer gegebenenfalls erforderlichen Zwischenlagerung ist das Material sorgfältig abzudecken und vor Feuchtigkeitseinträgen zu schützen. Bei zu nassem Material wird gegebenenfalls eine hydraulische Stabilisierung erforderlich. Die Menge des Bindemittels ist durch Anlegen von ca. 3 - 4 Probefeldern und Ausführen von Plattendruckversuchen zu bestimmen. Vorab kann von ca. 2 - 3 Gew.-% an Bindemittelzugabe ausgegangen werden. Nach längeren Trockenperioden kann das Material so trocken sein, dass eine ausreichende Verdichtung nicht mehr möglich ist. Vor dem Einbau ist das Material auf Eignung zu überprüfen.

Die Sand- und Tonsteine des Unteren Buntsandstein sind ebenfalls als Dammschüttmaterial geeignet, solange diese ausreichend zerkleinert werden können. Der Felsaushub sollte bevorzugt im unteren Dammteil eingebaut werden.

10.2 Dammlage

Dammschüttungen werden in folgenden Abschnitten vorgesehen:

Tabelle 12: Übersicht Dammlagen

Beginn	Ende	Höhe [m]	Aufschlüsse	Besondere Maßnahmen
0+400	0+900	1,50	RKS/DPL 5/10, RKS/DPL 6/10, BK 3/DPH 3/10, BK 4/10, KB 1	---
1+110	1+370	5,5	BK 6/10, DPH 6/10, BK 7/10, DPH 7/10, RKS 7/10, DPL 7/10	---
1+900	2+500	4,0	BK 11/10, DPH 11/10, BK 12/10, DPH 12/10, RKS 9/10, DPL 9/10, BK 13/10, DPH 13/10, BK 14/10, DPH 14/10, KB 4, KB 3/13, KB 4/13, KB 5/13, KB 5, DPH 3/13, DPH 4/13, DPH 5/13, BK 15/10, BK 16/10	RSV, Vertikaldrain, Überschüttung
2+500	2+600	1,50	RKS 11/13, DPL 11/13	---
2+820	3+060	3,50	RKS 12/10, DPL 12/10, RKS 13/10, DPL 13/10	---
3+630	4+250	3,00	RKS 16/10, DPH 16/10, BK 19/10, DPH 19/10, BK 20/10, DPH 20/10, RKS 17/10, DPL 17/10, RKS 8/13 DPH 8/13, RKS 9/13, DPH 9/13, KB 8, KB 9, RKS 18/10, DPL 18/10, RKS 19/10, DPL 19/10	---

10.2.1 Dammaufstandsflächen

Die Aufstandsfläche der Dämme liegt nach Abschieben des Oberbodens überwiegend auf steifem Löss und Lösslehm.

Nach Abtragen des Mutterbodens sollte das Gefälle zunächst so profiliert werden, dass die Dammaufstandsfläche ein generelles Gefälle nach außen aufweist, um Wasseransammlungen unter dem Damm zu vermeiden.

Nach länger anhaltenden Nässeperioden können die bei der Baugrunduntersuchung im Planum der Straße angetroffenen Löss und Lösslehme eine geringe Konsistenz besitzen, dann muss eine Baugrundverbesserung mit Bindemittel durchgeführt werden.

10.2.2 Dammbaumaterial und Anforderungen

Für die Dammschüttung soll nach Möglichkeit das beim Einschnitt anfallende Material verwendet werden.

Dieses Material ist allerdings, wie bereits erwähnt, sehr wasserempfindlich. Möglichst umgehend nach dem Aushub ist das Material wieder einzubauen. Bei einer gegebenenfalls erforderlichen Zwischenlagerung ist das Material zwangsläufig abzudecken und vor Feuchtigkeitseinträgen zu schützen. Nach längeren Trockenperioden kann der Löss bzw. Lösslehm zu trocken sein, dass eine ausreichende Verdichtung nicht mehr möglich ist. Unmittelbar vor dem Einbau ist das Material auf Wiedereinbaufähigkeit zu prüfen. Im Hinblick auf die Wiedereinbaufähigkeit wurden an zwei Mischproben aus dem Löss und dem Lösslehm Proctorversuche durchgeführt. Bei den vorhandenen Wassergehalten sind überwiegend Verdichtungsgrade von ca. 98 - 100 % der einfachen Proctordichte möglich.

Zu trockenes Material muss durch die Zugabe von Wasser, zu nasses Material durch die Zugabe von Bindemittel verbessert werden. Die genauen Zugabemengen sind abhängig vom natürlichen Wassergehalt und müssen vor dem Einbau durch Eignungsprüfungen festgelegt werden. Die Bindemittelmenge wird vorab mit 2 - 3 Gew.-% abgeschätzt.

Die beim Anschnitt anfallenden verwitterten Sandsteine können für die Dammschüttung verwendet werden. Größere Steine müssten ausgesondert werden, da dieses Material nicht ausreichend hohlraumarm verdichtet werden kann. Inwieweit unverwitterter Fels wieder eingebaut werden kann, ist abhängig davon, wie grobstückig das Material beim Aushub gelockert und gelöst wird. Eine Entscheidung über eine mögliche Wiederverwendung sollte vor Ort bei Bauausführung erfolgen.

Um eine ausreichende Tragfähigkeit auf Höhe des Straßenplanums gewährleisten zu können, sollten die beim Einschnitt anfallenden Böden nur bis maximal 0,5 m unter OK Planum der Straße eingebracht werden.

Bei Verwendung von Fremdmaterial muss die Eignung des Dammbaumaterials vorab durch GMP untersucht werden. Geeignet wären beispielsweise steinig-kiesige Lehme und stark lehmiger Kies (z.B. Bodengruppe GU* nach DIN 18196). Für die Baustoffe sind folgende Voraussetzungen einzuhalten:

Das Einbaumaterial muss einen Wassergehalt aufweisen, der einen Einbau bis 1,0 m unter Planum mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} = 98 \%$ und darüber von $D_{Pr} = 100 \%$ ermöglicht. Der Luftporengehalt n_a muss $\leq 12 \text{ Vol.}\%$ sein. Die Einbaufähigkeit des Dammbaumaterials ist durch Proctorversuche vorab nachzuweisen.

10.2.3 Besondere Maßnahmen, km 2+050 – 2+350

Wir empfehlen im Abschnitt von ca. von 2+050 bis ca. 2+390 zusätzliche Maßnahmen zur Setzungsbeschleunigung bzw. Setzungsreduzierung vorzusehen.

Folgende Vorgehensweisen wurden simuliert:

1. Schüttung des Dammes in zwei Abschnitten, Wartezeit zwischen den Abschnitten 60 Tage, Überschüttung 1,0 m
2. Einbau von Vertikaldrains, Schüttung des Dammes in zwei Abschnitten, Wartezeit zwischen den Abschnitten 60 Tage, Überschüttung 1,0 m
3. Einbau von Rüttelstopfsäulen (RSV), Schüttung des Dammes.

Dazu wurde für das Aufschlussprofil KB 3/13 eine beispielhafte FE-Modellierung durchgeführt.

Zum Einsatz kam das FE Modell PLAXIS V22. Der Untergrund wurde mit den in Tabelle 13 dargestellten Stoffparametern berechnet. Zusätzlich wurden folgende Stoffmodelle mit den folgenden Parametern eingesetzt:

Tabelle 13: Eingesetzte Stoffparameter

Parameter	Damm- schüttung	RSV	Löss	Torf, Auelehme	Tertiär	Einh.
Modell	Hardening Soil	Hardening Soil	Hardening Soil	Softsoil	Hardening Soil	
Drained	Drained	Drained	Undrained	Undrained	Drained	
γ_{unsat}	20,0	18,5	19,5	17,5	19,5	[kN/m ³]
γ_{sat}	21,0	19,0	20,0	18,5	20,0	[kN/m ³]
E_{50}^{ref}	60,0	75,0	10,0	-	95,0	[MN/m ²]
$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	60,0	75,0	10,0	-	95,0	[MN/m ²]
$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	130,0	220,0	30,0	-	250,0	[MN/m ²]
m	0,5	0,5	0,5	-	0,5	-
C_c	-	-	-	0,25	-	-
C_s	-	-	-	0,10	-	-
c'_{Ref}	1,0	1,0	5,0	5,0	7,5	[kN/m ²]
ϕ'	35,0	37,5	25,0	25,0	30,0	[°]
Ψ	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	[°]
K	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	[m/s]

Als wichtiges Maß für die Konsolidierung ist die Entwicklung des Porenwasserüberdrucks. Erst wenn der Porenwasserüberdruck vollständig abgebaut ist, erfolgt die Kraftübertragung über das Korngerüst und die Setzungen sind abgeschlossen.

Der zeitliche Verlauf der Porenwasserüberdrücke für die drei o.g. Simulationen ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

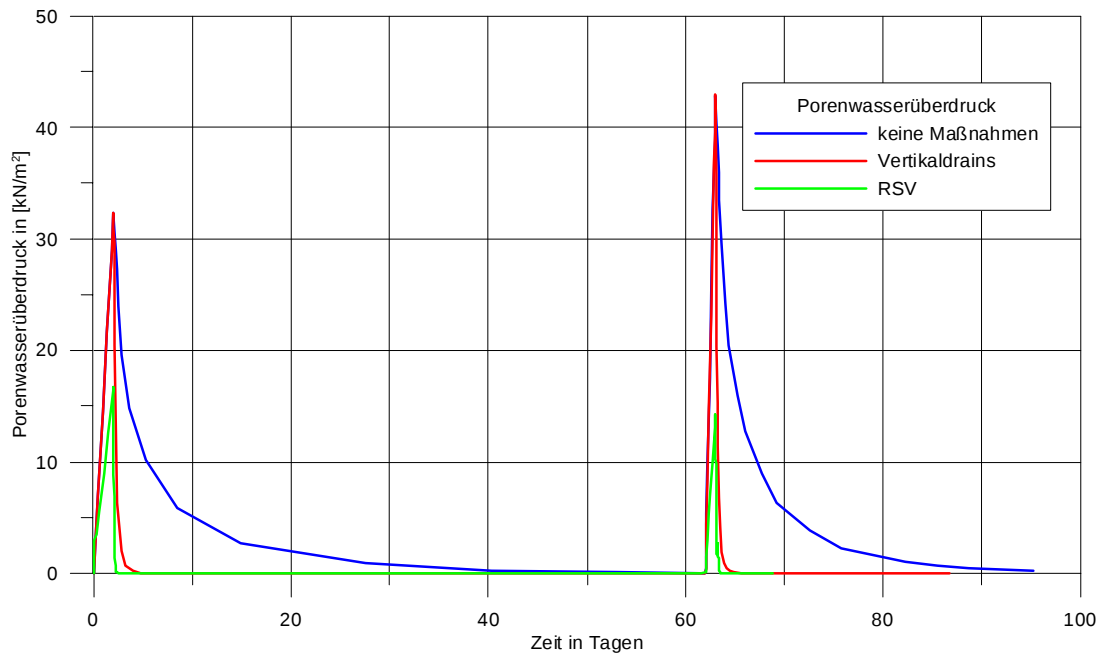


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung Porenwasserüberdrücke

Aus der zeitlichen Entwicklung der Porenwasserüberdrücke können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Ohne Maßnahmen sind die berechneten Porenwasserüberdrücke nach ca. 140 Tagen abgeklungen.
2. Durch die eingebauten Vertikaldrainagen wird diese Konsolidierungszeit mindestens um 75 % verringert.
3. Die RSV wirkt analog einer Drainage und verkürzt die Konsolidierungszeiten analog den Vertikaldrains.

Zusätzlich wurden die auftretenden Setzungen in Dammmitte berechnet.

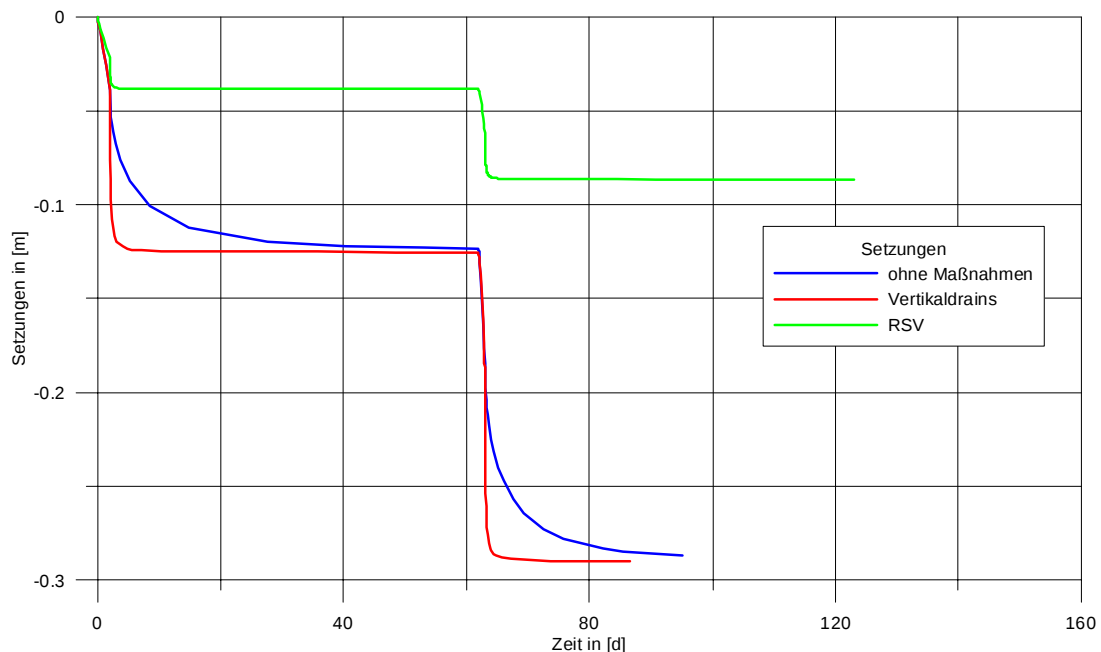


Abbildung 2: Berechneter zeitlicher Setzungsverlauf

Aus den berechneten Setzungsverläufen können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Ohne Maßnahmen ist mit Setzungen von ca. 0,30 m zu rechnen.
2. Bei Einsatz von Vertikaldrains werden die absoluten Setzungsbeträge nicht verändert.
3. Analog der zeitlichen Entwicklung der Porenwasserüberdrücke wird der Zeitraum der Setzungen bei Einsatz von Vertikaldrains stark reduziert.
4. Bei Einsatz der RSV werden neben dem zeitlichen Verlauf auch die absoluten Setzungsbeträge stark reduziert.

Aus geotechnischer Sicht ist die Ertüchtigung mit RSV die beste Lösung für die Stabilisierung des Untergrundes. Durch die RSV wird in den Untergrund ein Stützgerüst eingebracht, dass auf der gesamten Strecke bei dem vorhandenen inhomogenen Untergrund ein gleichmäßiges Setzungsverhalten des Dammes hergestellt wird. Gleichzeitig wird durch die RSV im Übergangsbereich zwischen Brückenbauwerk und Dammschüttung eine Konstruktion hergestellt, die die Setzungen zwischen Brücke und Schüttung angleichen kann.

Aus den Aufschlüssen kann folgende Tiefenstaffelung der RSV abgeleitet werden:

Tabelle 14: Empfohlene Länge RSV

Beginn [km]	Ende [km]	Tiefe [mNN]
2,050	BW 4a	137,0
BW 4a	BW 4b	133,5
BW 4b	2,390	137,9

Sollten beim Herstellen der RSV gerade im Abschnitt zwischen BW 4a und 4b unterschiedliche Längen erzielt werden, so ist das auf die sehr unterschiedlichen Höhenlagen der weichen Horizonte zurückzuführen. Kommt der Rüttler fest, so ist davon auszugehen, dass eine ausreichende Tiefe der RSV auch bei geringeren Tiefen schon vorliegt. Die Mindesttiefe der RSV darf in diesem Abschnitt 8,0 m nicht unterschreiten. Daher ist auf dem Abschnitt zwischen BW 4a und BW 4b das Vorbohren der RSV vorzuhalten. Auf den restlichen Streckenabschnitten ist ein Vorbohren nicht erforderlich, hier ist beim Festkommen des Rüttlers eine ausreichende Verdichtung gegeben.

Im zweiten Schritt war zu untersuchen, wie hoch die ungleichmäßigen Setzungen bei dem geplanten unregelmäßigen Querschnitt (Seitenerhöhung + 2,0 m ü. FOK) auftreten und in welchem Umfang die RSV über den gesamten Querschnitt erforderlich wird. Dazu wurde ein zweites Modell aufgesetzt und die folgenden Szenarien berechnet:

1. Ausführung ohne RSV
2. Ausführung RSV bis Mitte Wall
3. Ausführung RSV 100 %

Damit die numerische Berechnung durchgeführt werden kann, wurde es notwendig mehrere zeitliche Zwischenschritte einzuführen. In den folgenden Abbildungen sind die Endsetzungen der 3 Szenarien dargestellt:

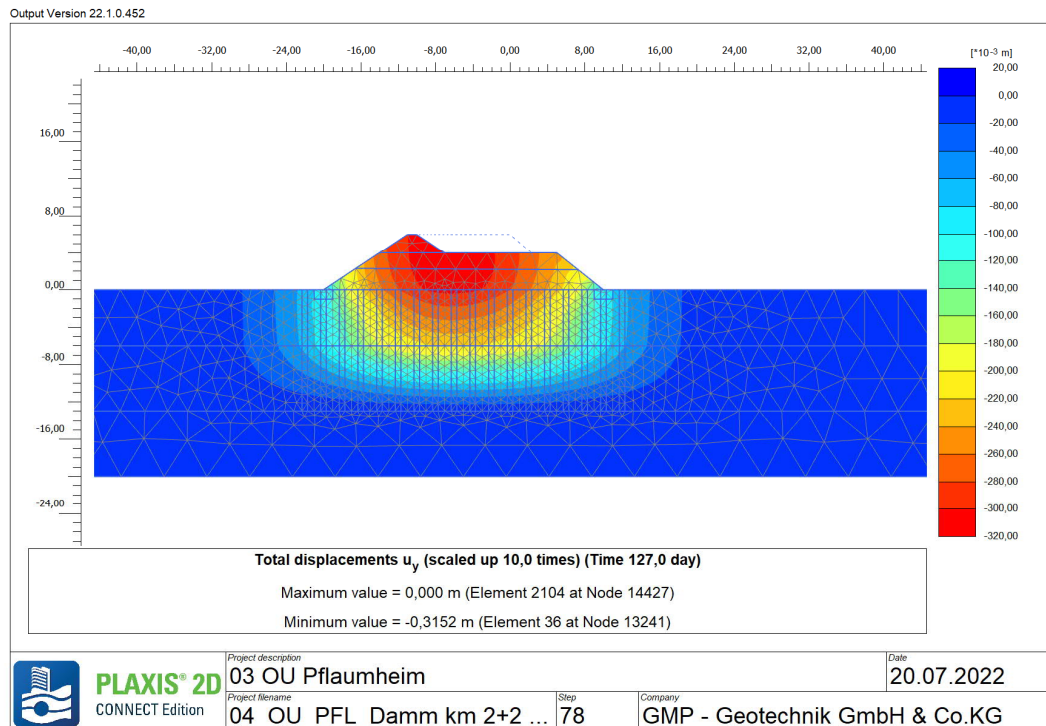


Abbildung 3: Endsetzung Szenario 1, ohne RSV

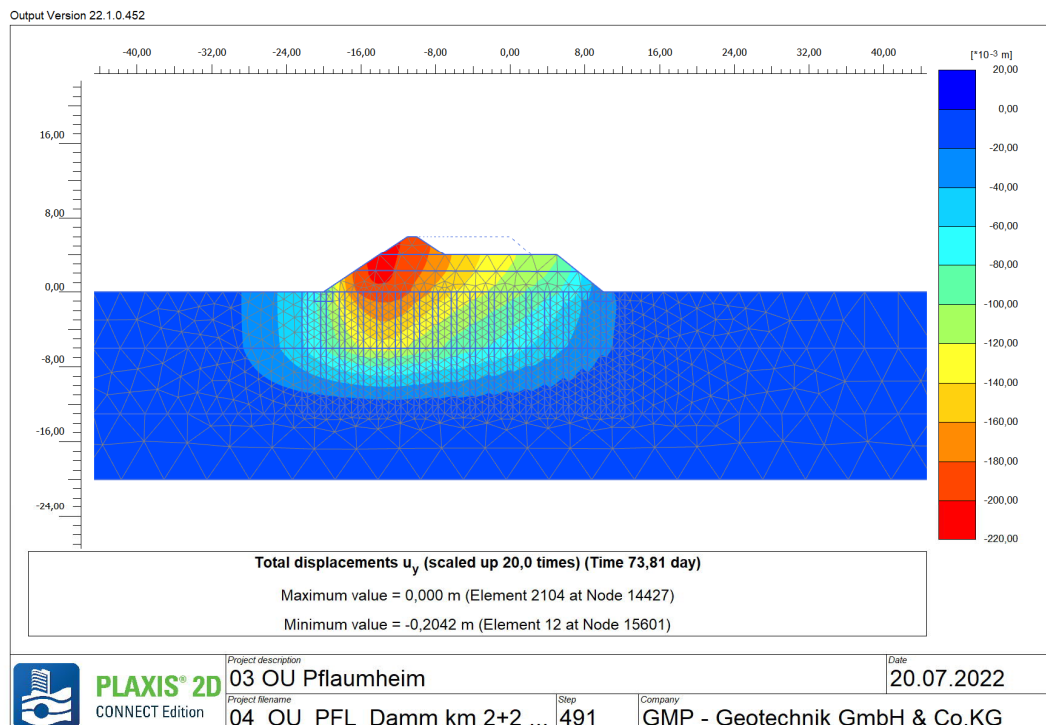


Abbildung 4: Endsetzung Szenario 2: RSV bis Mitte Wall

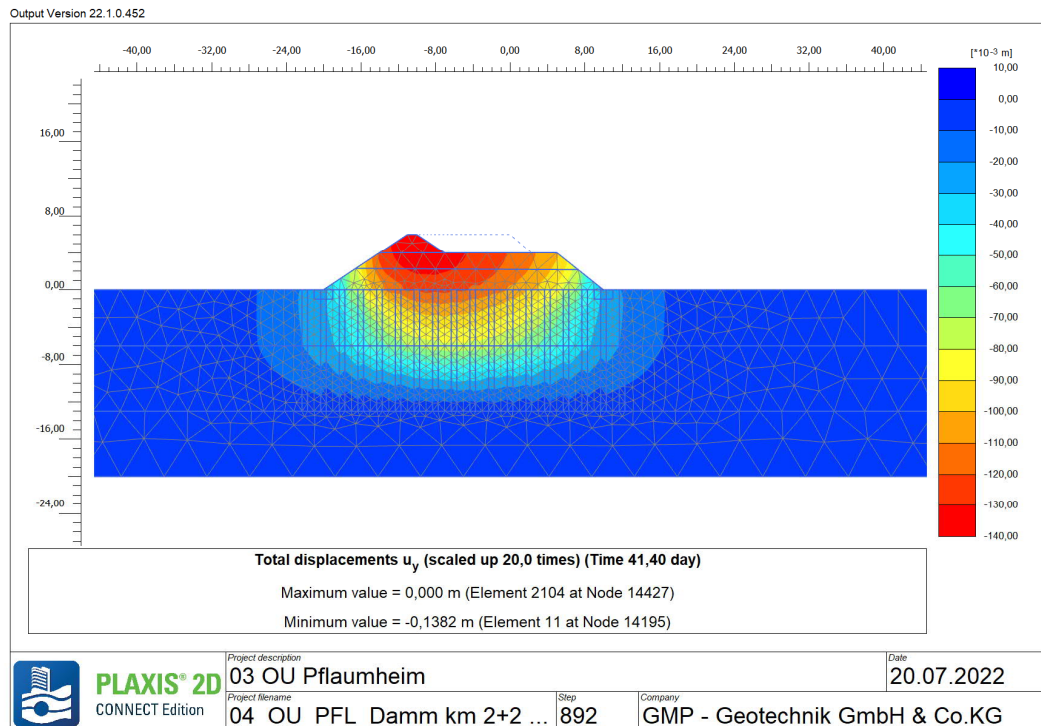


Abbildung 5: Endsetzung Szenario 3: 100% RSV

Die numerisch berechneten Setzungen der rechten und linken Ecke des Fahrbahndammes, sowie an der Spitze der zusätzlichen Schüttung sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 15: Berechnete Setzungen Damm

Szenario	Mitte Wall	Linker Rand	Rechter Rand
1	0,31 m	0,24 m	0,11 m
2	0,20 m	0,10 m	0,05 m
3	0,13 m	0,07 m	0,05 m

Aus diesen Berechnungen ist folgendes abzuleiten:

- Ohne Maßnahmen ist mit unterschiedlichen Setzungen der quer zur Achse mit ca. 15 cm zu rechnen.
- Mit einer Durchführung der RSV auf der 60% der Breite ist mit unterschiedlichen rechnerischen Setzungen in der Querachse von ca. 5 cm zu rechnen.
- Mit einer Durchführung der RSV auf der gesamten Breite ist mit unterschiedlichen rechnerischen Setzungen in der Querachse von ca. 2 cm zu rechnen.

Bei diesen Berechnungen ist zu berücksichtigen, dass Sie nur an einem Querschnitt durchgeführt wurden, d.h. die o.g. Zahlen sind als Abschätzungen für den Planungsprozess zu betrachten. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass der Untergrund sehr inhomogen ist, und die durchgeführten Aufschlüsse zeigen über die Jahre in den Weichschichten unterschiedliche Zustände. So wurden zwischen den unmittelbar benachbarten Aufschlüssen KB 4 und KB 3/13 sehr unterschiedliche Verhältnisse angetroffen.

Falls eine sichere Lösung gewünscht wird, muss die RSV über die gesamte Breite ausgeführt werden. Die Reduzierung der RSV in der Breite bis zur Mitte (Spitze) des Walles ist rechnerisch möglich, führt in der Querachse des Fahrbahndammes auf jeden Fall zu unterschiedlichen Setzungen die nicht verhindert werden können. Falls diese Lösung gewählt wird sind zur Beschleunigung der Setzungen auf jeden Fall Vertikaldrains im Abstand von 1,0 m erforderlich um den Porenwasserüberdruck schnell abzubauen. Aufgrund der unterschiedlichen Drainagesituation (RSV sehr gute Drainage, Vertikaldrains eher schlechter) ist mit zeitlichen Verzögerungen im Setzungsprozess zu rechnen. Rechnerisch kann dieser Unterschied nicht erfasst werden. Weiterhin ist der Untergrund in Längs- als auch Querrichtung zur Dammachse sehr inhomogen, daher kann es auch zu „Wellenbildungen“ in Achsrichtung kommen, wenn nicht auf der gesamten Breite ertüchtigt wird.

Eine sichere Bauweise wäre die RSV auf der gesamten Breite durchzuführen.

Die Berechnungen haben einen Abstand der RSV von 2,0 m nachgewiesen. Der Durchmesser der RSV sollte mindestens 0,50 m betragen.

Auf OK Ertüchtigung RSV ist ein Geotextil (GRK 4) zu verlegen. Darauf ist eine Schüttung aus Frostschutzmaterial 0/56 mm TL SoB-StB 07, Bild B7 in einer Stärke von 0,5 m auszuführen. Auf diese Schicht kann dann der weitere Dammbau erfolgen. Je nach Schüttmaterial ist der eingebaute Sohlfilter filterstabil durch ein Geotextil (GRK 4) vom Dammschüttmaterial zu trennen.

Der zeitliche Verlauf der Setzungen ist durch Setzungspegel zu kontrollieren. Wir empfehlen je Abschnitt einen Setzungspegel einzurichten.

10.3 Planum Straße geländegleich, Einschnitt

Bei geländegleichem Verlauf oder in den Einschnitten sind auf dem Planum nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung überwiegend Löss und Lösslehme vorhanden.

10.3.1 Tragfähigkeit des Planums

Gemäß ZTVE-StB bzw. RStO muss auf Höhe des Planums E_{v2} -Wert $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ gewährleistet werden. Dieser Wert ist auch bei bestmöglicher Verdichtung des Planums nicht zu erzielen.

Aus diesem Grund muss eine Ertüchtigung des Planums entweder durch eine Stabilisierung mit hydraulischem Bindemittel oder durch einen konventionellen Bodenaustausch durchgeführt werden.

Der Vorteil einer Stabilisierung mit Bindemittel liegt darin, dass das Planum danach relativ witterungsunempfindlich ist und nicht mehr aufweichen kann. Bei einem Bodenaustausch kann sich an der Unterkante dieser Schotterschicht Wasser sammeln, was zu einer Aufweichung der darunter anstehenden Böden führen kann, was zu einer entsprechenden Reduzierung der Tragfähigkeit führt. Die genauen Angaben über die Mächtigkeit des Bodenaustausches bzw. Menge des erforderlichen Bindemittels ist abhängig von verschiedenen Faktoren, im Wesentlichen auch von den Witterungsverhältnissen vor und während der Bauausführung, so dass endgültige Angaben erst nach Anlegen von Probefeldern und Ausführung von Plattendruckversuchen gemacht werden können.

Bei den zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung festgestellten Verhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass auf dem steifen bis halbfesten Löss und Lösslehm ein Bodenaustausch mit einer Mächtigkeit von ca. 30 - 40 cm erforderlich wird. Als Bodenaustauschmaterial empfehlen wir entweder güteüberwachtes Material nach TLSoB-StB 04 oder ein weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch der Bodengruppe GW nach DIN 18196.

Wird ein Bodenaustausch durchgeführt, ist der anstehende Untergrund filterstabil von Austauschmaterial durch ein Geotextil (GRK 4) zu trennen.

Die Mächtigkeit der Stabilisierung mit Bindemittel ist in etwa der gleichen Größenordnung anzusetzen, wie bei einem Bodenaustausch. Die genaue Bindemittelzugabe ist abhängig vom Wassergehalt während der Bauzeit und kann daher je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen variieren. Zur Vorabschätzung von Massen im Leistungsverzeichnis kann von einem Bindemittelgehalt von ca. 2 - 3 Gew.-% ausgegangen werden.

10.3.2 Beurteilung der Frostsicherheit

Nach den durchgeführten Baugrunduntersuchungen sind im Planum der Straße überwiegend Löss und Lösslehme vorhanden.

Diese Böden sind nach DIN 18196 überwiegend als leichtplastische Tone mit dem Gruppensymbol TL sowie schluffig bzw. tonige Sande (SU/ST) zu bezeichnen. Die Böden sind gering bis mittel bzw. sehr frostempfindlich und nach ZTVE-StB in die Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 einzuordnen.

Da optisch eine Unterscheidung des Bodens nach Frostempfindlichkeitsklassen nicht möglich ist, wird empfohlen, die Mächtigkeit der Frostschutzschicht generell auf die Klasse F3 auszulegen.

Bei einem Bodenaustausch kann bei Verwendung von geeignetem, frostsicherem Material die Frostschutzschicht nach der Klasse F2 ausgelegt werden. Eine Stabilisierung mit Bindemittel hat nur einen geringen Einfluss auf die Frostempfindlichkeit, so dass in diesem Fall die Frostschutzschicht nach der Klasse F3 ausgelegt werden muss.

10.4 Geotechnische Empfehlungen Breitfeldstraße

Für den Ausbau der Breitfeldstraße gelten die gleichen Vorgaben wie für den Neubau der AB1/AB3.

Die vorgesehenen Gabionen können auf den vorhandenen Lösslehm flach gegründet werden. Zur Bemessung der Gabionen ist von einem Bemessungswert des Sohlerstandes

$$\sigma_{R,d} \leq 280 \text{ kN/m}^2$$

auszugehen. Bei voller Ausnutzung werden Setzungen von ca. 1,5 cm – 2,0 cm aktiviert.

11. Besondere Maßnahmen im Wasserschutzgebiet

Da die geplante Trasse das festgesetzte Trinkwasserschutzgebiet für die Trinkwasserversorgung der Stadt Aschaffenburg (IIIB) quert sowie innerhalb der Schutzzone III, nahe an der Schutzzone II des festgesetzten Trinkwasserschutzgebietes für den Brunnen Pflaumheim liegt, müssen in diesem Bereich Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers (RiStWag Ausbau) vorgenommen werden.

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung sind unter dem Erdplanum überwiegend gering durchlässige Löss- und Lösslehme mit einer Schichtmächtigkeit > 4,0 m vorhanden. Diese Böden haben nach den Ergebnissen der Laborversuche Durchlässigkeitsbeiwerte $< 1 \times 10^{-8}$ m/s. Die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung wird hier gemäß RiStWag als „groß“ eingestuft.

Im Einschnitt von km 3+060 bis 3+630 werden die vorhandenen 6,50 bis 7,50 m mächtigen Lösslehme auf Restmächtigkeiten unter UK Aufbau (ca. 0,60 m unter Gradienten) von ca. 1,0 bis 2,0 m reduziert. Darunter folgt kiesiger Hangschutt sowie die Sand- und Tonsteine des Unteren Keuper. Die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung wird in diesem Bereich als „gering bis mittel“ eingestuft.

Sollte sich beim Aushub zeigen, dass der Hangschutt lokal doch freigelegt wird, ist eine erneute Beurteilung erforderlich. Alternativ könnte in diesem Abschnitt von km 3+200 bis km 3+500 auch die Schutzwirkung generell auf „gering“ gesetzt werden.

Mit welchen hydrogeologischen Auswirkungen zu rechnen ist, kann dem hydrogeologischen Gutachten entnommen werden.

12. Bewertung orientierende abfalltechnische Untersuchungen

12.1 Asphaltdeckenkerne

Der durch die vorliegenden Analysenergebnisse orientierend charakterisierte **Ausbauasphalt ohne Verunreinigung an sämtlichen Aufschlüssen** aus den Bereichen Knotenpunkt KP4, Kreisverkehr Bauanfang und Kreisverkehr km 2+500 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.

Im Jahr 2010 wurde am Asphaltdeckenkern vom Aufschluss RKS 10/10 ein PAK-Gehalt von 15,2 mg/kg festgestellt. Der durch die vorliegenden Analysenergebnisse charakterisierte **Ausbauasphalt mit geringen Verunreinigungen** mit PAK-Gehalten zwischen 10 und 25 mg/kg ist gemäß dem Merkblatt Nr. 3.4/1 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft „Wasserwirtschaftliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von bituminösem Straßenaufbruch“, sowie in Übereinstimmung mit den Merkblättern der FGSV und nach den Technischen Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) möglichst hochwertig im Heißmischgut einzusetzen. Die Wiederverwertung kann in Trag- oder Deckschichten nur gebunden erfolgen, eine ungebundene Verwertung darf nur unter dichter Deckschicht erfolgen. Eine Lagerung des Materials muss i.d.R. auf befestigten Flächen erfolgen. Die Lagerfläche darf sich nicht in den nach LfW-Merkblatt Nr. 3.4/1 ausgenommenen Gebieten (u.a. Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete) befinden.

12.2 Bodenmaterialien

LAGA M20

Die in der Tabelle 9 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.

Im GMP-Gutachten 213249\g8 vom 25.08.2014 wurden weitere orientierende abfalltechnische Untersuchungen dokumentiert. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 9 dargestellt. Damals wurden sämtliche untersuchten Materialien als Z0 gemäß LAGA M20 eingestuft. Materialien der LAGA-Zuordnungs-klasse Z0 können in technischen Bauwerken im Allgemeinen uneingeschränkt offen eingebaut werden. Bei einer geplanten Verwertung in bodenähnlichen Maßnahmen (z.B. als durchwurzelbare Bodenschicht) sind gegebenenfalls weitere Untersuchungen notwendig. Bestehende Nutzungsbeschränkungen und Vorschriften (z.B. für Kinderspielflächen und Sportanlagen) sowie spezielle Anforderungen, die sich aus der angestrebten Nutzung ergeben, sind zu beachten. Die Prüfberichte sind im Anhang beigelegt.

DepV

Die durch die Mischprobe **MP 4** charakterisierten bindigen Auffüllungen überschreiten aufgrund einer Verunreinigung mit Chlorid, vermutlich aus dem Einsatz von Streusalz, den Grenzwert für Z2 gemäß LAGA M20. Orientierend ist das Material als **Deponieklasse DK0 gemäß DepV** einzustufen.

Die Einstufung erfolgte orientierend anhand der Parameter gemäß LAGA M20, für eine endgültige Einstufung sind ggf. die ergänzenden Parameter gemäß Deponieverordnung zu analysieren.

13. Hinweise für die Bauausführung

Sollte die Baumaßnahme nach länger anhaltenden Nässeperioden ausgeführt werden, können die bei der Baugrunduntersuchung im Erdplanum der Straße angebotenen Böden eine geringere Konsistenz besitzen. In diesem Fall müssen zur Erreichung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Planums zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt werden, deren Art und Umfang vor Ort festzulegen sind.

Werden im Rahmen der Baumaßnahme Materialien aus dem natürlichen Untergrund (Löss, Lösslehm; Z0-Material ohne Fremdbestandteile) in Wasserschutzgebieten wieder eingebaut, die aufbereitet werden müssen, ist darauf zu achten, dass die notwendigen Zuschlagsstoffe aus natürlichem unbehandeltem Material ohne Fremdbestandteile bestehen und die Zuordnungswerte für Z0-Material gemäß /5/ eingehalten werden. Die Einhaltung der Kriterien für Z0-Material der Zuschlagsstoffe ist der zuständigen Genehmigungsbehörde nachzuweisen. Fremdbestandhaltige Materialien bzw. Materialien mit einer Einstufung > Z0 dürfen in Wasserschutzgebieten nur in Rücksprache mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt eingebaut werden.

Bei einem Befahren der Löss- und Lösslehme mit Rad- oder Kettenlader kann das Planum so in der Struktur gestört werden, dass es „aufweicht“. Es wird empfohlen, die notwendigen Erdarbeiten mit einem Bagger vor Kopf auszuführen und den erforderlichen Bodenaustausch entsprechend vor Kopf einzubringen.

Auf dem Planum sollte zunächst eine Schutzschicht von 30 - 40 cm erhalten bleiben. Diese Schutzschicht sollte dann unmittelbar vor dem Einbringen des Bodenaustausches bzw. der Stabilisierung mit einem Bagger vor Kopf ausgehoben werden.

14. Homogenbereiche

14.1 Geotechnische Klassifizierung

Nach der aktuellen Norm (VOB/C, September 2019) 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 das/die folgenden Gewerke anzugeben sind:

- ATV DIN 18320 „Landschaftsbauarbeiten“
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“
- ATV DIN 18304 „Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten“

14.2 Schichteinteilung

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wird die in nachfolgender Tabelle zusammengestellte Schichteinteilung verwendet. Der Aufbruch von Verkehrsflächen ist in einer gesonderten Position auszuschreiben.

Tabelle 16: Schichteinteilung

Schicht-Nr.	Bodenschichtung	Einstufung		ATV DIN 18320	ATV DIN 18300	ATV DIN 18304
		Boden	Fels			
1	Oberboden	x		HOB 1	---	---
2	Auffüllungen	x		---	B 1	B 1
3	Löss-, Auelehme	x		---	B 2	B 2
4	Hangsand, Hang- und Verwitterungsschutt	X		--	B 3	--
4	Sande und Tone	x		---	B 4	B 3
5	Buntsandstein		X	--	X 1	--

14.3 Zahlenwerte Homogenbereiche DIN 18320

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

Tabelle 17: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18320

Homogenbereich	HOB 1	
Schicht-Nr.	1	
Eigenschaft / Kennwert	von	bis
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	
Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OT, OH	
Bodengruppe (DIN 18915)	3 - 7	
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	

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

14.3.1 Boden

Tabelle 18: Homogenbereiche Boden entsprechend VOB DIN 18300, 18304

Homogenbe- reich	B 1		B 2		B 3		B4		DIN 18300	DIN 18304	
Schicht-Nr.	2		3		4		5				
Eigenschaft / Kennwert	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis			
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen		Löss-, Auelehme		Hangsand, Hang-, Verwitterungsschutt		Sande und Tone		X	X	
Bodengruppe (DIN 18196)	GE/GW/GI, SE/SW/SI GU/GT, GU*GT* SU/ST, SU*/ST* TL, TM, TA		TL, TM, TA		GU/GT, GU*/GT*, SU/ST, SU*/ST*		SE/SU, TM/TA		X	X	
Korngrößenvertei- lung (DIN EN ISO 17892-4)	Körnungsband 1 (siehe Anlage 19.1)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 19.2)		Körnungsband 3 (siehe Anlage 19.3)		Körnungsband 2 (siehe Anlage 19.2)		X	X	
Massenanteil Steine, D > 63 mm (DIN EN ISO 14688-1)	[Gew. %]	0	25	0	20	0	40	--	--	X	X
Massenanteil Blöcke, D > 200 mm (DIN EN ISO 14688-1)	[Gew. %]	0	5	--	--	0	10	--	--	X	X
Masseanteil große Blöcke, D > 630 mm (DIN EN ISO 14688-1)	[Gew. %]	nb		nb		nb		nb		X	X
Dichte (DIN 18125-2)	[g/cm³]	18,5	21	18,0	19,5	18,0	20,0	18,0	20,0	X	
undrainierte Scherfestigkeit (DIN 4094-4)	[kN/m²]	45	>150	35	>200	-	-	50,0	200,0	X	
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	[-]	0,03	0,25	0,10	0,50	0,05	15,0	0,02	20,0	X	X
Plastizitätszahl (DIN EN ISO 17892-12)	[-]	0,05	0,30	0,10	0,60	-	-	0,15	0,40	X	X
Konsistenzzahl (DIN EN ISO 17892-12)	[-]	0,75	1,25	0,3	1,25	-	-	0,75	1,25	X	X
Lagerungsdichte ¹⁾ (DIN EN ISO 14688-2)	[-]	locker	dicht	--		locker	mittel- dicht	mittel- dicht	dicht	X	X
Organischer An- teil (DIN 18128)	[Gew. %]	0	2	0	20	-	-	-	-	X	

¹⁾ indirekt bestimmt über Rammsondierungen

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

14.3.2 Fels

Tabelle 19: Homogenbereiche Fels entsprechend VOB DIN 18300

Homogenbereich	X 1		DIN 18300
Schicht Nr.	6		
Eigenschaft/Kennwert	von	bis	
Ortsübliche Bezeichnung	Sand-, Tonsteine		X
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689-1)	Unterer Buntsandstein		X
Dichte (DIN EN ISO 17892-1) [g/cm³]	2,1	2,6	X
Verwitterung und Veränderung, (DIN 14689-1)	frisch	zersetzt	X
Veränderlichkeit (DIN 14689-1)	nicht veränderlich ¹⁾ nicht veränderlich ²⁾	stark veränderlich ¹⁾ schwach veränderlich ²⁾	X
einaxiale Druckfestigkeit (DIN 18141-1) [N/mm²]	1,0	50,0	X
Trennflächenrichtung ³⁾ (DIN EN ISO 14689-1) [°]	nb		X
Trennflächenabstand (DIN EN ISO 14689-1) - Schichtflächenabstand - Kluftflächenabstand	fein laminiert sehr engständig	mittel mittelständig	X
Gesteinskörperform (DIN EN ISO 14689-1)	tafelförmig	prismatisch	X
Abrasivität (NF P94-430-1)	schwach abrasiv	abrasiv	

¹⁾ atmosphärisch

²⁾ unter Wasserabdeckung

³⁾ K/S Hauptklüftung/Schichtflächen, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar
K/K: Hauptklüftung/Nebenklüftung, nur Fallwinkel, Fallrichtung nicht bestimmbar

⁴⁾ Kluftflächenabstand mit den durchgeführten Aufschlüssen nicht bestimmbar

nb: nicht bestimmt, nicht bestimmbar

kursiv: Erfahrungswert, Schätzwert, oder indirekt bestimmt

15. Zusammenfassung und Empfehlungen

15.1 Zusammenfassung

Der Neubau der Straße erfolgt in Löss und Lösslehm. Für die Dammstrecke zwischen km 2,050 bis km 2,350 wurden besondere Maßnahmen (Einbau RSV) empfohlen.

15.2 Planungsempfehlungen

Wir empfehlen im Bereich der Sonderbaumaßnahmen eine Überwachung der Setzungen mit Setzungspegeln.

15.3 Empfehlungen zur weiteren Erkundung

Zum aktuellen Zeitpunkt sind keine weiteren Erkundungen erforderlich.

15.4 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, pechhaltiger Straßenaufbruch gem. LfU-Merkblatt 3.4/1, sowie Zuordnungsklassen für Boden (Z0 bis Z2) gemäß LAGA M20 und Materialien der Deponieklassen 0 und I (DK0) gemäß DepV 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 Auftragserteilung
- 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.
- Lagerung des pechhaltigen Ausbauasphaltes auf externen zugelassenen Zwischenlagerflächen oder geeigneten Behältern (witterungsgeschützt) auf der Baustelle.

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.

15.5 Empfehlungen zur geotechnischen Überwachung

Die im Gutachten angenommenen Untergrundverhältnisse sind bei Bauausführung durch einen Sachverständigen für Geotechnik zu überprüfen und zu bestätigen.

Die Tragfähigkeit der Dammaufstandsfläche ist sehr stark witterungsabhängig. Zur Festlegung notwendiger Stabilisierungsmaßnahmen ist der Sachverständige heranzuziehen.

Das Dammbaumaterial ist vor dem Einbau auf Eignung zu überprüfen. Während des Einbaus sind Verdichtungskontrollen durchzuführen, die zeitnah dem Auftraggeber vorzulegen sind.

Der Gutachter ist zur Überprüfung der Tragfähigkeit der Planums- und Frostschutzschicht und zur genauen Angabe von notwendigen Ertüchtigungsmaßnahmen mit heranzuziehen. Die Überprüfung muss durch Plattendruckversuche erfolgen, die an repräsentativ ausgewählten Stellen auszuführen sind.

15.6 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 15.4 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 Fries (1x Papierform, 1x digital)
Obermeyer, Planen + Beraten GmbH, Herrn Vornberger (1x digital)